

Rapportnr. 9209



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet



Borgsmoskolan
Norrköping

BRANDTEKNISK RISKVÄRDERING

Lund 2003-12-16

Grupp 11
Lars Magnusson
Lina Holgersson
Mattias Hagelin
Niclas von Essen

Rapport / Report

9209

Titel

Brandteknisk riskvärdering, Borgsmoskolan Norrköping

Title

Fire Safety evaluation, Borgsmoskolan Norrköping

Av / By

Lars Magnusson

Lina Holgersson

Mattias Hagelin

Niclas von Essen

Abstract

This report contains a fire safety evaluation of Borgsmoskolan in Norrköping, Sweden. It is a school for 13 to 15 years old children. There are totally 430 people in the school. The purpose is to look at individual safety. Computer simulations with Simulex has been used to see how long time evacuation takes in some different scenarios, and fire modelling has been made with CFAST to see how long it takes before critical conditions occurs in the building. Some hand-calculations have also been made to be compared with the results of the computer-programs. Suggestions to increase the individual safety in case of a fire are made, based on the results of the simulations. The result from the simulations is that a new evacuation alarm must be installed in the school to make the people evacuate earlier.

Keywords: Evacuation, Borgsmoskolan, Norrköping, Simulex, FAST, critical conditions, fire

Följande rapport är framtagen i undervisning. 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.

Förord

Vi vill tacka våra handledare, Henrik Johansson på Brandteknik och Ulf Lago och Thomas Wennström på Norrköpings brandförsvär för all hjälp. Vi vill även tacka för det trevliga mottagandet i Norrköping och en utomordentlig inackordering på Brandstationen.

Sammanfattning

Denna rapport utvärderar personsäkerhet vid en eventuell brand i Borgsmoskolan i Norrköping. Skolan byggdes i slutet av 70-talet och är en högstadieskola där det en vanlig skoldag är cirka 430 personer. Skolan består av en skoldel och en fritidsdel med en gymnastikhall. Verksamhet på skolan är dagtid normal undervisning och kvällstid fritidsverksamhet. Ibland arrangeras disco i fritidsdelen och större arrangemang, exempelvis luciafirande, i gymnastiksalen. Ibland ordnas det också idrottsturneringar med övernattnings i klassrummen.

Rapporten innehåller dels en allmän genomgång av brandsäkerheten i byggnaden och åtgärder som bör och skall vidtas, dels djupare undersökning av fyra scenarier där utrymnings-situationen utvärderas med hjälp av datorsimuleringar. Tre så kallade worst case scenario har valts ut medan det fjärde scenariot representerar en helt vanlig dag i skolan. CFAST används för att simulera branden och beräkna tid till kritiska förhållanden. Simulex används för att beräkna utrymningstiden. Följande scenarier studeras:

1. Brand under ett evenemang i gymnastiksalen
2. Brand under ett disco i fritidsdelen.
3. Brand då övernattnings sker i klassrummen.
4. Brand i klassrum vid daglig verksamhet

I scenario 1 blev resultatet att personerna endast klarar sig undan kritiska förhållanden om utrymningsvägarna inte blockeras, vilket var fallet vid platsbesöket. Ett ordentligt utrymningslarm bör installeras för att påskynda utrymning.

Resultatet i scenario 2 blev att personerna inte klarar sig undan kritiska förhållanden och att åtgärder därför måste vidtas. De åtgärder som testas i de olika fallen kommer inte att räcka till och därför skall discon förbjudas i skyddsrummen.

I scenario 3 blev resultatet att utrymningslarmet måste kompletteras med larmdon i klassrummen så att de sovande personerna vaknar i tid och hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Även i scenario 4 påvisas effekten av ett heltäckande larm i skoldelen. Utan larm kommer personerna inte att hinna utrymma innan kritiska förhållanden. Samtliga dörrar för utrymning måste vara upplåsta.

Allmänna åtgärder som skall vidtas för att öka personsäkerheten i byggnaden är bland annat:

- Installera brandlarm
 - Fler detektorer skall installeras
 - Utrymningslarmet skall förbättras
 - Fler larmdon installeras
 - Täta genomföringar i ventilationen
 - Installera brandgasspjäll
 - Utökad skyltning
 - Dörrar i utrymningsväg får ej vara låsta eller blockerade
-

Innehållsförteckning

1. Inledning	2
1.1. Syfte	2
1.2. Metod	2
1.3. Avgränsningar	2
1.4. Disposition	2
2. Objektsbeskrivning	4
2.1. Personer	5
2.2. Räddningstjänstens insatsmöjligheter	5
2.3.1. Nuvarande brandcellsindelning	5
2.4. Dörrar/fönster i brandcellsgräns	6
2.5. Ventilation	6
2.5.1. Berörda delar	6
2.6. Larmsystem	7
2.7. Släckutrustning	7
2.7.1. Nuvarande	7
3. Dimensionerande brandförlopp	8
3.1 Inledning	8
3.1.1 Simuleringsmetod	8
3.1.2. Kritiska förhållanden	9
3.2. Scenario 1 "Brand i gymnastiksal"	10
3.2.1. Bakgrund	10
3.2.2. Beräkning av tid till kritiska förhållanden	10
3.2.3. Beräkning av tid till detektoraktivering	13
3.2.4. Beräkning av utrymningstid	13
3.2.5. Känslighetsanalys	16
3.2.6. Resultat	17
3.2.7. Slutsatser	18
3.3. Scenario 2 "Brand under ett disco i fritidsdelen"	19
3.3.1. Bakgrund	19
3.3.2. Effektutveckling	20
3.3.3. Tid till kritiska förhållanden	21
3.3.4. Tid till utrymning	22
3.3.5. Simulerade fall	23
3.3.6. Jämförelse med handberäkningar	23
3.3.7. Känslighetsanalys	24
3.3.8. Resultat	26
3.3.9. Slutsatser	26
3.4. Scenario 3 "Brand i klassrum under övernattnig"	27
3.4.1. Bakgrund	27
3.4.2. Beräkning av tid till kritiska förhållanden	27
3.4.3. Beräkning av tid till detektoraktivering	29
3.4.4. Beräkning av utrymningstid	30
3.4.5. Känslighetsanalys	33
3.4.6. Slutsatser	34
3.5. Scenario 4 "Brand i klassrum under normal verksamhet"	35
3.5.1. Bakgrund	35
3.5.2. Kritiska förhållanden	36
3.5.3. Beräkning av tid till detektoraktivering	36
3.5.4. Beräkning av utrymningstid	36

3.5.5. Känslighetsanalys.....	38
3.5.6. Resultat.....	39
3.5.7. Slutsats	39
4. Utrymning.....	40
4.1. Grundläggande förutsättningar.....	40
4.2. Tillgång till utrymningsvägar.....	40
4.3. Utformning på utrymningsdörrar/vägar	40
4.4. Gångavstånd och framkomlighet	41
4.4.1. Nuvarande utrymningsstatus.....	41
4.5. Nödbelysning och vägledande markering.....	42
4.5.1. Nuvarande	42
5. Åtgärder.....	44
5.1. Skall åtgärdas	44
5.2. Bör åtgärdas.....	46
6. Slutsatser.....	48
7. Referenser	50
Bilaga A. (Kapitel 3.2).....	52
A.1. Indata CFAST "Brand i redskapsförråd".....	52
A.2. Handberäkningar	54
A.2.1. Rökfyllnad.....	54
A.2.2. Massflöde plym.....	55
A.2.3. Flamhöjd.....	55
A.2.4. Förbrukning av syre i gymnastiksalen.....	56
A.2.5. Siktbarhet idrottshall	57
A.3. Indata SIMULEX	58
Fall 1.....	58
Fall 2.....	58
Fall 3.....	59
Bilaga B. (Kapitel 3.3.).....	60
B.1. Indata CFAST "Brand under discot".....	60
B.2. Handberäkningar, brand under discot.....	62
Bilaga B.2.1. Siktbarhet brand i keramikrum.....	62
B.2.2. Brandgasernas transporttid	63
B.2.3. Flamhöjd.....	63
B.2.4. Rökfyllnad av brandrummet.....	64
B.3. Simulexsimulering, brand under discot.....	65
Fall 1.....	65
Fall 2.....	65
Fall 3.....	66
Bilaga C. (kapitel 3.4.).....	68
C.1. Indata FAST	68
C.2. Handberäkningar	70
C.2.1. Maxeffekt i rummet.....	70
C.2.2. Energiinnehåll i rummet	70
C.2.3. Temperatur i brandgaslagret.....	71
C.2.4. Maxeffekt i scenario 4	72
C.3. SIMULEX simulering	73
C.3.1. Resultat simulering i SIMULEX.....	74
Bilaga D.	76
D.1. Nuvarande status	76

D.2. Förslag på förbättringar	81
Bilaga E. Ritningar.....	84
E.1. Fritidsdel suterrängplan	84
E.2. Fritidsdel bottenplan	85
E.3. Fritidsdel vindsplan.....	86
E.4. Skoldel suterrängplan	87
E.5. Skoldel bottenplan	88

1. Inledning

Denna brandtekniska riskvärdering, är sammanställd som ett projektarbete i kursen Brandteknisk Riskvärdering vid avdelningen för brandteknik på Lunds Tekniska Högskola.

1.1. Syfte

Med rapporten avses att göra en övergripande kontroll av brand- och personskyddet i aktuell byggnad, Borgsmoskolan i Norrköping. Här redovisas befintligt brandtekniskt utförande och brister i detta. Utifrån detta ges förslag på nödvändiga åtgärder som behöver vidtagas för att uppnå erforderlig personsäkerhet i aktuell byggnad som helhet.

Syftet med rapporten är inte att till fullo uppfylla kraven i BBR (Boverkets Byggregler) då byggnaden är befintlig, utan att anpassa brand- och personsäkerheten på så sätt att den kan anses uppfylla en acceptabel nivå ur ett samhällsperspektiv d.v.s. de krav som allmänheten ställer.

1.2. Metod

Rapporten baseras på platsbesök utfört 2003-09-19. Med utgångspunkt från detta har sedan dimensionerande bränder och rimliga scenarion diskuterats fram. Med hjälp av simuleringar i datorprogrammen CFAST, Detact T2 och Simulex och utförda beräkningar på brandförlopp samt brandteknisk facklitteratur har sedan dragits slutsatser om personsäkerheten på skolan. Eftersom skolan är befintlig (redan byggd) används en metod som kallas analytisk kontrolldimensionering. Metoden bygger på en jämförelse mellan utrymningstiden och hur lång tid det tar för en brand att uppnå kritiska förhållanden. För att säkerheten i byggnaden skall anses tillfredsställande skall tiden för utrymning vara kortare än tiden för kritiska förhållande. Kritiska förhållanden definieras genom ett antal gränsvärden för temperatur, strålning, sikt och giftighet. Då ett av gränsvärdena överskrids, har kritiska förhållanden uppstått. Utrymningen delas upp i tre faser; varseblivningstid d.v.s. tiden det tar att upptäcka branden, beslut och reaktionstid, samt förflyttningstiden. Det bör poängteras att metoden inte ger hela sanningar utan bara utgör ett stöd för de slutsatser som dras.

1.3. Avgränsningar

Arbetet har begränsats till att främst omfatta personsäkerheten vid utrymning. Således görs ingen bedömning av vilka ekonomiska och miljömässiga förluster som kan orsakas av en brand. Inte heller diskuteras byggnadens beständighet vid en eventuell brand.

Endast vissa delar av byggnaden har valts ut och analyserats med specifika scenarion. Ventilationssystemet är endast kontrollerat för de delar som är berörda i de olika brandscenarierna.

1.4. Disposition

Rapporten är uppbyggd så att först redovisas byggnadens utformning i en objektsbeskrivning. Utifrån de brister som upptäckts vid objektbesöket, redovisas herefter de scenarier som är till för att försöka åskådliggöra hur utrymningsstatusen är på skolan. Då utrymningsvägarnas utformning och tillgång på dessa har stor inverkan på resultaten, redovisas den nuvarande utrymningsstatusen i ett eget kapitel. Med hjälp av detta kapitel och de utförda simuleringarna, kan sedan ett åtgärdspaket redovisas, med efterföljande slutsatser.

2. Objektsbeskrivning

Borgsmoskolan byggdes 1979 och är belägen i sydvästra utkanten av Norrköping.

Byggnaden är belägen i suterräng. Skoldelen består av suterrängplan och bottenplan. Fritidsdelen består av suterrängplan, bottenplan och vindsplan. Borgsmoskolan klassas som en Br2-byggnad. I skolan bedrivs högstadiestudier och det finns även en klass för elever med diagnosen DAMP. Verksamheterna är uppdelade enligt följande:

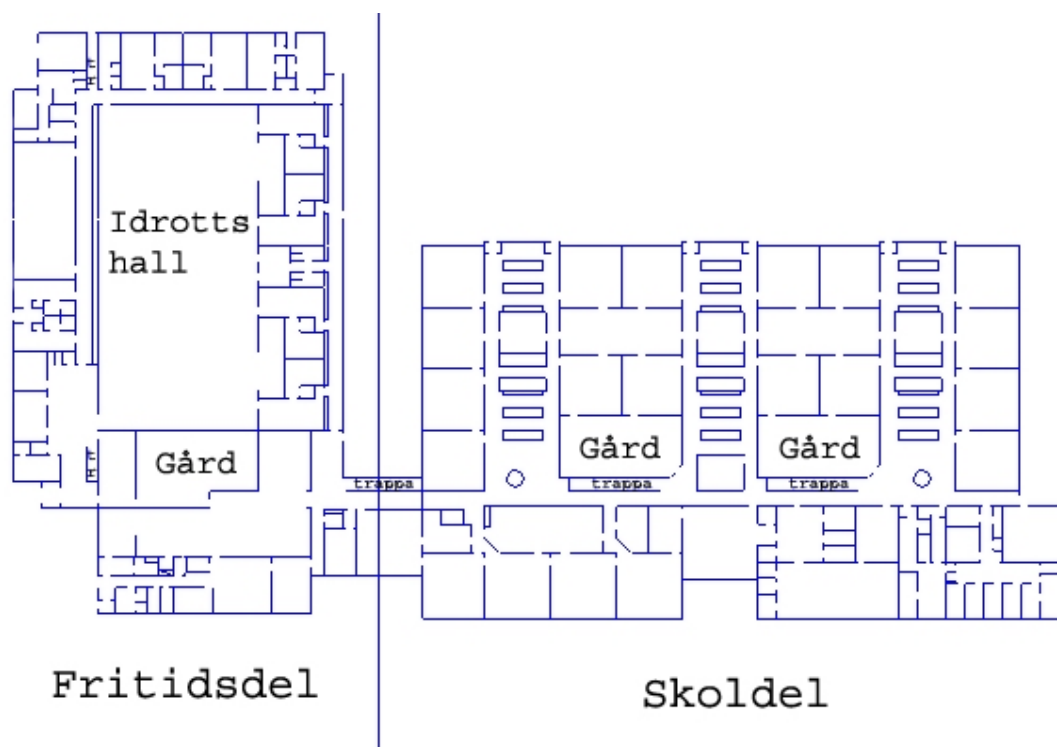


Bild 1. Översiktsskiss Bottenplan

Skoldel

Suterrängplan: Vaktmästarexpedition, slöjdsalar, bild och musik och hemkunskap. Planet innefattar även diverse förråd och soprum.

Bottenplan: Klassrum, grupprum plus personalutrymmen. På detta plan finns även NO-delen med kemi-, fysik- och biologisalar. I anslutning till dessa finns preparationsrum och kemikalieförvaring.

Fritidsdel

Suterrängplan: Fritidsgårdens lokaler samt specialundervisningsdel.

Bottenplan: Matsal med kök, idrottshall och motionsrum med tillhörande omklädningsrum.

Vindsplan: Läktare och fläktrum.

Matsal omfattas av begreppet samlingslokal m.h.t. att dimensionerande personantal >150 personer för detta utrymme. Även läktare (200 personer) och idrottshall (större arrangemang; 500 pers på golvet) omfattas av begreppet samlingslokal. För de senare har simulering gjorts för att kontrollera personsäkerheten i de båda utrymmena.

För mer detaljerad beskrivning finns ritningar från D.S.R. Arkitektkontoret AB i bilaga E.

Fritidsdel suterrängplan	E.1.
Fritidsdel bottenplan	E.2.
Fritidsdel vindsplan	E.3.
Skoldel suterrängplan	E.4.
Skoldel bottenplan	E.5.

2.1. Personer

I byggnaden antas i normala fall finnas maximalt 430 personer (varav 380 elever). Vid speciella evenemang t.ex. skolavslutning har skolan från räddningstjänsten fått tillstånd att ha maximalt 700 personer i idrottshallen varav 200 på läktaren.

2.2. Räddningstjänstens insatsmöjligheter

Byggnaden är belägen i Norrköping och räddningstjänstens insatstid förväntas vara inom det normala, d.v.s. inom 10 minuter från larmtillfället. I aktuellt fall förutsätts inte räddningstjänstens assistans för personskyddet, d.v.s. normal utrymning.

Uppställning av räddningstjänstens fordon kan ske i direkt anslutning till byggnaden.

Brandförsvarstablå finns placerad i entréhall (utanför rektorsexp.). Blixtljus skall placeras utanför denna entré.

2.3. Brandceller

Byggnaden klassas som Br 2-byggnad och skall därför vara utförd med brandcellsgränser i lägst brandteknisk klass EI30.

2.3.1. Nuvarande brandcellsindelning

Nuvarande brandcellsindelning framgår av A-ritningar, bilaga E.

Brandcellsindelningen anses tillräcklig. Bristerna ligger framförallt i tätning ovan dörrar samt genomföringar av exempelvis ventilation i dessa. Tätningen ovan dörr uppfyller inte kravet för brandcellsavskiljande del, EI30, d.v.s. nuvarande installation av dörrar och dess brand/rök-avskiljande egenskaper sträcker sig bara över dörrens höjd. Ovan finns ett parti (undertak), på ca 0,5 m som ej uppfyller några krav. Partiet ovan dörren är helt öppet och därmed kommer brand och rökgaser spridas via detta.

2.4. Dörrar/fönster i brandcellsgräns

Dörrar och fönster i brandcellsavskiljande del skall vara utförda i samma klass som den del av konstruktionen de genombryter. En lägre klass tillåts eftersom brandbelastningen på dörrar inte är så stor. Detta då det inte finns brännbart material precis vid dörren. Dörrpartier på skolan uppfyller detta BBR-krav och är utförda i klass E15. Dock är genomföringar på ventilation ej tätade och det finns inga brandgasspjäll. Se ovan samt kapitel 2.5.

2.5. Ventilation

Ventilationssystemet är av typ med mekanisk tilluft och frånluft med värmeåtervinning och återluft.

Fläktrummen är belägna på vindsplan i fritidsdel och skoldel.

Det finns genomgående inga tätningar eller rökgasspjäll vid brandcellsgränser. Ventilationen är ej kopplad till brandvarningslarmet. Detta gör att rökspridning kan ske via ventilations-systemet från brandrum till övriga utrymmen. Till återluften finns det spjäll som stängs när en termisk detektor aktiveras.

2.5.1. Berörda delar

Gymnastiksal

Tilluften i gymnastiksalen är 6000 m³/h och kommer från tilluftaggregat TF3. Tilluftaggregat 3 ligger i fläktrummet som är beläget på taket i fritidsdelen. Den är kopplad direkt till tilluftaggregatet utan att ansluta till andra rum. Risker för brandgasspridning via tilluftsystemet till andra rum är därmed mycket liten.

Frånluften är 6000 m³/h och ansluter till frånluftaggregat FF3A. FF3A är beläget i samma fläktrum som TF3. Frånluftsledningarna från gymnastiksalen är utrustade med brandgasspjäll som stänger i händelse av brand och förhindrar därför brandgasspridning till andra utrymmen.

Discorummet

Brandrummet har ett tilluftsflöde på 200 m³/h och kommer från tilluftaggregat 3, TF3. Vid brand kommer brandgaserna att spridas till discorummet där personerna befinner sig och övriga utrymmen i detta skyddsrum och angränsande skyddsrum.

Frånluften är 200 m³/h ansluter till frånluftaggregat FF3A. Rökgaserna sprider sig på samma sätt som tilluften men risken att det skall spridas med frånluften är betydligt mindre än med tilluften.

Klassrum 2068

Tilluften är 500 m³/h och luften kommer från tilluftsaggregat 1, TF1 beläget i fläktrum på taket ovan skoldelen. Brandgaserna kommer troligtvis endast att spridas till klassrum 2069 eftersom ventilationsgrenen är ansluten nära aggregatet.

Frånluften är 500 m³/h och kommer från FF1, beläget i samma fläktrum som TF1. Brandgaserna kommer, om de sprids med frånluften, att spridas till i första hand rum 2069 och om branden är tillräckligt stor till rum 2061.

2.6. Larmsystem

Byggnaden har installerat brandvarningslarm, vilket innebär att larmet är kopplat till räddningstjänsten men larmet går ej över övervakad ledning.

Larmdon är placerade i skolans korridorer på ca 20 meters avstånd. Från personal på skolan har fått klagomål på att ljudnivån är för låg/avståndet mellan larmdonen är för stort.

Detektorer finns endast i korridorer, matsal, skyddsrum, replokal, hos vaktmästaren och i kulvert.

2.7. Släckutrustning

2.7.1. Nuvarande

Tom släckare vid musik och bild. Överlag dåligt skyltat

3. Dimensionerande brandförlopp

3.1 Inledning

För att utvärdera det brandskydd som nu finns på skolan har fyra scenarion valts. Detta för att bättre kunna se vad som kan hända vid en eventuell brand och kunna utvärdera de förutsättningar för utrymning som den eventuella branden ger. Följande scenarion har valts:

- Brand i gymnastiksal, med effekten 5,4 MW och tillväxt enligt "fast". Känslighetsanalys utförd med tillväxt "medium". (Kap. 3.2.)
- Brand i discolokal, med tillväxt enligt "fast". Känslighetsanalys utförd med tillväxt "medium". (Kap. 3.3.)
- Brand i klassrum vid övernattnings, med effekten 10 MW och med tillväxt enligt "fast". Känslighetsanalys utförd med tillväxt "medium", samt alternativt med lägre effekt. (Kap. 3.4.)
- Brand i klassrum under normal verksamhet i skolan, med effekten 2 MW och med tillväxt enligt "fast". Känslighetsanalys utförd med tillväxt "medium" och "ultrafast" (Kap. 3.5.)

Simuleringar avseende dessa utrymnen har gjorts för att kontrollera nuvarande utrymningsförhållande. För resultatet av dessa simuleringar, hänvisas till kapitel 3.2.-3.5.

Dessa scenarion har valts då det vid objektsbesöket upptäcktes svagheter i de berörda lokalerna och att brand i dessa utrymnen kan få stora konsekvenser i form av människoliv. Andra scenarion skulle kunna ha valts men de skulle inte ha haft lika stora konsekvenser. Detta eftersom ett mindre antal personer befinner sig i övriga utrymnen på skolan och att utrymningsmöjligheterna är bättre än i de berörda lokalerna. Våra första tre scenarier kan anses vara så kallade worst case, och representerar aktiviteter som inte är dagliga. Dessa scenarion är baserade på t.ex. högre personantal än vanligt, sovande personer och snabb brandtillväxt. För att kontrollera utrymningsförhållanden vid daglig verksamhet har ett scenario med en vanlig skoldag simulerats, scenario 4.

3.1.1 Simuleringsmetod

Utredningen utgår från ett analytiskt synsätt, en modell för dimensionering av utrymningsvägar med grund i den funktionsbaserade bygglagstiftningen. Utrymningstiden beräknades ifrån givna antagande om gånghastighet, reaktionstider m.m. och där denna jämförs med den tid det tar innan en eventuell brand ger upphov till kritiska förhållanden.

Erforderlig tid för evakuering (förflyttning till utrymningsväg) med enligt A-ritning vald omfattning på utrymningsvägar, beräknas med datormodellen SIMULEX v11.1.3. Detta program är framtaget vid University of Edinburgh.

Brand/brandgasspridning har simulerats med datormodellen CFAST.

Beräkningsprogrammet CFAST har med sin tvåzonsmodell en del begränsningar. Modellen skickar upp brandgaserna hela vägen upp till taket och sprider dem momentant över hela takytan. Verkligheten kan dock se annorlunda ut.

- Modellens tvåzonsindelning, där luftmassorna delas in i en varm och en kall zon, stämmer inte överens med brandgasernas verkliga utseende och uppförande som följd av den inblandning av luft och avkylning av brandgaserna som sker i större lokaler.
- En svag brand i ett stort utrymme eller en brand i en hög lokal kan göra att brandgaserna inte når hela vägen upp då de kyls av på vägen och då sker heller inte någon tvåskiktetsbildning
- En stor brand kan leda till stor turbulens och omblanda de varma brandgaserna med luften vilket följaktligen inte leder till tvåzonsbildning och ligger utanför modellens hanterbara område.
- Med en stor takarea samlas först brandgaserna i en varm kudde under en del av taket vilken sedan breder ut sig. Den kyls inte av på samma sätt som om brandgaserna hade spridits momentant och kommit i kontakt med hela takytan direkt, vilket modellen gör.
- Skulle branden bli så stor att flammorna når taket eller väggarna blir plymmodellens antaganden om massflöden ogiltiga och resultaten opålitliga.
- Programmet kan endast hantera rektangulära rum, därav geometriska förenklingar. Golvarea och volym måste stämma överens med verkligheten.
- Tak av olika höjder eller av lutande typ måste förenklas till en icke lutande takhöjd.
- Programmet utformades för ett brandrum och klarar väl av att hantera närliggande rum. Många rum och våningsplan kan medföra opålitliga resultat.

3.1.2. Kritiska förhållanden

När något av nedanstående kriterier är uppfyllda är det kritiska förhållanden för de utrymmen i lokalen. Dessa kriterier är Boverkets rekommendationer.

- Då brandgasfri höjd understiger $1,6+0,1xH$ meter över golvnivå (H =rumshöjd). Detta förutsatt att brandgaserna innehåller kritiska värden inom någon av de följande parametrarna.
- Lufttemperaturen överstiger 80°C kring utrymmen personer.
- En kortvarig strålning på 10 kW/m^2 eller en sammanlagd strålningsenergi på 60 kJ/m^2 utöver 1 kW/m^2 .
- Sikten får inte understiga 5 meter i brandrummet och 10 meter i övriga utrymmen.
- Toxicitet, personer skall ej utsättas för skadliga doser av giftiga gaser eller för låg syrehalt. Följande halter anger miljö där säker utrymning kan genomföras:

CO	< 2000 ppm
CO ₂	< 5%
O ₂	>15%

3.2. Scenario 1 "Brand i gymnastiksal"

3.2.1. Bakgrund

Detta kapitel redogör för utförda beräkningar beträffande personsäkerheten vid en utrymningssituation av aktuell gymnastiksal. Beräkningarna omfattar dels tid för genomförd utrymning, d.v.s. från brandstart tills samtliga personer är evakuerade, dels beräkningar av brandkonsekvenser, brandens omfattning, brandgasspridning m.m.



Bild 2. Idrottshall

3.2.2. Beräkning av tid till kritiska förhållanden

Tvåzonsmodellen CFAST ligger till grund för rökfyllnadsförloppet och uppskattning av brandgastemperaturer, ämneskoncentration etc.

Vid beräkning av brandens konsekvenser användes indata enligt bilaga A.1.

För aktuell byggnad har följande dimensionerande brand tagits fram:

Brand i Redskapsförråd

Branden antas börja i ett redskapsförråd under ett större evenemang och följa en tillväxt enligt $\dot{Q}(t) = \alpha t^2$ med ett α som är ”fast” (0,047 kW/s²). Tillväxten ”fast” valdes för att den rekommenderas till skolor i *Björn Karlsson och James G. Quintiere 2000 "Enclosure Fire Dynamics"* och för att de material som finns i redskapsboden brinner med ”fast” (tabell i samma bok plus rapporten *Stefan Särndquist 1993 "Initial Fires"*). Maximal effekt är ganska oviktig eftersom kritiska förhållanden i salen nås efter 340 s, då effekten är 5,4 MW (se effektkurva nedan diagram 1). Effekten 5,4 MW kan tyckas hög, men det skall betänkas att i redskapsförråden finns bänkar, plintar, pallar, madrasser m.m. plus att väggar, tak och golv är klädda med trä. En effekt på 5,4 MW blir därmed realistisk med hänsyn till följande data som kommer från *Björn Karlsson och James G. Quintiere 2000*:

- 6st bänkar staplade i två högar kan efterliknas med effekten från två pallhögar som är staplade till en höjd på 45cm. Effekten för detta blir 2,8 MW.
- 6st stående madrasser i ställning. Fyllningen i dem är okänd men är troligtvis av polyuretanskum med ett PVC-lager runt om. Effekten för detta blir minst 3 MW, förutsatt att fyllningen är polyuretan.
- Brand i ett hörn med väggar klädda av träpanel kommer att ge en effekt på >2MW.
- Diverse plintar och pallar. Det är svårt att uppskatta effekten av detta men det borde kunna efterliknas med en pallhöga på 45cm, effekt 1,4 MW.

Öppning mellan redskapsförrådet och salen saknar dörr och har måtten 4x2,1 m.

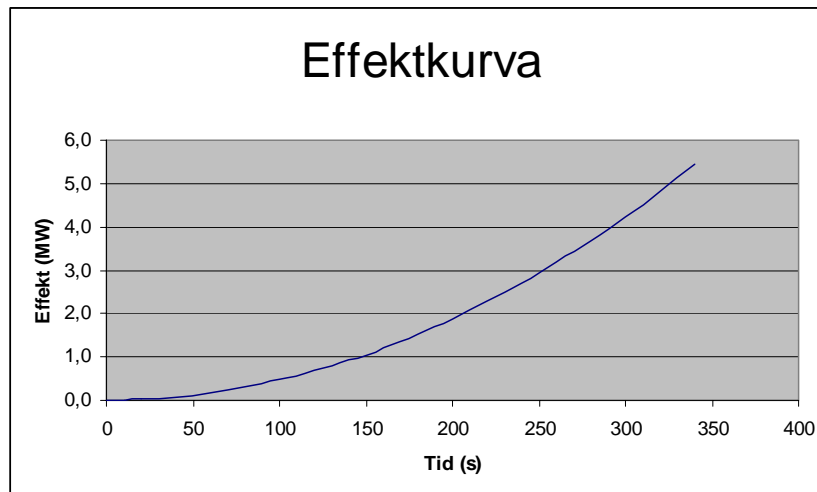


Diagram 1. Effektkurva, Brand i redskapsförråd.

Kritiska förhållanden

Är någon av de kriterier i kap. 3.1.2. uppfyllda råder kritiska förhållanden. Kritiska höjden på läktaren är 1,84 m och i salen är den 2,4 m.

Tid till kritiska förhållanden

Tider från simuleringar i CFAST:

- Läktaren **270 s**
- Salen **340 s**

Handberäkningar av tiden till rökgaslagret nått de kritiska höjderna gav att kritiska förhållanden på läktaren uppstår efter **268s** och i salen efter **356s**. Beräkningar finns i bilaga A.2. Denna beräkning har genomförts för att verifiera de resultat som datorsimuleringen gett.

Siktbarhet

I början av branden kommer temperaturskillnaden mellan övre och undre brandgaslagret att vara under 20-30°C, vilket resulterar i att brandgaserna kommer att blanda sig i hela volymen. Uppgifterna kommer från rapporten *Hans Hultquist, (2000) Rapport 7010 "Simulating visibility in HAZARD I/CFAST*. Med hjälp av CFAST kan det utläsas att blandning i hela volymen upphör vid tidpunkten 250 s, då temperaturskillnaden är över 30 grader. Om madrasserna står för en tredjedel av brandeffekten kommer en siktkurva enligt diagram 2 att kunna plottas (se bilaga A.2.5.). Madrasserna har valts att behandlas, då dessa har den högsta rökpotentialen av de ingående materialen. Ur diagrammet kan det utläsas att sikten är över kravet på 10 m.

Efter 270 s kommer det övre brandgaslagret att vara på den höjd som uppfyller kritiska förhållanden på läktaren. I diagram 2 kan det utläsas att sikten då är 11,4 m. Men eftersom informationen i diagrammet bygger på hela hallens volym, kommer sikten i verkligheten att vara sämre. På grund av den skiktning som uppstår efter 250 s kommer brandgaserna endast att ansamlas i det övre brandgaslagret.

Efter 340 s kommer det att vara kritiska förhållanden i salen p.g.a. att brandgaslagrets höjd nått den kritiska höjden, samt att sikten i brandgaserna då är under 10 m enligt tidigare resonemang.

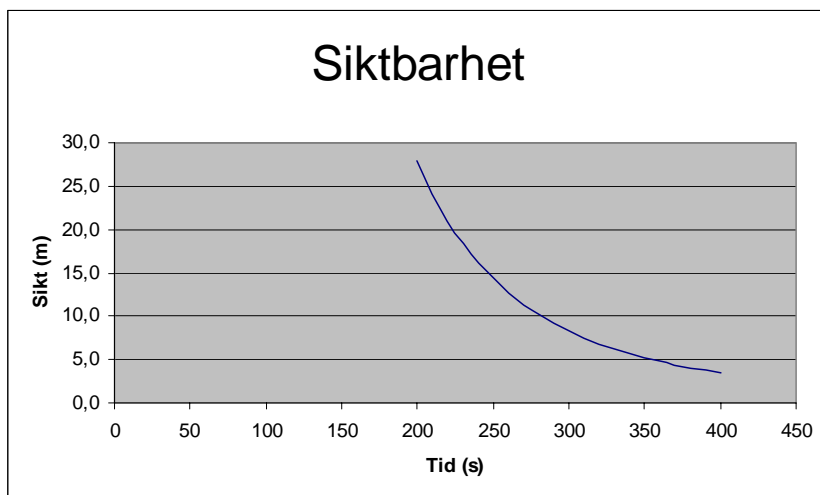


Diagram 2. Siktbarhet Idrottshall (räknat med hallens hela volym)

3.2.3. Beräkning av tid till detektoraktivering

Det befintliga brandvarningslarmet kommer att starta efter ca 360 sekunder. Detta antagande är gjort med bakgrund av att datorsimuleringen visar att det vid denna tidpunkt har skapats så pass mycket brandgaser att de tränger ut genom otätheter vid dörren, till angränsande utrymmen vilka är utrustade med detektor. Värdet är framtaget med hjälp av CFAST.

Eftersom tiden till detektoraktivering är så pass lång bör det befintliga larmet kompletteras med detektorer i alla utrymmen. Detektorerna skall ha en detektortäthet av 1 detektor/100 m² enligt *SBF 110:6* i hallen, samt en i varje förrådsutrymme. När en detektor aktiverar skall utrymningslarmet starta. För att se hur mycket snabbare en aktivering skulle bli om förrådsutrymmet utrustades med detektor, simulerades detta med den dimensionerade branden i Detact-T2.

Brand i redskapsförråd med takhöjd 2,4 m "Fast" tillväxt, temp 30°C → $T_{akt} = 15s$

3.2.4. Beräkning av utrymningstid

Datormodellen SIMULEX v11.1.3. används för att uppskatta evakueringstiden (gångtiden). Utrymningsberäkningen baseras på en process indelad i tre olika skeenden.

- Varseblivning (yttre stimulans)
- Reaktion och beslut (initiativ och beteende)
- Evakuering (aktivitet)

Total utrymningstid = [Varseblivning] + [Beslut/reaktion] + [Evakuering]

Personen anses vara i säkerhet först när han/hon når ut till det fria eftersom tätningar mellan olika brandceller inte existerade på många ställen.

Varseblivningstiden för personerna i salen och läktaren är beroende på var de befinner sig i förhållande till branden. Vid simulering i CFAST kan det ses att brandgaserna från brandrummet börjar tränga ut i salen efter ungefär tio sekunder. Tiden det tar innan personerna i salen upptäcker röken uppskattas till någonstans mellan tio och trettio sekunder. Detta på grund av att personernas uppmärksamhet är riktad åt ett annat håll.

Brandplymens storlek har stor påverkan på när personerna upptäcker branden, större brand ger tidigare upptäckt. Handberäkningar visar att brandplymen har ett flöde på 0,7 kg/s när plymen kommer ut genom öppningen efter tjugo sekunder och 1,1 kg/s efter fyrtio sekunder (bilaga A.2.). Om det skulle vara mörkt i lokalen exempelvis vid lucia skulle varseblivningstiden bli lika eftersom flammhöjden vid tjugo sekunder är 0,5 meter och vid fyrtio sekunder är den 0,9 m (bilaga A.2.). Dessa flammor skulle ge tydliga reflexer i en mörk gymnastiksal.

Utifrån de beräkningar och resonemang som nämnts ovan bedöms varseblivningstiden till mellan tjugo och fyrtio sekunder.

Reaktions- och beslutstid, den tid det tar för personerna att besluta sig för att utrymma efter det att de varseblivit branden, beror på utrymningslarmets funktion samt om personerna i fråga kan se brand och rök. Tiderna baseras på *Frantzich 2000 "Tid för utrymning vid brand"*. Hänsyn har tagits till att utrymningslarm skall utformas med akustisk och optisk signal.

Personens position	Varseblivning		Beslut & reaktion	
	Utrymningslarm/ egenperception	Ej utrymningslarm egen perception	Utrymningslarm	Ej utrymningslarm
Sal	15/20-40	20-40	60	90
Läktare	15/20-40	20-40	60	90

Tabell 1.

Tiderna i tabell 1 ovan tillämpas beroende på var personerna befinner sig i förhållande till initialbranden. Personer nära branden kan i många fall själv se brand och rök varför tiderna blir kortare för dessa personer. De maximala tiderna för varseblivning samt beslut och reaktion tillämpas på de personer som är längst bort från branden. I aktuella fall bedöms dock skillnader vara av mindre omfattning då personen har lika god överblick var han/hon än befinner sig i hallen. Det skall också noteras att ovanstående tider relateras till tid från det att brand "får fäste" och växer okontrollerat.

Räddningstjänsten har gett tillstånd till att det får vistas 500 personer i gymnastiksalen och 200 på läktaren vid speciella evenemang. Detta personantal kommer att användas i simuleringarna för att se om personsäkerheten i salen och på läktaren kan garanteras.

Följande tre fall kommer att simuleras:

1. Alla utrymningsvägar från läktaren är tillgängliga och i salen är endast de två dörrarna närmast branden blockerade (dörr 3 och 4).
2. En utrymningsväg från läktaren är låst och i salen är fyra dörrar blockerade, två av branden och två av en scen (dörr 1, 2, 3 och 4).
3. Som det såg ut vid besöket på skolan. En utrymningsväg från läktaren var låst och den andra med en fri bredd på 54 cm. I salen är fyra dörrar blockerade, två av branden och två av en scen samt att en ytterdörr är låst (dörr 1, 2, 3, 4 och 5).

Se bild 3. nedan.

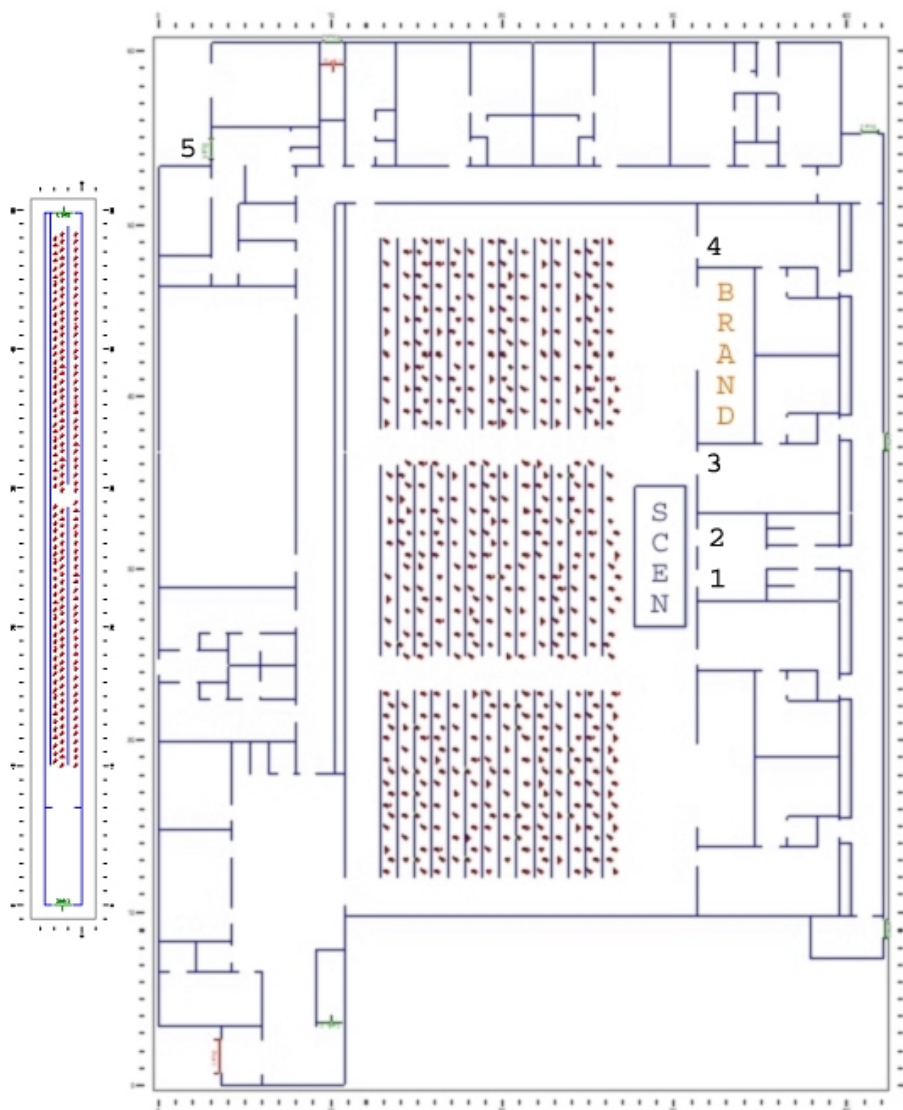


Bild 3. Översiktsbild idrottshall

Simuleringsuppställningen visas i bilaga A.3.

3.2.5. Känslighetsanalys

Den valda tillväxthastigheten "fast" ger en effekt på 5,4 MW efter 340 sekunder. Denna effekt kan underhållas av brandrummet, eftersom den maximala teoretiska effekten är 18 MW (öppning till rummet är 4x2,1 m), enligt formel $\dot{Q} = 1,518 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0}$, *Björn Karlsson och James G. Quintiere 2000*. Syretillförseln från salen påverkar inte heller speciellt mycket, eftersom branden efter 340 s bara kommer att ha förbränt ca 3,6% av det tillgängliga syret i salen (bilaga A.2.).

Om branden istället skulle tillväxa enligt $\dot{Q}(t) = \alpha t^2$ med ett α som är "medium" (0,012 kW/s²) skulle det medföra att tiden till kritiska förhållanden skulle bli betydligt längre. Tiden, simulerad i CFAST med samma rumskonfiguration som tidigare, blir 490 s i salen och 360 s på läktaren. Även varseblivningstiden skulle bli längre och personer i lokalerna skulle upptäcka en brand efter ca 40-70 s. Dessa tider beror på att rökutvecklingen, enligt CFAST blir mindre än vid en "fast"-brand. Om det funnits ett larm i redskapsförrådet skulle det ha startat efter 40 s, enligt Detact T2.

Om branden tillväxt enligt "medium" hade resultatet blivit att utrymning hade lyckats i alla scenarion utom från läktaren i fall tre. Denna tillväxt valdes bort i beräkningarna eftersom den inte rekommenderas till skolor, *Björn Karlsson och James G. Quintiere 2000*. Även materialet i brandrummet bestående av staplade madrasser, plintar och bänkar, talar för "fast". Bänkarna och plintarna har en yta som är hyvlad och lackad. Eftersom ytan på trä materialet är slätt och har stora dimensioner (bänkar/plintar) kommer inte branden heller att tillväxa enligt "Ultra Fast".

För att verifiera resultatet i CFAST utfördes även handberäkning på tiden till då kritiska förhållanden inträffar (bilaga A.2.). Eftersom tiderna blev så lika kan de anses ligga nära sanningen.

Siktbarheten är mycket beroende av de material som brinner. Om madrasserna i branden skulle stå för en mindre del av effekten skulle siktbarheten öka. När madrasserna står för 20% av effekten blir sikten 13,8 m vid 270 s, om siktbarheten räknas på hela volymen. Slutresultatet kommer dock bli lika som tidigare, eftersom endast det övre brandgaslagret byggs på efter 250 s. Det är heller inte sannolikt att madrasserna skulle stå för en mindre del av effekten, då den står för en så pass stor del av totaleffekten.

Varseblivningstiden är mycket beroende av massflödet från plymen och även flammans höjd. Ju större massflödet är från branden, desto snabbare kommer den att upptäckas. Om det skulle vara mörkt i lokalen, exempelvis under lucia, blir flammhöjden viktig. Flammhöjden bestämmer tiden för hur snabbt folket i lokalen kommer att bli varse branden, p.g.a. dess reflektioner mot väggar och tak. Massflödet och flammhöjden togs fram genom handberäkningar. När massflödet i brandplymen (bilaga A.2.) beräknades, användes en svag plymmodell p.g.a. att den låga effekten på den tidiga branden kommer ge ett lågt ΔT (temperaturskillnad). ΔT för den större effekten (75,2 kW, baserat på den längre varseblivningstiden) är 71 grader, vilket betyder att en svag plymmodell bör användas. Vid beräkning av flammhöjden är diametern av flammorna mycket avgörande för höjden av dem. Värdet som användes var (längd/diameter)=2. Detta värde är ganska konservativt eftersom det i boken av *Björn Karlsson och James G. Quintiere 2000* är det värde som de flesta större bränder har. Egentligen borde L/D vara större men det värde som valts är ett konservativt värde för att få säkerheten på rätt sida.

Personantalet valdes att inte varieras mellan de olika fallen utan lades på det maximalt tillåtna antalet. Detta för att kunna simulera de värsta fallen för utrymning.

3.2.6. Resultat

Tiderna som togs fram med SIMULEX har adderas med beslut/reaktions tider och resultat finns i tabeller nedan.

	Fall 1			
	Varseblivning	Beslut/reaktions	Evakuering	Totalt (s)
	Läktare/Sal	Läktare/Sal	Läktare/Sal	Läktare/Sal
Total utrymningstid (utrymningslarm)	15/15	60/60	100/165	175/240
Totalt utrymningstid (inget utrymningslarm)	30/40	90/90	100/165	220/295

Tabell 2. Utrymningstid fall 1.

	Fall 2			
	Varseblivning	Beslut/reaktions	Evakuering	Totalt (s)
	Läktare/Sal	Läktare/Sal	Läktare/Sal	Läktare/Sal
Total utrymningstid (utrymningslarm)	15/15	60/60	185/170	260/245
Totalt utrymningstid (inget utrymningslarm)	30/40	90/90	185/170	305/300

Tabell 3. Utrymningstid fall 2.

	Fall 3			
	Varseblivning	Beslut/reaktions	Evakuering	Totalt (s)
	Läktare/Sal	Läktare/Sal	Läktare/Sal	Läktare/Sal
Total utrymningstid (utrymningslarm)	15/15	60/60	230/200	305/275
Totalt utrymningstid (inget utrymningslarm)	30/40	90/90	230/200	350/330

Tabell 4. Utrymningstid fall 3.

	Fall					
	1		2		3	
	Läktare	Sal	Läktare	Sal	Läktare	Sal
Kritiska förhållanden	270	340	270	340	270	340
Total utrymningstid (utrymningslarm)	175	240	260	245	305	275
Totalt utrymningstid (inget utrymningslarm)	220	295	305	300	350	330

Tabell 5. Sammanställnings utrymningstider fall 1-3.

I fall 2 kommer tre personer inte att klara utrymning innan kritiska förhållanden uppstår. Om utrymningslarm finns, kommer varseblivningstiden att bli kortare och alla klarar sig i tid.

Fall 3 är mer kritiskt och här kan tydligt ses konsekvenserna av avsaknaden av ett utrymningslarm. Utan larm hinner 36 personer inte ut innan kritiska förhållanden. Med larm är antalet minskat till bara tre personer. Dock kan även dessa tre personer anses vara för många, eftersom det inte tolereras att någon person inte hinner utrymma i tid.

3.2.7. Slutsatser

Ur resultaten av simuleringar, visas att personer i salen alltid kommer ut i tid. På läktaren kommer inte personer ut innan kritiska förhållanden inträffar, i vissa av fallen. Det som skall åtgärdas för att trygga utrymningen är följande:

- Dörrar från läktare till kapprummet/fritidsgård får ej blockeras
- På dörren från läktaren ut på gården skall sjutillhållarlåset tas bort
- Båda dörrarna från läktaren skall förses med nödvred/nödtrycke

Lokalen bör även kompletteras med ett heltäckande larm med en detektortäthet av 1 detektor/100 m² enligt *SBF 110:6* i hallen samt en i varje förrådsutrymme. Larmet bör även vara kopplat till ventilationssystemet så att inte ventilationen hjälper till att sprida brandgaserna. Larmets största fördel är att en tidig utrymning kan påbörjas samt ett tidigt larm till räddningstjänsten. En tidig utrymning är att föredra, då denna medför att hela förfarandet blir säkrare och stress, som kan uppstå vid pressade situationer och tidsbrist förhindras. Snabbt larm till räddningstjänsten, ökar deras möjligheter att medverka vid utrymningssituationen samt att rädda miljö och egendom.

I känslighetsanalysen diskuteras indata till simuleringarna. Den valda tillväxthastigheten "fast", kan anses vara trolig. Detta då både material samt materialets yta och dimensioner tillsammans med rekommenderade värden från *Stefan Särddquist 1993* och *Björn Karlsson och James G. Quintiere 2000* talar för detta. Den beräknade flammhöjden kan anses som konservativ, då den verkliga flammhöjden troligtvis blir högre. Detta då formeln $L/D = 2$, är avsedd för större bränder. Mindre bränder är inte lika beroende av diametern och kommer därför att ge en högre flammhöjd. Vid en eventuellt större flammhöjd, skulle varseblivningstiden minskas och därigenom utrymningen gå snabbare.

3.3. Scenario 2 "Brand under ett disco i fritidsdelen"

3.3.1. Bakgrund

I fritidsdelen brukar det arrangeras disco i suterrängplanet. Discot hålls i ett av de två skyddsrummen (se ritning "fritidsdel suterrängplan", bilaga E.1). Här utreds om utrymning från discot kan ske på ett tillfredsställande sätt vid brand i ett rum intill discorummet, se bild 4 nedan. Det anslutande rummet är förbundet till discorummet med en stängd dörr och två små öppningar om 0,1 m² vardera, som sitter på en höjd av 1,3 m över golvet. Brandrummet har inga ytterväggar och är således beroende av syretillförseln från discorummet. Bild 4 och 5 nedan visar rumsgeometrierna. Från suterrängplan går det en trappa upp till bottenplanet där utgången till det fria finns.

I brandrummet, som är ett hobbyrum där det arbetas med keramik, finns en ugn, spis, brädor, plastmaterial och papp. Tänkbara brandsaker är exempelvis att någon kastar in en cigarettfimp i rummet, med eller utan avsikt eller att någon lämnat något brännbart på spisen och glömt stänga av den. Vid platsbesöket stod det till exempel plasthinkar på spisplattorna. Det finns brandvarnare i rummet men den hade ingen strömförsörjning vid vårt platsbesök.

Från discot kan utrymning ske dels genom den vanliga utgången, se bild 4 nedan, och dels genom en utrymningslucka med bröstningshöjd 1,3 m. En liten stega finns till luckan.

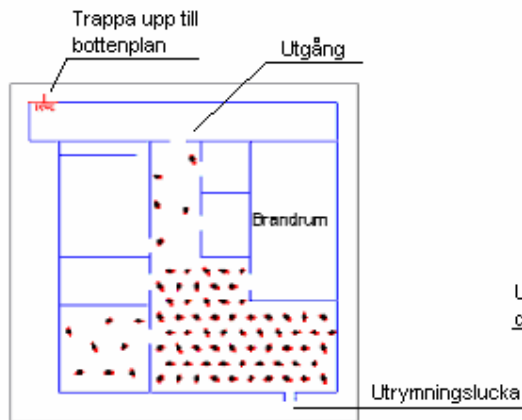


Bild 4. Suterrängplan

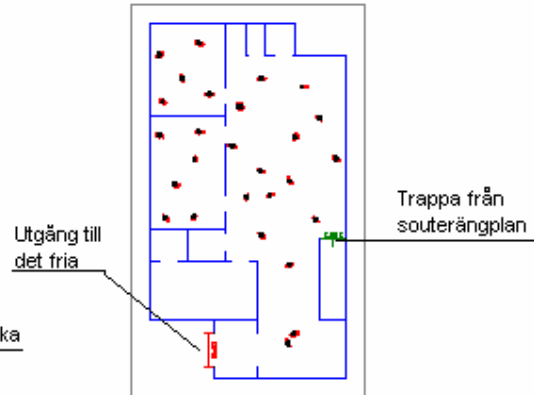


Bild 5. Bottenplan

3.3.2. Effektutveckling.

Branden antas tillväxa enligt $\dot{Q}(t) = \alpha t^2$ med ett α som är ”fast” (0,047 kW/ s²), se diagram 3. Tillväxten ”fast” valdes för att den rekommenderas till skolor i *Björn Karlsson och James G. Quintiere 2000* och för att det brännbara materialet är förvarat luftigt och staplat på höjden så att en snabb tillväxthastighet är trolig.

Kritiska förhållanden kommer att inträffa ganska tidigt och därmed är bara effektutvecklingen i början av brandscenariot intressant. Effektutvecklingen har, då kritiska förhållanden uppkommit, stigit till 470 kW i brandrummet. Branden simuleras i CFAST, för indata hänvisas till bilaga B.1.

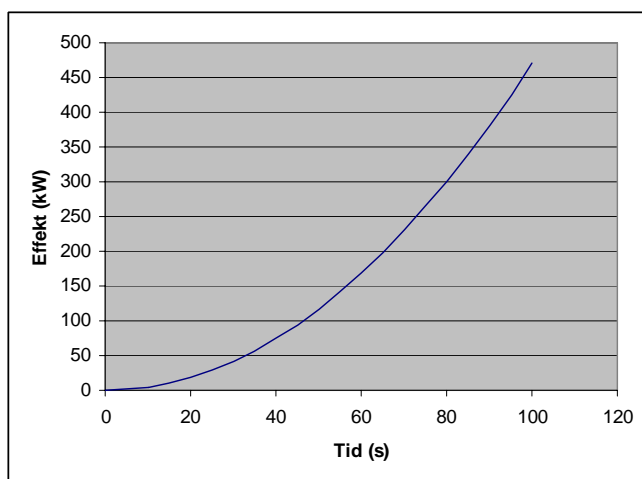


Diagram 3. Effektutveckling som funktion av tid.

3.3.3. Tid till kritiska förhållanden.

Tiden till kritiska förhållanden beräknas genom att kontrollera vilket av kraven för kritiska förhållanden som uppstår först. Datorprogrammet CFAST ger automatiskt en tvåzonsskiktning. Det är dock ej säkert att det blir så i verkligheten eftersom programmet också visar på små skillnader i det övre brandgaslagrets temperatur i jämförelse med det undre lagrets temperatur. För att en tvåzonsskiktning skall kunna bildas måste temperaturskillnaden mellan de två zonerna vara minst 20-30 K enligt *Hans Hultquist 2000*.

Om det krävs en temperaturdifferens enligt ovan kommer tvåzonsskiktning endast ske i brandrummet, d.v.s. där det inte befinner sig några personer. I övriga utrymmen antas brandgaserna fördelas jämnt över rumsvolymen. Efter att ha studerat materialen i rummet har det antagits att 15 % av energin som utvecklas kommer från plast och 85 % från trä och papper. Beräkningar är gjorda med ekvationer i bilaga B.2.1. och resultatet visas i diagram 4 nedan. Kriteriet är att sikten skall vara minst 10 m. Diagrammet visar att denna kritiska siktsträcka uppnås efter 100 sekunder.

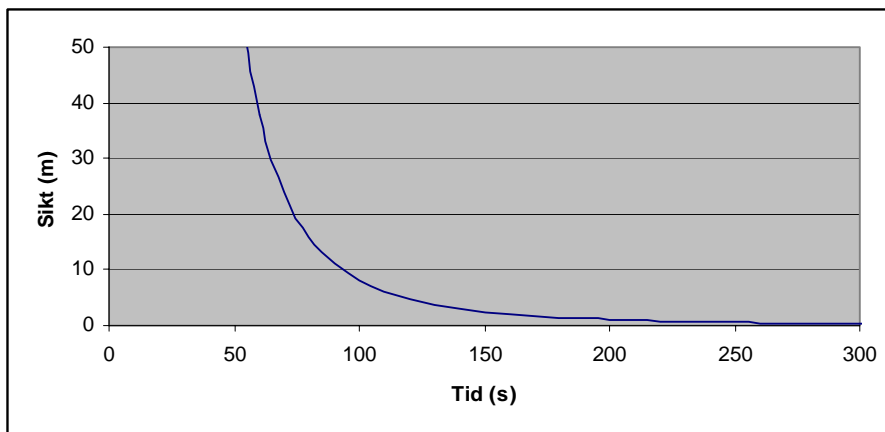


Diagram 4. Siktbarhet som funktion av tiden.

Om man antar att en tvåzonsskiktning bildas trots den lilla temperaturdifferensen kan den kritiska brandgashöjden beräknas. Kritisk brandgashöjd i detta utrymme blir 1,84 baserat på en takhöjd av 2,35 m. Brandgaslagret har sjunkit till denna höjd efter 100 sekunder. Vid denna tid är det mindre än 10 meters sikt om man fördelar den producerade mängden brandgaser på hela rumsvolymerna som det ovan har visats. Därmed kommer det att vara ännu sämre sikt i det övre brandgaslagret, om man antar att ett sådant bildas, eftersom brandgaserna då är fördelade på en mindre volym. De två metoderna ovan ger samma resultat och därmed anses tiden till kritiska förhållanden vara 100 sekunder.

CFAST tar ej hänsyn till brandgasernas transporttid. Detta spelar inte så stor roll i normala fall. Här har det dock en stor betydelse eftersom kritiska förhållanden uppstår så pass fort. Takstrålen rör sig här med hastigheter i storleksordningen 0,25 m/s. För beräkningar se bilaga B.2.2. Det leder till en fördröjning med cirka 20 sekunder vid en transport på 5 meter. Dessa 20 sekunder skall beaktas då resultaten av simuleringarna i tabell 6 nedan studeras.

3.3.4. Tid till utrymning

Personerna kan bli varse branden antingen genom att en rökdetektor aktiverar så att personerna hör detta eller genom att de ser flammorna. På grund av den höga musiken, normala discoeffekter i form av blinkande lampor och att branden befinner sig i ett rum utan personer anses de inte bli varse branden på något av de sätt som ovan nämnts. Som förhållandena nu är i discorummet är det därmed svårt att uppskatta en varseblivningstid. För att få fram ett värde på varseblivningstiden som inte är alltför osäkert, antas att personerna hör larmet då rökdetektorn aktiverar. För att detta antagande skall vara rimligt måste ett nytt utrymningslarm antas vara installerat. Detta stänger automatiskt av musiken så att larmsignalen hörs.

I CFAST har beräkning gjorts av aktiveringstiden för en vanlig brandvarnare genom att räkna på en värmedetektor med $RTI = 0,5$ och en temperaturstegring på $13\text{ }^{\circ}\text{C}$, värden enligt rekommendation i *Brandteknik 2002*. Resultatet blir att det tar 19 sekunder för den att aktivera. Brandvarnaren skulle också kunna aktiveras vid den så kallade förbrinntiden, d.v.s. innan branden börjar tillväxa kvadratisk som det har antagits. Eftersom det inte är säkert beaktas inte detta mer.

En beräkning av hur hög flamman är vid denna tidpunkt (19 sekunder) i bilaga B.2.3. visar att den bara är 0,4 m och man kan inte vara helt säker på att någon har observerat den innan larmet går.

Resonemanget leder fram till att varseblivningstiden blir 19 sekunder eftersom ett hörbart larm antas vara installerat.

Besluts och reaktionstiden sattes till 60 sekunder enligt *Håkan Frantzich 2001*. Denna ungefärliga siffra gäller för en miljö som inte är helt obekant men personerna behöver ej vistas där dagligen. En annan förutsättning för denna siffra är att personerna är vakna och uppmärksamma, vilket ej kan antas på ett disco som detta. Denna siffra används trots detta eftersom mycket brandgaser redan har hunnit läcka in i rummet och det påskyndar säkert utrymningen. Tiden är väldigt osäker och risken är stor att den blir längre. För att den skall anses vara tillräckligt säker att räkna med antas att det larm som tidigare nämnts inte bara stänger av musiken utan också tänder upp lokalen och ger ett förinspelat talat meddelande. Enligt *Håkan Frantzich 2001* förkortas besluts och reaktionstiden avsevärt med ett talat meddelande.

Besluts och reaktionstiden blir således 60 sekunder och därmed blir den totala tiden innan utrymning påbörjas $60 + 19 = 79$ sekunder.

3.3.5. Simulerade fall

Tre fall studeras, förutsättningarna för dessa presenteras nedan. Avsikten är att se vad som påverkar huruvida utrymningen kan ske på ett tillfredsställande sätt eller ej och vad som kan göras för att förbättra situationen. Personantalet har varierats godtyckligt för att se hur stor påverkan på säkerheten det har.

Följande tre fall simuleras:

1. Antal personer är satt till 175, varav 148 på bottenplan. Personantalet kommer från rekommendationen om 2,5 pers/m² för danslokaler i *Brandteknik 2002*. Endast en utrymningsväg, den vanliga ingången, är tillgänglig. Utrymningsluckan som finns kommer, om den används, endast att kunna användas av några få personer eftersom det tar lång tid för varje person att klättra upp för den lilla stegen och ta sig ut. Därför försummas detta utrymningsalternativ.
2. Antal personer är satt till 105, varav 78 på bottenplan. Utrymningsluckan har här ersatts med en utrymningsdörr. De 22 personer som är närmast den nytillsatta utrymningsvägen antas använda den.
3. Personantalet är nu 75, varav 47 på bottenplan. De 19 som är närmast den nytillsatta utrymningsdörren använder den.

3.3.6. Jämförelse med handberäkningar

Handberäkningar har gjorts på rökfyllnad av brandrummet (bilaga B.2.4.). Resultatet har jämförts med CFAST-resultaten för att se hur de två metoderna stämmer överens. Jämförelsen är gjord då det gått 50 sekunder sedan branden startat. Enligt CFAST-simuleringen skall brandgaslagrets höjd då vara 1,6 m, d.v.s. det börjar precis läcka ut brandgaser till discorummet. Handberäkningarna visar att rökgaslagret ligger på en höjd av 1,75 m, därmed stämmer de två metoderna överens skapligt och resultaten kan ses som lite säkrare än om så ej hade varit fallet.

3.3.7. Känslighetsanalys

För att se om brandens tillväxthastighet har stor påverkan på tiden till kritiska förhållanden görs en simulering med en tillväxthastighet enligt $\dot{Q}(t)=\alpha t^2$ där $\alpha=0,012 \text{ kW/s}^2$, d.v.s. motsvarande en "medium" brand. Resultatet av sikten i detta fall visas i diagram 5.

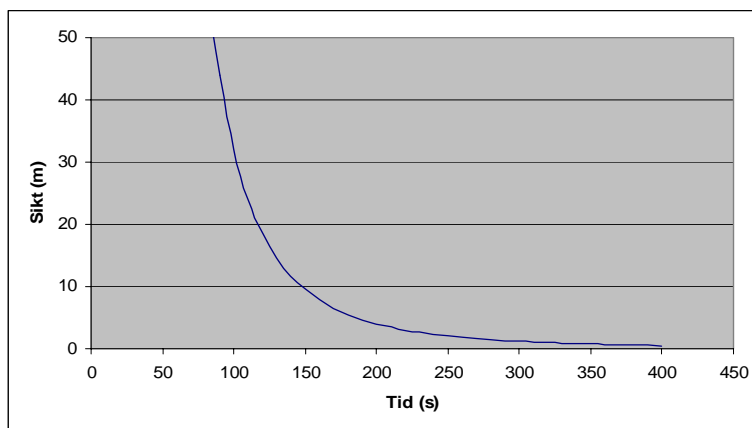


Diagram 5. Siktbarhet som funktion av tiden vid en "medium" brand.

Tiden till kritiska förhållanden ökar med 50 sekunder till 150 sekunder. Om man istället tittar på tiden det tar innan brandgaslagret når den kritiska höjden, då antagande om tvåzonsskiktning gjorts, visar det sig att också den kritiska brandgashöjden uppnås efter 150 sekunder. Därmed har valet av brandens tillväxthastighet stor betydelse för rökfyllnadsförloppet. Antagandet om en tillväxthastighet enligt "fast" är dock att föredra eftersom det är rekommenderat i detta fallet och det brännbara materialet (bräddor och papp) är förvarat luftigt och staplat på höjden så att en snabb tillväxthastighet är trolig. En snabbare tillväxthastighet, d.v.s. "ultrafast" är inte trolig. En "fast" brand i sig är en ganska konservativt antagande. De flesta material brinner med en effektutveckling som tillväxer enligt "medium" och det är endast i extrema fall som tillväxthastigheten är snabbare än "fast". Det är inte aktuellt i detta scenario.

Siktsträckan är starkt beroende av vilket material som brinner. Därför studeras också en materialsammansättning med 25 % plast jämfört med tidigare 15 %. Resultatet visas i diagram 6 och blir att tiden till kritiska förhållanden endast minskar marginellt.

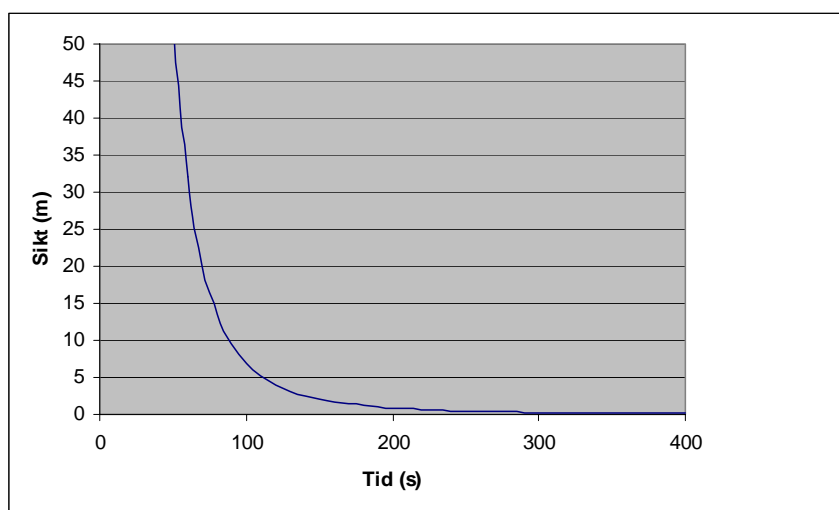


Diagram 6. Siktbarhet vid 25% plastförbränning

En ökning av varseblivningstiden, beslutstiden och reaktionstiden gör att resultatet påverkas kraftigt. Som förhållandena är nu i discot kommer det ta lång tid innan personerna blir varse branden och börjar utrymma. Därför har det antagits att ett nytt utrymningslarm installeras för att beräkningar skall kunna ske. Det är ej troligt att tiden innan utrymning påbörjas kommer att bli längre än det antages bli med utrymningslarm, med tanke på den snabba brandgasspridningen. Om beräkningen däremot hade gjorts utan detta antagande, d.v.s. med den brandvarnare som nu finns i lokalen skulle risken vara stor att den inte hörs p.g.a. den höga musiken. Brandvarnaren saknade dessutom strömförsörjning vid objektsbesöket och skulle därför ej aktiveras vid brand vilket skulle förlänga varseblivningstiden avsevärt.

Om branden skulle starta i något av de andra rummen som ligger i anslutning till discorummet skulle scenariot se i stort sett likadant ut. I de andra rummen är det dock ej lika troligt att en brand uppstår eftersom det där inte finns lika mycket som kan brinna. En brand kan uppstå där men detta skulle troligen innebära en tidigare upptäckt eftersom personer antas befinna sig där. Utrymningen kommer därmed påbörjas tidigare. Därför ses det valda scenariot som dimensionerande.

3.3.8. Resultat

Tabell 6 nedan visar tiderna för kritiska förhållanden jämförda med den totala tiden för utrymning. Tiden för utrymning är i samtliga fall längre än tiden till det att kritiska förhållanden uppstår. I samtliga fall antas ett nytt utrymningslarm vara installerat.

Fall	1	2	3
Tid till kritiska förhållanden (s)	100	100	100
Utrymningstid discorummet (s) (Varseblivning, beslut och reaktionstid = 79 s)	240	140	110

Tabell 6. Resultat av simuleringarna

3.3.9. Slutsatser

Av känslighetsanalysen kan den slutsatsen dras att en ändring av tillväxthastigheten påverkar resultaten men att den ursprungliga tillväxthastigheten är att föredra eftersom den anses mer trolig. Varseblivningstiden, beslutstiden och reaktionstiden är osäkra och känsliga för förändringar som förhållandena är nu i lokalerna, d.v.s. utan larm som hörs tydligt.

Som lokalen ser ut nu är utrymningssituationen långt ifrån acceptabel. Brandvarnaren i brandrummet hade ingen strömförsörjning och därför kommer personerna ej att upptäcka branden i tid. Även om brandvarnaren skulle fungera är det ej troligt att den hörs i den bullriga miljön som förekommer på ett disco.

Nuvarande utrymningssituation men med skillnaden att ett nytt utrymningslarm installerats, d.v.s. fall 1, är fortfarande ej godtagbart. Simuleringarna visar också att även i fall 3, där personantalet i disco minskats till 50 samt rummet kompletterats med en ny utrymningsdörr, är utrymningssituationen oacceptabel. Slutsatsen blir att disco inte får hållas i denna lokal då personsäkerheten inte är tillfredsställande.

3.4. Scenario 3 "Brand i klassrum under övernattning"

3.4.1. Bakgrund

Detta kapitel redogör för utförda beräkningar beträffande personsäkerheten vid en utrymningssituation av de klassrum som används för övernattning under idrottsevenemang. Beräkningarna kommer att bestå av en del med själva branden och dess förlopp samt en del där personernas reaktioner och tiden för utrymning behandlas. Dessa två jämförs för att se om personsäkerheten är uppnådd.

3.4.2. Beräkning av tid till kritiska förhållanden

Tvåzonsmodellen CFAST ligger till grund för rökfyllnadsförloppet och uppskattning av brandgastemperaturer, ämneskoncentration etc. Bedömningen av när kritiska förhållanden inträffar bygger på de kriterier som finns i kapitel 3.1.2. Den kritiska höjden är beräknad till 1,85 m över golvet, eftersom rummets takhöjd är 2,5 m.

Vid beräkning av brandens konsekvenser användes indata enligt bilaga C.1.

Brand i klassrum

Branden antas börja i en polyuretanmadrass när de personer som övernattat i klassrummet har lämnat det. I intilliggande klassrum finns fortfarande sovande. Enligt Räddningstjänstens bestämmelser för övernattning på Borgsmoskolan är maxantalet övernattande i varje klassrum begränsat till 16 personer. I klassrummet kan det alltså finnas 16 madrasser, sängkläder och dylikt, dessutom kommer det att finnas en hel del material som är avsedd för klassrummets egentliga användande. Med bakgrund av detta antas en eventuell brand tillväxa enligt $\dot{Q}(t) = \alpha t^2$ med ett α som "fast" (0,047 kW/s). Ytterligare anledning till att tillväxten "fast" valts är rekommendationer enligt *Björn Karlsson och James G. Quintiere*. Den maximala effekten i rummet beräknas med avseende på de ventilationsförhållanden som kommer att råda. Om en brand startar i rummet då det är helt slutet kommer syret i rummet räkna till att skapa temperaturer över 300 °C (enligt CFAST), vilket kan antas leda till att de fönster som finns i rummet kommer att gå sönder. Om alla fönster går sönder kan den maximala effekten beräknas till 10,6 MW genom beräkningar för massflödet luft in och ut i rummet (se bilaga C.1.1.). Effekten 10,6 MW är ett mycket högt värde på den maximala effekten vid en rumsbrand, men det material som finns i rummet räcker till att skapa denna effekt (se bilaga C.1.2). Två fall har beräknats vid denna effektutveckling. Ett där dörren till klassrummet är stängd under hela brandförloppet (eller till dess att räddningstjänsten öppnar den) och ett där dörren öppnas av någon efter det att brandlarmet aktiverats. I båda fallen finns det även otätheter mellan brandrummet och korridoren. Detta på grund av de otätheter som nu finns runt dörrar och ventilation i byggnaden. Dörrarna ut till det fria (korridorsdel 2 och 7) öppnas också enligt beräkningarna i Simulex.

För att få ett så rättvisande resultat som möjligt har korridorerna utanför klassrummen indelats i beräkningsprogrammet CFAST enligt bild 6. nedan.

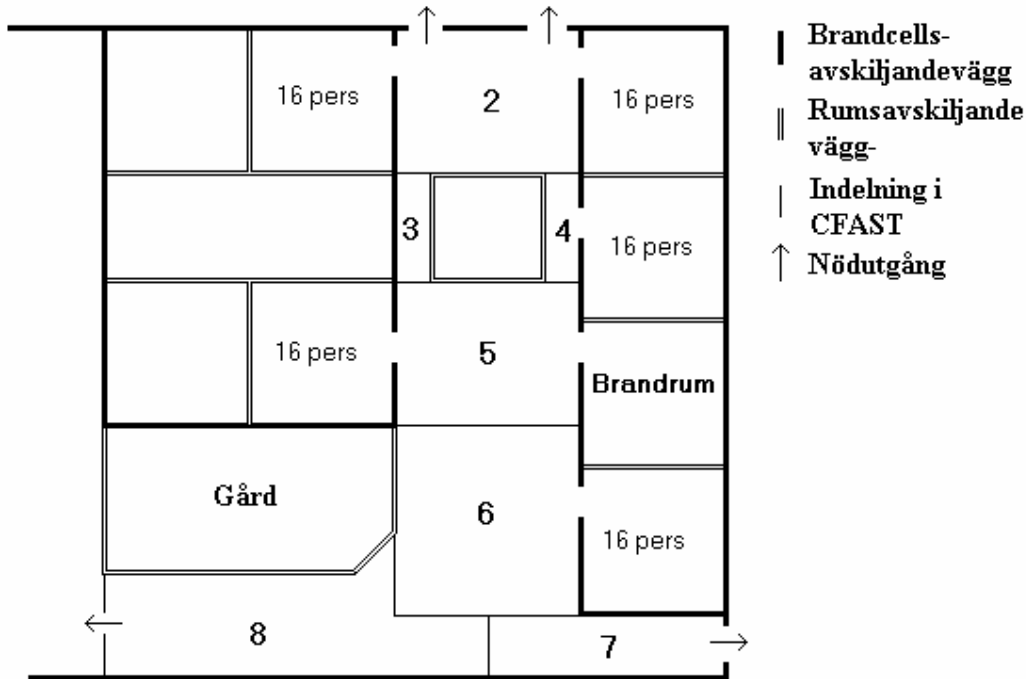


Bild 6. Skoldelen som den simuleras i CFAST och SIMULEX

Tid till kritiska förhållanden i de båda fallen kan utläsas i tabell 7. nedan

	Stängd dörr Tid (s)	Öppen dörr Tid (s)
Brandrum	40	40
Korridor		
del 2		280
del 3		370
del 4		370
del 5		470
del 6		420
del 7		360
del 8		380

Tabell 7. Tider för kritiska förhållanden.

Ur tabellen kan utläsas att det inte kommer uppstå kritiska förhållanden i korridorerna om inte dörren till brandrummet öppnas.

I det andra fallet kommer brandgaserna att spridas ut i korridoren och långsamt kylas ned. Vid tiderna då kritiska förhållanden inträffar är de dock fortfarande så pass varma att det kan anses som att en skiktning kommer att ske och att det inte kommer att ske en jämn blandning av luft och brandgaser, *Hans Hultqvist 2000*. Innan dörren till brandrummet öppnas har det skett ofullständig förbränning av främst PUR-madrasser på grund av att syrenivån i rummet är låg. Detta till följd av de ventilationsförhållanden som råder i rummet. På grund av denna

ofullständiga förbränning kommer det att bildas mer sotpartiklar, *Dougal Drysdale, 2002, "An Introduction to Fire Dynamics"*, vilket får till följd att det kommer att vara mycket dåliga siktförhållanden i brandgaserna när de väl sprids ut genom dörren och vidare i korridoren. Därför görs bedömningen att brandgaslagret kommer att ha siktförhållanden under de tio meter som är acceptabelt för en säker utrymning. Som stöd till bedömningen kan effektkurvan som tagits fram från CFAST simuleringen visas. Se Diagram 7. nedan

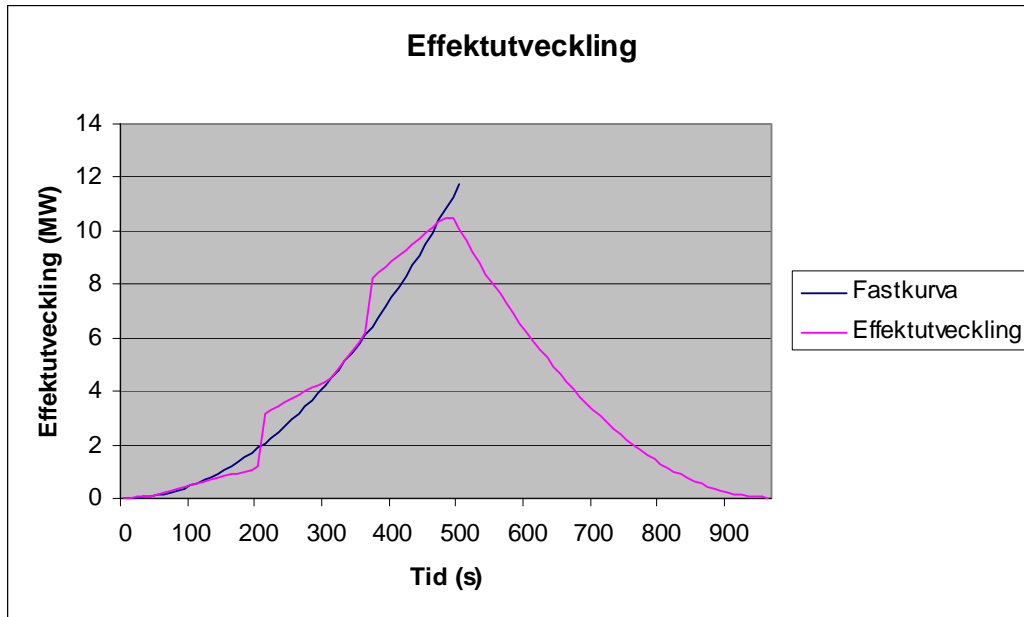


Diagram 7. Effekttutveckling i scenario 3. Man ser att effekttutvecklingen går långsammare än "fast" fram till 200s efter brandens start.

Man ser att brandens tillväxthastighet är långsammare före 200s. Detta är på grund av att förbränningen är ofullständig och det kommer således avges mer sotpartiklar än om förbränningen varit fullständig, *Dougal Drysdale 2002*.

Det går också att utläsa att efter 280 sekunder, i det fall då dörren har öppnats, råder det kritiska förhållanden i del 2 vilken förmodligen kommer att passeras av flertalet utrymmande om den går att användas. Det kan tyckas konstigt att det blir kritiska förhållanden i del 2 före exempelvis del 3,4 och 5 då dessa ligger närmare brandrummet än del 2. Detta beror troligtvis på att det hela tiden sker en luftinblandning i brandgaserna vilket gör att dess volym ökar. Det tar längre tid innan det har skapats kritiska förhållanden i övriga utrymmen, men 380s efter brandens start så råder det kritiska förhållanden i samtliga utrymningsvägar (del 2, 7 och 8).

3.4.3. Beräkning av tid till detektoraktivering

Det befintliga brandlarmet är nu beläget ute i korridoren utanför klassrummet. Detta gör att brandlarmet kommer att aktiveras först då det har producerats så mycket brandgaser i brandrummet att de spridits ut till korridoren på grund av de otätheter som finns kring dörren och ventilationen. Tiden till aktivering blir då mellan 40 och 60 sekunder. Tiden är framtaget efter simuleringar i CFAST med uppskattningar av de springor som finns kring ventilationsgenomgångar i väggen och kring dörren.

För att beräkna hur snabbt en brand skulle kunna bli detekterad om det funnits brandvarnare i varje klassrum används programmet Detact T2. Som ingångsvärden används takhöjd 2,4m,

brandtillväxt enligt "fast" och 20°C som omgivningstemperatur. För brandvarnaren sätts RTI till 0,5 och temperaturstegringen till 13°C/min enligt *Brandskyddslaget och Brandteknik vid LTH 2003*. Detta ger en detekteringstid på 15s. Brandvarnarens aktiveringstid kan alltså sänkas från ungefär en minut till 15s.

3.4.4. Beräkning av utrymningstid

Datormodellen SIMULEX v11.1.3. används för att uppskatta evakueringstiden (gångtiden). Utrymningsberäkningen baseras på en process indelad i väsentligen tre olika skeenden:

- Varseblivning (yttre stimulans)
- Reaktion och beslut (initiativ och beteende)
- Evakuering (aktivitet)

Total utrymningstid = [Varseblivning] + [Beslut/reaktion] + [Evakuering]

Personen anses vara i säkerhet när han nått ut till det fria eftersom ventilationsanläggningen inte stängs av eller att rökspjäll stängs vid larm, plus att tätningar mellan olika brandceller inte var existerande på många ställen.

Varseblivningstiden för personerna är mycket beroende av det rådande brandvarningssystemet som nu finns i byggnaden. Detta är installerat i korridoren utanför klassrummen och är enligt uppgift från vaktmästare på plats så svagt att det inte alltid är hörbart i klassrummen under lektionstid. Vid övernattning kommer ljudnivån i klassrummet vara lägre än vad den är under lektionstid, då personerna antas sova, men larmet intensitet är inte säkert tillräcklig för att väcka personerna. Att varningssignalen för larmet är tillräckligt hög är av enorm vikt för att övernattning ska kunna ske säkert i lokalerna. Om personerna inte vaknar tillräckligt fort kan det resultera i att en säker utrymning omöjliggörs. I en rapport av *Thomas Grace, 1998 "Improving the Waking Effectiveness of Fire Alarms in Residential Areas"* beskrivs svårigheterna i att kunna bedöma varseblivningstiden hos sovande. Grace beskriver sömnen som sex olika typer av sömn.

- Steg W - Personen är helt vaken
- Steg 1 sömn - Personen håller på att somna och befinner sig någonstans mellan vaken och sömn. Vaknarlätt av ljud.
- Steg 2 sömn - Sover ordentligt, men blir ändå lätt väckt av ljud.
- Steg 3 sömn - Ett mellanting mellan steg 2 och steg 4. Personen behöver högre ljud för att vakna.
- Steg 4 sömn - Detta beskrivs som den djupaste sömnen. I det här stadiet behövs det ännu högre ljud för att vakna.
- REM sömn - Karakteriseras av intensivt drömmande och snabba ögonrörelser (Rapid Eye Movement).

Unga vuxna befinner sig under 50% av sömnen i Steg 2 sömn, 20% i Steg 3 och 4, 23% i REM sömn och 5% vaken.

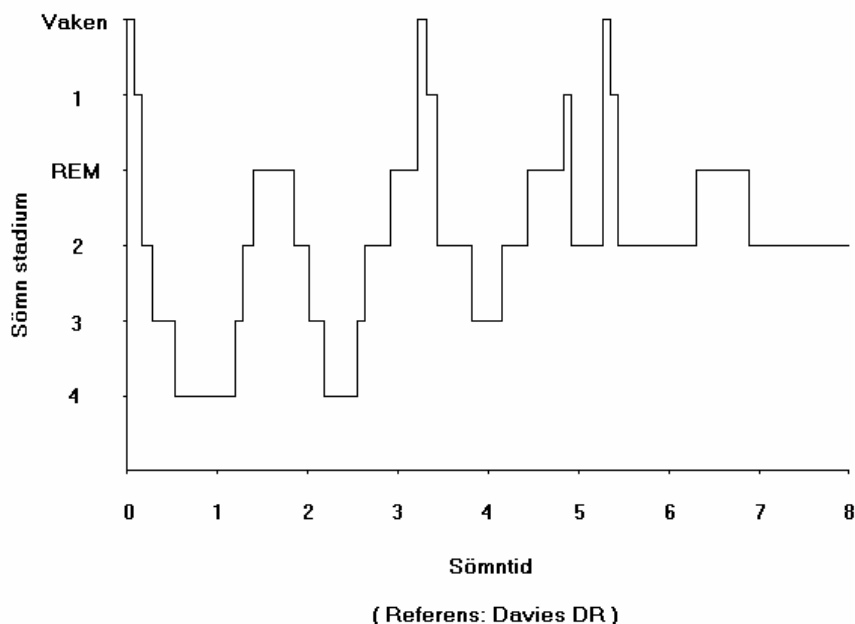


Diagram 8. Sömnkurva

I diagram 8. visas ett exempel på hur sömnen kan variera under en natt. Grace skriver också om hur mottagligheten för att vakna upp av olika typer av larm varierar under de olika sömnstadierna. Bland annat så minskar mottagligheten för larm från sömnstadium 1 till 4. REM-sömnen är likvärdig med sömnstadium 2.

Det har även gjorts undersökningar som visar att olika personer reagerar olika även fast de är i samma typ av sömn, *Bruck et al. 1993*. Detta på grund av att alla har olika förutsättningar för att höra larmet och välja ut det bland andra ljud och tidigare erfarenheter av larmsignaler.

Tiden för varseblivning blir därför mycket svår att förutsäga. Den beror på en mängd faktorer som bland annat larmets intensitet, vilket sömnstadium personen befinner sig i, olikheter hos individer, hur länge man sovit, hur mycket man sovit tidigare och tidigare erfarenheter.

Reaktions och beslutstiden är ännu en faktor som är väldigt svår att uppskatta eftersom den också kan vara mycket olika mellan personer. Vissa inser faran direkt och stiger upp för att undersöka saken, medan andra lugnt ligger kvar och försöker somna om. När nu individen väl fått klart för sig att det brinner tillkommer tiden att klä på sig vid vissa lugnare förhållanden. Om det är relativt kritiska förhållanden kommer dessa tider att förkortas eftersom personerna inser att det kanske inte finns tid att ta på sig kläder utan genast påbörjar utrymning.

Varseblivningstiden och reaktions och beslutstiden blir därför två osäkerheter. Det är heller inte säkert att alla blir medvetna om att det är tid att utrymma, samtidigt. Detta eftersom personerna befinner sig i stängda klassrum och kanske fortfarande sover när andra har påbörjat utrymning. För att kunna se hur lång denna tid får vara för att inte riskera att utrymning omöjliggörs simulerades evakueringstiden fram. Det visar sig att när väl evakueringen kommer igång tar det ungefär en minut innan samtliga är ute i det fria, se bilaga C.5. Detta värde jämförs med tiderna för kritiska förhållanden och tiden för att larmet skall aktiveras, för att få fram den tid vilken personerna i klassrummen har på sig att vakna och sätta sig i rörelse. Förhållandet redovisas i tabell 8. nedan.

Korridor del	T_{krit} (s)	Varseblivning- och besluts/reaktionstid (s)
2	280	160-180
7	360	240-260
8	380	260-280

Tabell 8. Tid över för varseblivning och beslut/ reaktion.

Det visar sig att den tid personerna har på sig att vakna och sätta sig i rörelse varierar mellan 160 sekunder och 280 sekunder.

3.4.5. Känslighetsanalys

Den antagna maximala effekten i brandrummet är hög, men teoretiskt möjlig. Detta genom att branden kommer att skapa en så pass hög temperatur (enligt CFAST) i brandrummet, innan den blir syrekontrollerad, att fönsterrutorna går sönder. Då fås den maximala effekten genom formeln $\dot{Q} = 1,518 \cdot A_0 \sqrt{H_0}$ (se bilaga C.1.). Enligt handberäkningar i bilaga C.2 räcker det bränsle som finns i brandrummet till för att skapa en sådan effekt. I beräkningarna i CFAST ser man också vid vilken effekt i brandrummet som det skapas kritiska förhållanden i korridoren. Resultaten från CFAST, redovisas i tabell 9. nedan.

	Fall 2 Tid (s)	Effekt MW
Brandrum	40	0,08
Korridor		
del 2	280	3,68
del 7	360	6,09
del 8	380	6,79

Tabell 9. Effekter för att skapa kritiska förhållanden

I de delar som är kritiska för utrymning (del 2, 7 och 8) är effektutvecklingen för att kritiska förhållanden ska uppstå väsentligt mindre än den antagna maxeffekten. Till exempel så räcker det med en brand med en maxeffekt på 4 MW för att det ska uppstå kritiska förhållanden i korridorsdel 2. Denna effekt kan sättas ännu lägre, men det förutsätter att dörren till brandrummet öppnas tidigare än de 200s efter brandens start som antagits. Detta visar att under de förhållanden som råder i klassrummet, under det tänkta scenariot, är det mycket tänkbart att det kommer uppstå kritiska förhållanden i utrymningsvägarna innan räddningstjänsten har kommit till platsen.

Om man istället för en "fast" utveckling av branden väljer en "medium" med $\alpha = 0,012$ kW/s fås längre tid till kritiska förhållanden. Dessa värden redovisas i tabell 10. nedan

	Tid till t_{krit} (s)
Brandrum	50
Korridor	
del 2	680
del 3	770
del 4	770
del 5	820
del 6	810
del 7	700
del 8	750

Tabell 10. Kritiska förhållanden vid en brand med tillväxt enligt "medium".

Tabell 10. visar att vid en ”medium” utveckling så kommer det ta över tio minuter innan det råder kritiska förhållanden i utrymningsvägarna. Det visar att det är just vid en snabb utveckling av branden som det kan uppstå svårigheter med utrymningen. Mycket talar för att effektutvecklingen kommer att följa en "fast" kurva. Detta grundas på rekommendationer i *Björn Karlsson och James G. Quitiere 2000*, men också om man ser på de material som kommer att finnas där. Största delen av de brännbara materialen som kommer att finnas i rummet är PUR-madrasser, säng- och ytterkläder samt skolmaterial i form av böcker och papper. PUR-madrasser och skolmaterialet följer "fast" enligt *Björn Karlsson och James G. Quitiere 2000*. Vad gäller kläder så beror det helt på hur de är förvarade och vad de består av, men det varierar i stort sett mellan "fast" och "ultrafast" enligt *Björn Karlsson och James G. Quitiere 2000*. Egen erfarenhet säger också att kläderna inte kommer att ligga hopvikta och nedpackade i väskor utan ligga "lite" utspridda. Detta ger att de kommer ha en långsammare tillväxt än "ultrafast". Det kommer å andra sidan att hjälpa brandens tillväxt i sidled.

Om fönstren inte går sönder kommer detta att leda till att det skapas kritiska förhållanden tidigare i korridoren. Detta på grund av att mycket av brandgaserna kommer att ventileras ut om fönstren går sönder. Om de är hela kommer i stället alla brandgaser spridas ut i korridoren. Det kommer dock inte bildas lika stor brandeffekt på grund av att ventilationsförhållandena förändras. Branden skulle dämpas när syrenivån i rummet börjar sjunka mot 10% och en glödbrand skulle bildas. När dörren till brandrummet öppnas och mer syre strömmar in i rummet så kan branden tillväxa och skapa en effekt på 4 MW (se bilaga C.2.5.). Som tidigare nämnts så är denna effekt fullt tillräcklig för att skapa kritiska förhållanden i korridoren.

3.4.6. Slutsatser

Vid de förhållanden som råder i klassrummet kommer personerna att ha två och en halv till fyra och en halv minut på sig att vakna och börja utrymma. Det är svårt att tänka sig att en person ska hinna vakna och börja utrymma på två och en halv minut, då man jämför med värden från Brandskyddshandboken, *Brandskyddslaget och Brandteknik vid LTH 2003*. Där är reaktions- och beslutstiden för personer i varuhus som hör ett larm i form av en ringklocka, men inte ser branden, tre och en halv minut. Dessa personer är helt vakna och påklädda, till skillnad från personerna i scenariot. Liknande för de båda fallen är att de inte ser branden utan hör ett larm och är förmodligen inte speciellt angelägna att börja utrymma direkt utan vill ha mer information om vad som händer. Slutsatsen blir att tiden för personerna i scenariot kommer att vara längre än för personerna i varuhuset och då skall även tiden för att vakna räknas in i tiden. Med det larmsystem som finns idag kommer uppvakningstiden förmodligen vara längre än att alla personer vaknar så fort larmet ljuder. Slutsatsen blir att ett nytt larmsystem skall installeras och att det skall innefatta ett larmdon i varje klassrum. Som det är nu bygger hela detektionssystemet på att det ska ske en brandgasspridning från klassrummet, som ligger i egen brandcell, till korridoren.

Utrymningsvägarna är i vissa fall begränsade till att endast innefatta dörren ut till korridoren. Detta på grund av att dörrar mellan klassrummen har satts igen och inte kan öppnas från båda hållen. Dessa måste alltid vara öppningsbara från båda sidorna.

3.5. Scenario 4 "Brand i klassrum under normal verksamhet"

3.5.1. Bakgrund

Alla klassrum används inte alltid i skolan utan det finns möjlighet att en brand anläggs och får obemärkt tillväxa i ett klassrum som inte används samtidigt som det bedrivs undervisning i intilliggande klassrum. Branden antas bli anlagd i någon av de bokhyllor som finns i klassrummet. Efter att brandgas har spridit sig ut i korridoren och detektorerna har aktiverats kommer någon person att öppna dörren för att se efter om det brinner.

Bokhyllan består av trä och är full av böcker. Genom jämförelser med Initial fires, *Stefan Särndqvist, 1993* uppskattas maxeffekten till 2 MW på grund av ingående material och storlekar. Enligt beräkningar på öppningsareor (se bilaga C.2.4.) så kommer branden inte att bli ventilationsberoende förutom då dörren till klassrummet är stängd. Om dörren är stängd längre än ungefär fyra minuter kommer det dock att skapas så höga temperaturer i rummet att fönstren kan gå sönder och därigenom skapas de förutsättningar som krävs för att branden ska få tillväxa oberoende av luftflödet in och ut ur rummet. Brandens tillväxthastighet bedöms vara enligt "fast" på grund av att det är trä och papper staplat på höjden, samt att de rekommendationer för skolor som finns i Enclosure Fire Dynamics, *Björn Karlsson och James G. Quintiere, 2000*. Som brandrum kommer samma rum som i scenario 3 att användas för att kunna dra jämförelser mellan extraordinära och dagliga verksamheter.

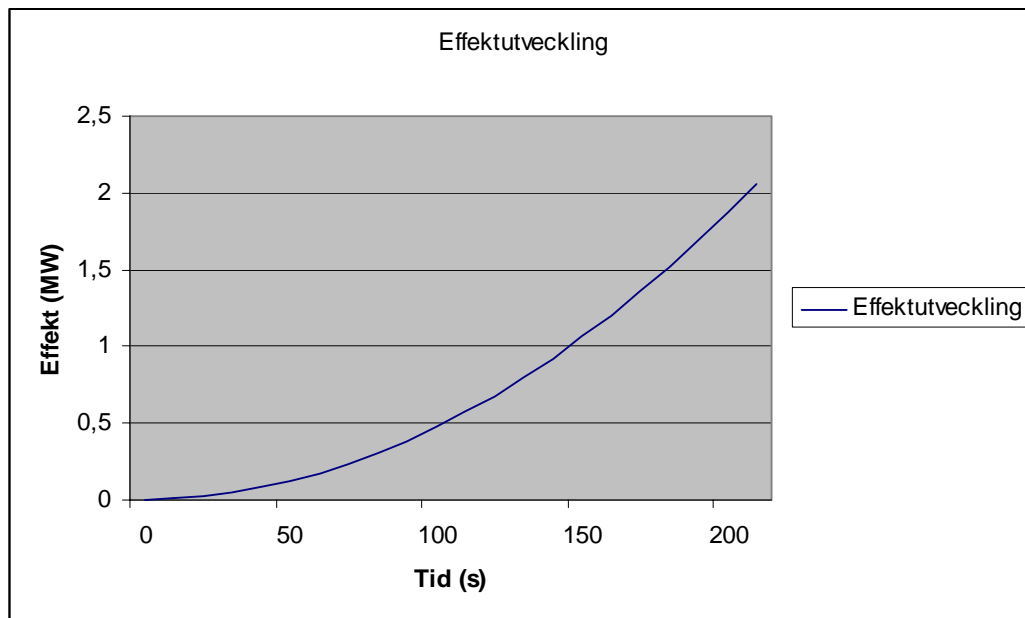


Diagram 9. Effektkurva i scenario 4

3.5.2. Kritiska förhållanden

Då scenariot simulerades gjordes samma indelning av korridoren som utfördes i det föregående scenariot (se bild 6). Samma data gäller även för då kritiska förhållanden inträffar. Vid simuleringar i CFAST visar det sig att det kommer att uppstå kritiska förhållanden i samma ordning som i scenariot med övernattande. Det kommer alltså först att skapas kritiska förhållanden i korridorsdel 2 och därefter i del 7 och 8.

Även i det här scenariot blir temperaturskillnaden mellan det övre och det undre brandgaslagret över de 20-30°C som krävs för att få en skiktning enligt *Hultqvist 2000*. Det kommer däremot inte ske en ofullständig förbränning av det material som antas brinna, trä och papper. Det kommer däremot att hela tiden bildas tjockare brandgaser i brandrummet så länge dörren är stängd. När dörren sedan öppnas kommer det att välla ut tjocka mörka brandgaser, vilka snabbt sprider sig i korridoren. Detta leder till att tiderna för kritiska förhållanden blir enligt tabell 11. nedan på grund av de dåliga siktförhållanden som skapas.

Korridor	t_{krit}
del 2	180
del 3	190
del 4	190
del 5	200
del 6	180
del 7	160
del 8	180

Tabell 11. Kritiska förhållanden i korridoren

3.5.3. Beräkning av tid till detektoraktivering

Eftersom samma geometri används i scenario 3 och branden har samma tillväxthastighet kommer aktiveringen av detektorerna att ske efter samma tid efter det att branden startat. Som skolan ser ut idag kommer detektorerna först att aktiveras efter det att brandgaser har trängt ut i korridoren. Detta värde har genom simulering i CFAST uppskattats till mellan 40 och 60 sekunder. Om klassrummet hade varit utrustat med detektor hade denna tid kunnat minskats till runt 15 sekunder (se kapitel 3.4.3.).

3.5.4. Beräkning av utrymningstid

För att beräkna tiden för utrymning simulerades rådande förutsättningar i SIMULEX. Det nuvarande larmsystemet hörs, som tidigare nämnts, inte alltid in i alla klassrum. I simuleringarna förutsätts dock att larmet hörs in i alla klassrum.

I simuleringarna används endast utrymningsvägarna genom korridoren och ut genom ytterdörrarna. Det finns också möjligheter att utrymma genom klassrummens fönster, men dessa skall ses som en alternativ väg om det inte går att utrymma på annat sätt och simuleras därför inte.

På skolan utförs utrymningsövningar en gång i halvåret, så när eleverna och lärarna hör larmet vet de vad som gäller och tiden för beslut och reaktion bli därför relativt låg. När larmet går kommer läraren säga åt klassen att resa sig och följa honom eller henne ut. Tiden för detta uppskattas till 15 sekunder.

Personantalet i klassrummen varierar under dagen och är också beroende av veckodag. Vid simuleringarna har 113 personer används fördelade på fem klassrum samt att sju personer sitter i datasalen (se bild 7.).

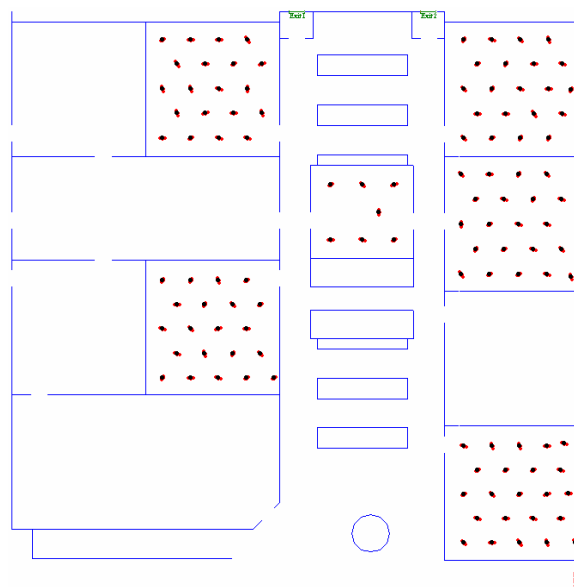


Bild 7. Fördelning av personer i scenariot.

Evakueringstiden för dessa ligger på strax under en minut, 55 sekunder, och inga direkta proppar uppstår. De största svårigheterna uppstår då eleverna ska ta sig ut ur klassrummen eftersom dörrbredden endast är 0,9 meter. När de sedan når dörrarna till det fria är de mer uppdelade på grund av de mindre svårigheterna som uppstår vid klassrumsdörrarna. Detta kan jämföras med att läraren förmodligen kommer att be sin klass att lugnt följa honom eller henne ut.

Den totala utrymningstiden när alla faktorer räknas samman kommer ligga runt två minuter efter det att branden startat, alltså runt en minut efter det att larmet startat.

3.5.5. Känslighetsanalys

För att undersöka hur känslig vår bedömning av tillväxthastigheten är gjordes samma simuleringar som tidigare i CFAST, fast med tillväxthastigheterna "medium" och "ultrafast". En "mediumbrand" behöver mycket lång tid, över tio minuter, för att skapa kritiska förhållanden i korridoren och anses därför utgöra en mindre risk för personerna än en "fastbrand". I "ultrafast" fallet kommer det att skapas kritiska förhållanden i korridoren tidigare än med "fastbranden". Detta gör att personerna snabbare kommer att kunna utsättas för kritiska förhållanden. Tiderna för när kritiska förhållanden inträffar kan ses i tabell 12. nedan.

Korridor	t_{krit}
del 2	140
del 3	150
del 4	150
del 5	160
del 6	150
del 7	130
del 8	140

Tabell 12. Kritiska förhållanden vid en "ultrafastbrand".

Om branden skulle tillväxa enligt en "ultrafast" kurva så skulle den också detekteras tidigare. Brandgaser skulle spridas ut i korridoren efter mellan 20 och 30s vilket gör att varseblivningstiden för personalen och eleverna skulle halveras. Om man undersöker vilka typer av material som har en tillväxt enligt "ultrafast" i Enclosure Fire Dynamics, *Björn Karlsson och James G. Quintiere 2000*, så ser man att det är ganska osannolikt att tillväxten i det här scenariot skulle följa denna. Detta på grund av att det är främst vid vätskebränder en sådan tillväxt kan antas.

För att se om maxeffekten från branden har någon inverkan på resultaten granskades tiderna då kritiska förhållanden inträffar i scenariot. Det visade sig emellertid att det inte har någon större effekt i och med att kritiska förhållanden uppstår så pass tidigt. Detta gör att branden fortfarande är i tillväxtfasen och den effekt som branden har vid tidpunkten då kritiska förhållanden inträffar skulle kunna väljas med samma resultat.

En faktor som skulle kunna ha stor inverkan på tiden för utrymning är också antalet personer som ska utrymma. Simulering i SIMULEX gjordes därför på vad som kan uppskattas till den maximala persontätheten under en normal skoldag. Denna uppskattning gjordes genom att varje klass fick ett antal på 30 personer, samt att det finns tolv personer i datasalen. Till detta lades 17 personer som befinner sig i korridoren. Detta ger att det sammanlagda antalet personer uppgår till 179 mot tidigare 113. Det visade sig dock att detta inte gör någon större inverkan i utrymningstiden. Det blir inga riktiga proppar mer än i klassrumsdörrarna och simuleringarna visar att samtliga hade utrymt en och en halv minut efter det att larmet aktiverats.

Enligt simuleringarna i scenariot med övernattning i klassrummen så skapas det inte kritiska förhållanden i korridorerna om dörren till brandrummet är stängd. Detta resultat gäller också för detta scenario då det enda som egentligen skiljer bränderna från varandra är maxeffekten. Eftersom det i föregående scenario har använts en brand med mycket högre effekt och det ändå inte skapas kritiska förhållanden så dras slutsatsen att det inte kommer att göra så nu heller. Fönstren kommer att gå sönder på grund av den temperatur och det tryck som skapas i

brandrummet. Detta leder till att brandgaserna ventileras ut och kommer inte sprida sig ut i korridoren.

Om larmet inte hörs in till något klassrum skulle detta kunna leda till att personerna i klassrummet inte kan utrymma säkert. Detta på grund av att det relativt fort skapas kritiska förhållanden i korridoren. Om larmet inte hörs kommer varseblivningstiden förlängas och därigenom blir den totala utrymningstiden längre. På vissa delar av skolan kan fönstren användas för utrymning och personerna som befinner sig i ett sådant klassrum skulle kunna ta sig ut till det fria utan att utsättas för kritiska förhållanden. I många klassrum som inte har fönster till det fria skulle en utrymning omöjliggöras om det råder kritiska förhållanden i korridoren. Detta på grund av att många dörrar är låsta eller blockerade. En tydligare bild av detta problem ges i bilaga D.1.

3.5.6. Resultat

Resultaten från simuleringarna i CFAST och SIMULEX jämfördes för att se om en säker utrymning kan ske och om det finns en säkerhetsmarginal.

Den korridorsdel där det snabbast skapas kritiska förhållanden är del 2. Där uppstår dessa förhållanden på grund av att sikten snabbt försämras på grund av de brandgaser som sprids från brandrummet. Enligt simuleringarna i CFAST så skapas det kritiska förhållanden i del 2 efter tre minuter.

Enligt de simuleringar av utrymningstiden som utförts i SIMULEX så är hela skolan utrymd på två minuter efter det att branden startat. Detta förutsätter att larmet hörs och att rutiner för utrymning har underhållits av personal och elever. Känslighetsanalysen visar att personantalet kan ökas väsentligt utan att tiden för utrymning ökar mer än en minut.

När tiderna för utrymning och kritiska förhållanden jämförs visar det att en utrymning kommer att kunna ske utan att personsäkerheten äventyras då säkerhetsmarginalen mellan de båda är en minut.

3.5.7. Slutsats

Scenariot har visat att den tid det tar för utrymning ligger under tiden för att kritiska förhållanden uppstår. Säkerhetsmarginalen är ungefär en minut och det är visat i känslighetsanalysen att variationen av antalet personer i skolan inte kommer att överstiga denna tid. I känslighetsanalysen har det också undersökts om en snabbare tillväxt av branden skulle leda till att en säker utrymning inte kan garanteras. Det visar sig att aktiveringen av larmet i ett sådant fall skulle ske tidigare och att en utrymning skulle kunna ske säkert. En säker utrymning skulle även kunna ske om dessa två variationer inträffade samtidigt.

I känslighetsanalysen visas det dock att personsäkerheten endast kan garanteras om larmet hörs in till samtliga klassrum. Detta på grund av den rådande statusen gällande utrymningsvägar. För att personsäkerheten skall garanteras skall samtliga dörrar som är låsta eller blockerade göras möjliga att använda för utrymning. Det bör också installeras ett nytt detektorsystem för att garantera att samtliga i skolan hör larmet och påbörjar utrymning.

4. Utrymning

Detta kapitel är ett komplement till scenarierna, här behandlas de allmänna utrymningsförhållandena på Borgsmoskolan. Detta eftersom tillgången på utrymningsvägar i många fall är avgörande för om personsäkerheten uppfylls. Här redovisas de krav som *BBR* ställer, samt de övergripande bristerna. Mer detaljerade brister på utrymningsförhållandena samt förslag på förbättringar tas upp i bilaga D.

4.1. Grundläggande förutsättningar

De primära kraven för utrymning är att den skall vara utförd innan kritiska förhållanden uppstår. Detta innebär att utrymning skall ske innan människor utsätts för hög temperatur beroende på flammor eller att utrymning förhindras på grund av varma eller toxiska brandgaser.

För att detta skall kunna säkerställas krävs att det dels finns tillräcklig utrymningskapacitet, dels att avståndet till utrymningsvägarna inte är för långt.

4.2. Tillgång till utrymningsvägar

Varje lokal/brandcell skall ha minst två av varandra oberoende utrymningsvägar på så sätt att en utrymningsväg skall kunna blockeras utan att detta hindrar användningen av de övriga. En av dessa får utgöras av utrymning genom annan brandcell.

Från små brandceller där få personer endast vistas tillfälligt kan enbart en utrymningsväg accepteras. Exempel på sådana utrymnen är mindre förråd och fläktrum.

4.3. Utformning på utrymningsdörrar/vägar

Dörrar i och på väg mot utrymningsväg skall normalt gå utåt i utrymningsriktningen.

Eventuella dörrar som ingår i utrymningsväg från byggnadsdelar som ej klassas som *samlingslokaler* och som normalt är låsta skall vara försedda med nödvred, nödtrycke eller motsvarande.

Dörrar som endast kan öppnas med nyckel eller motsvarande samt endast via brandlarm skall ej ingå i utrymningsväg.

Dörr placerad i brandcellsavskiljande byggnadsdel skall förses med dörrstängare. För pardörrar skall dörrkoordinater användas (om inte ena dörrhalvan normalt är stängd med kantregel eller dylikt och att denna halva krävs för att erhålla erforderlig fri utrymningsbredd).

Dörr i brandcellsavskiljande byggnadsdel får (endast) ställas upp om rökdetektorstyrd stängningsautomatik av typ hållmagnet eller dylikt används. Knapp för manuell stängning skall i så fall finnas.

Trappor/trappsteg i anslutning till utrymningsväg skall placeras minst 0,8 m från dörr.

Fönster avsedda för utrymning skall ha minsta fri bredd på 0,5 m och höjd 0,6 m samt vara sidohängt. Höjd + bredd skall vara minst 1,5 m. Bröstning till sådant fönster skall vara <1,2 m. Sådant fönster skall vara öppningsbart utan nyckel eller liknande.

4.4. Gångavstånd och framkomlighet

Man kan med tanke på dagens funktionsbaserade bygglagstiftning komma fram till lämpliga gångavstånd till utrymningsväg och utrymningsflöden på två olika sätt.

Den första metoden baserar sig på ett analytiskt synsätt där utrymningstiden beräknas utifrån givna antagande om gånghastighet, reaktionstider, dörrbredd m.m. och där denna tid jämförs med den tid det tar innan en eventuell brand ger upphov till kritiska förhållanden. Utrymning/evakuering simuleras med datormodeller.

Den andra metoden bygger på tabellvärden för längsta gångavstånd till en utrymningsväg och där avståndet är beroende på verksamheten i lokalen.

Båda modellerna har använts i denna rapport.

För större delen av byggnaden har den senare, den så kallade schablonmetoden använts. Gångavstånden skall inte överstiga 30 meter i publika delar och 45 meter i personaldelar. Gångavstånd som sammanfaller multipliceras med faktorn 2 (1,5 i personaldelar).

Simuleringar av kritiska förhållanden har gjorts för idrottshall, fritidsutrymme (disco) samt lektionssalar.

4.4.1. Nuvarande utrymningsstatus

Positivt på skolan är att korridorerna i stort hålls helt fria från saker. Utrymningsituationen förenklas av detta. Dessutom finns det i och med detta knappt något brännbart material i korridorerna.

Det finns dock stora brister på utrymningsstatusen i Borgsmoskolan. Överlag så är många av de dörrar som skall användas för utrymning låsta. Detta har bland annat resulterat i att en elev blivit inlåst över natten. På de dörrar där det finns automatisk dörrstängning, upptäcktes vid platsbesöket brister på denna. Många av dörrarna hade dåligt smörjda gångjärn samt att hållmagneten var eftermagnetiserande. På grund av detta stängdes dörrarna ej vid manuell utlösning av dörrstängningen.

Många av utrymningsmöjligheterna är utformade som små luckor eller fönster med storleken 0,6*0,6 m. Flera av dessa är dessutom högt placerade. Som exempel kan nämnas utrymningsfönster från hemkunskapen med bröstning på 1,8 meter samt utrymningsfönster från basklassrum, där avståndet till marken utanför var 2,4 meter.

4.5. Nödbelysning och vägledande markering

Nödbelysning avser belysning som förses med ström via reservkraftaggregat eller batterier och som automatiskt tänds vid strömavbrott. Nödbelysning skall finnas i utrymningsvägar från samlingslokal samt i samlingslokalen. Den skall fungera i minst 60 min och uppgå till lägst en lux på golvet. I trappor skall nödbelysningen vara minst fem lux.

Vägledande markering skall utföras med genomlysta eller belysta skyltar med krav på 60 minuters bibehållen funktion vid spänningsbortfall. I mindre utrymmen, typ klassrum, omklädningsrum godkänns skyltar av efterlysande modell. Skyltar skall vara utformade enligt *AFS 1997:11*.

4.5.1. Nuvarande

Nödbelysning saknades helt i byggnaden.

Skyltning klart undermålig i största delen av skolan. Överlag är skyltningen utförd med gamla skyltar, med ej godkänt pictogram. De få genomlysta skyltar som finns är gamla och kommer troligtvis ej uppfylla kravet på 60 minuters drift vid spänningsbortfall. De viktigaste exemplen på bristfällig skyltning är:

- Replokal (1078) felplacerad, samt av gammal typ.
- Läktare, trasig skylt av genomlyst typ.
- Omklädningsrum saknar helt skyltning.
- Musik och bildsalar, övertäckt utrymningsskylt.
- Basklassrum, skyltning saknas i många fall.

5. Åtgärder

I detta kapitel redovisas de åtgärder som skall eller bör göras på skolan för att utrymnings-säkerheten skall bli bättre. Under rubriken *Skall åtgärdas* redovisas de åtgärder som är nödvändiga för att Borgsmoskolan skall betraktas som en personsäker byggnad vid händelse av brand. Utöver dessa krav finns det åtgärder som kan vidtagas för att ytterligare höja personsäkerheten. Dessa förslag redovisas under rubriken *Bör åtgärdas*.

5.1. Skall åtgärdas

- Tätningar skall utföras i samma klass som dörren, d.v.s. undertak skall tätas och utföras i E15 så att rök/brandspridning förhindras.
- De termiska detektorerna som finns vid återluften skall bytas ut till optiska, eftersom en termisk skulle aktiveras sent på grund av utspädning och avkylning.
- Förhindrande av brandgasspridning mellan brandceller skall ske genom brandgasspjäll (brandteknisk klass E 30). Sådant brandgasspjäll skall stänga vid:
 - Centralt brandlarm
 - Larm från detektor i kanal
 - Spänningsbortfall

Samtliga brandgasspjäll med brandteknisk funktion skall övervakas och kontrolleras i enlighet med boverkets "*Riktlinjer för typgodkännande, brandskydd*" Allmänna råd 1993:2 utgåva 2. Dock kan ett intervall 1 gång/vecka anses vara tillräckligt.

- Heltäckande utrymningslarm skall installeras i skoldel, med larmdon i utrymmen där personer normalt vistas. Detektorer skall placeras i liknande utsträckning plus i samtliga förråd. Manuella larmtryckknappar skall monteras i hemkunskap, slöjd-lokaler och NO-preparationsrum. Samtliga simuleringar i skoldelen har visat att brandlarmet varit undermåligt och skall uppdateras som beskrivet ovan.
- Innan heltäckande larm är installerat i skoldelen, får ej övernattning ske i skolans lokaler.
- Nödbelysning skall installeras i följande utrymmen:
 - Matsal (2152 och 2153) samt de utrymmen som verkar som utrymningsväg från denna (2168, 2175 och 2176).
 - Idrottshall (2215) och anslutande utrymningskorridorer (2181, 2197 och 2214).
 - Läktare och utrymningsvägar därifrån, dvs trappor i båda riktningar.

Nödbelysningen bör placeras i knähöjd för att belysningsnivån mot golv skall uppnå de ställda kraven. Nödbelysning skall finnas i och från samlingslokaler, enligt BBR. Denna kommer att underlätta utrymningen, då vägen ut blir upplyst.

- På läktare skall utrymningsskylt bytas till ny, av genomlyst typ, med säkrad drift 60 minuter genom lokal batteribackup. Denna åtgärd skall ske, eftersom skylten vid objektsbesöket var trasig. En trasig skylt, minskar möjligheterna för personer på läktaren, att lokalisera utrymningsvägar.

- Tv och soffa vid dörr från läktare till kapprummet/fritidsgård skall tas bort. Dörren får ej blockeras. Då tv:n och soffan blockerar blir fri bredd mellan dörrarna endast 0,54 m, mot egentliga 1,8m. I scenario 1 kan ses konsekvenserna av att dörren är blockerad.
- Båda dörrarna från läktaren skall förses med nödvred/nödtrycke. Denna åtgärd kommer att minska utrymningstiden, då det med nödvred/nödtrycke endast behövs ett grepp för att öppna båda dörrhalvorna.
- Dörrar som ingår i utrymningsväg skall låsas upp. På de dörrar som har sjutillhållarlås, skall detta tas bort.
- För att tillgodose stängning av automatiska dörrar skall dessa genomgå översyn och t.ex. gångjärnen smörjas. Att dörrarna stängs är viktigt för att minska brand- och rökspridningen mellan brandceller.
- I omklädningsrum skall skyltning placeras på utrymningsluckor.
- I musik och bildsalar skall övertäckning av skylt tas bort. Detta är en enkel åtgärd för att öka möjligheterna till lokalisering av utrymningsvägar.
- I basklassrum skall skyltning klart visa vilka utrymningsvägar som gäller. Då utrymning sker via andra klassrum, skall detta vara tydligt utmärkt. På de fönster som idag är utmärkta med utrymningsskyltar, skall dessa tas bort. Detta eftersom de endast skall anses som en nödlösning, då avståndet till marken är alldeles för långt.
- Skolan innehar tillstånd att förvara brandfarlig vara. Vid NO-salar är skyltning av dessa varor tillräcklig. Dock är skyltningen klart bristfällig i slöjdsalar. Dörr 1066 skall skyltas "gasflaskor, bringas i säkerhet vid brandfara". I rum 1051 förvaras syrgas O₂, detta skall skyltas. Även dörr från korridor 1060 till rum1049 skall skyltas gasflaskor. Gasflaskornas innehåll är mycket brandfarligt. Vid en eventuell brand blir gasflaskorna uppvärmda och i och med detta ökar trycket i flaskan, denna utgör nu en explosionsrisk. Vid en explosion äventyras både människors säkerhet och byggnadens beständighet. Vid skyltning av gasflaskornas placering, underlättar detta för räddningstjänsten, som snabbare kan vidta korrekta åtgärder.
- En totalgenomgång av skyltning i skolan skall ske och bristfällig skyltning skall kompletteras.
- För att underlätta för räddningstjänsten, skall blixtljus placeras utanför entréhall, där brandförsvarstablå finns.
- Disco i skyddsrummen skall förbjudas. Se scenario 2.

5.2. Bör åtgärdas

- Kolsyresläckare bör bytas ut mot skumsläckare p.g.a. att dessa är lättare att släcka med för en novis samt att kolsyran har toxiska egenskaper, speciellt i små utrymmen. Dessutom smutsar den inte ner lika mycket som om man skulle ha en pulversläckare.
- I replokal (1078) bör skylt bytas till nyare modell samt placeras vid fönster.
- I samtliga kök, pentryn på skolan bör timer installeras för att förhindra att brand startas p.g.a. att man lämnat kaffekokaren, spisen eller dylikt på. Detta gäller t.ex. hemkunskapen, personalrum och kök.
- Utrymningsskyltar med gammalt pictogram bör bytas till nyare modell.
- Idrottshallen bör kompletteras med ett heltäckande larm med en detektortäthet av 1 detektor/100 m² enligt *SBF 110:6* i hallen, samt en i varje förrådsutrymme. Larmet bör även vara kopplat till ventilationssystemet så att inte ventilationen hjälper till att sprida brandgaserna. Larmets största fördel är att en tidig utrymning kan påbörjas samt ett tidigt larm till räddningstjänsten. En tidig utrymning är att föredra, då denna medför att hela förfarandet blir säkrare och att stress, som kan uppstå vid pressade situationer och tidsbrist förhindras. Snabbt larm till räddningstjänsten, ökar deras möjligheter att medverka vid utrymningssituationen samt att rädda miljö och egendom.

Fler förslag till åtgärder finns i bilaga D.

6. Slutsatser

Av resultaten från utredningen dras slutsatsen att personsäkerheten i byggnaden inte är tillfredställande.

Övergripande bör brandskyddsinstallationerna på skolan ses över. Många utrymningsvägar är blockerade, alternativt låsta. Detta får ej förekomma. Det finns dessutom många utrymningsvägar som är felaktiga. Som exempel kan nämnas det 1,8 meter högt belägna utrymningsfönstret från hemkunskapen och stegen från lärarrummet (bilder bilaga D).

Genomförningar mellan brandceller och tätningar ovan dörrar är överlag undermåliga. Detta skall ses över och åtgärdas omgående, för att hindra att brandgaser sprids mellan brandceller. I samband med detta skall även ventilationssystemet ses över. Brandgasspjäll skall installeras och de termiska detektorerna till återluften skall bytas ut till optiska.

Den klart dåliga skyltningen skall ses över och kompletteras. Skyltar med gamla pictogram bör bytas ut mot nya.

I samtliga scenarier har slutsatsen tagits att en översikt av brandlarmssystemet på skolan är nödvändig. Som exempel bygger hela brandlarmssystemet i skoldelen på att rök ska spridas från en brandcell till en annan, för att brandlarmet skall aktiveras. Denna spridning av brandgaser mellan brandceller, förkastar hela meningen av brandcellsindelning. En brandcell klassad i EI30 skall stå emot brand och rök i 30 minuter. Detta krav är ej uppfyllt i dagsläget. I och med detta kommer ett utökat brandlarmssystem krävas, för att utrymningssäkerheten skall tryggas. Som det är nu, hörs inte utrymningslarmet från korridorerna till klassrummen. Detektor- och larmdonstätheten skall därför utökas så att det finns fler i korridorerna samt även i alla klassrum. Tills dessa förändringar är genomförda, skall övernattning på skolan förbjudas. Även i fritidsdelen bör larmdon placeras så att de hörs i samtliga utrymnen. I källarens skyddsrum skall discotek förbjudas.

7. Referenser

Arbetsmiljöverkets FörfattningsSamling 1997:11

Björn Karlsson och James G. Quintiere, *Enclosure Fire Dynamics*, CRC Press LLC, 2000

Boverket, *Boverkets ByggRegler BBR10*, 2002

Brandskyddslaget och Brandteknik vid LTH, *Brandskyddshandboken*, Lunds Tekniska Högskola, Lund 2002

Dougal Drysdale, *An Introduction to Fire Dynamics*, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex England 2002

Hans Hultquist, *Rapport 7010 Simulating visibility in Hazard 1/CFAST*, Brandteknik, Lund 2000

Håkan Frantzich, *Tid för utrymning vid brand*, Räddningsverket, Karlstad 2001

Lars-Göran Bengtsson, *Övertändning, backdraft och brandgasexplosioner sett ur räddningstjänstens perspektiv*, Brandteknik vid LTH, Lund 1999

Stefan Särdaqvist, *Initial Fires*, Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola, Lund 1993

Svenska brandförsvarsföreningen, *Regler för automatisk BRANDLARM ANLÄGGNING SBF 110:6*, januari 2001

Thomas Grace, *Improving the Waking Effectiveness of Fire Alarms in Residential Areas, Human Behaviour in Fire*, University of Ulster, 1998

V. Babrauskas och S.J Grayson, *Heat release in fires*, Mulholland, 1992

Bilaga A. (Kapitel 3.2)**A.1. Indata CFAST "Brand i redskapsförråd"**

```

VERSN      3User Defined Base Case
#VERSN 3 User Defined Base Case
TIMES      2000      0      10      20      0
DUMPR GYM.HIS
ADUMP GYM.XLS N
TAMB 293.150      101300. 0.000000
EAMB 293.150      101300. 0.000000
HI/F 0.000000 0.000000 1.80000 0.000000
WIDTH 3.00000 20.5000 2.70000 1.50000
DEPTH 10.0000 40.0000 42.7000 10.0000
HEIGHT 2.40000 8.25000 2.40000 2.40000
CEILI SOFTWOOD ACOUTILE CONCRETE GYPSUM
WALLS SOFTWOOD SOFTWOOD CONCRETE GYPSUM
FLOOR HARDWOOD HARDWOOD CONCRETE CONCRETE
#CEILI SOFTWOOD ACOUTILE CONCRETE GYPSUM
#WALLS SOFTWOOD SOFTWOOD CONCRETE GYPSUM
#FLOOR HARDWOOD HARDWOOD CONCRETE CONCRETE
HVENT 1 2 1 4.00000 2.10000 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
HVENT 2 3 1 40.0000 4.00000 2.60000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 2 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 1.00000 1.00000
HVENT 2 4 1 1.60000 2.10000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 2 4 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
HVENT 4 5 1 1.60000 2.10000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 4 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
CHEMI 16.0000 50.0000 10.0000 1.95000E+007 293.150 493.150 0.300000
LFBO 1
LFBT 2
CJET ALL
FPOS 9.00000 1.00000 0.000000
FTIME 111.000 222.000 333.000 444.000 555.000 666.000
777.000 888.000 1000.00 1111.00 1222.00 1333.00 1444.00
1555.00 1666.00 1777.00 1888.00 2000.00
FMASS 0.000000 0.0296336 0.118534 0.266702 0.474137 0.740841
1.06681 1.45205 1.89655 2.40513 1.90083 1.45578 1.07002
0.743513 0.476275 0.268307 0.119605 0.0301699 0.000000
FQDOT 0.000000 577855. 2.31142E+006 5.20069E+006 9.24568E+006 1.44464E+007
2.08028E+007 2.83149E+007 3.69827E+007 4.69000E+007 3.70661E+007 2.83878E+007
2.08653E+007 1.44985E+007 9.28737E+006 5.23198E+006 2.33229E+006 588314.
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
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

```

Brandteknisk riskvärdering av Borgsmoskolan

```
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
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
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
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
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
```

A.2. Handberäkningar

A.2.1. Rökfyllnad

Formler från kap 8.6 i *Karlsson och James G. Quintiere 2000 "Enclosure Fire Dynamics"* används.

$$k = \frac{0,21}{\rho_g} \left(\frac{\rho_a^2 g}{c_p T_a} \right)^{1/3}$$

$$z = \left(k \frac{\alpha^{1/3}}{S} \frac{2t^{(1+n/3)}}{n+3} + \frac{1}{H^{2/3}} \right)^{-3/2}$$

$$\rho_g = \rho_a \left(1 - \frac{\alpha t^{n+1}}{(n+1)(H-z)Sc_p 353} \right)$$

Indata:

$$\rho_a = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$c_p = 1,0 \text{ KJ/(kg K)}$$

$$T_a = 293 \text{ K}$$

$$\alpha = 0,047$$

$$n = 2$$

$$S = 20,5 \times 40 = 820 \text{ m}^2$$

$$H = 8,25 \text{ m}$$

$$t = \text{Tid (s)}$$

$$z = \text{Höjd till brandgaslagret}$$

$$k = \text{Konstant}$$

Svaret itereras fram med hjälp av de tre formlerna och gav dessa resultat

$$z = 2,4 \text{ m gav } t = 356\text{s}$$

$$z = 3,84 \text{ m gav } t = 268\text{s}$$

A.2.2. Massflöde plym

Eftersom det är små bränder kommer det att bli ett lågt ΔT och därför skall det användas en svag plymmodell. Därför valdes Zukoski plymen.

$$\dot{m}_p = 0,076\dot{Q}^{1/3} \cdot z^{5/3}$$

$$Q_{20s}=18,8 \text{ kw} \Rightarrow \dot{m}_p = 0,7 \text{ kg/s}$$

$$Q_{40s}=75,2 \text{ kw} \Rightarrow \dot{m}_p = 1,1 \text{ kg/s}$$

Kontroll av ΔT utfördes för att kontrollera valet av en svag plymmodell. Formel kommer från den ideala plymen.

$$\Delta T = 5.0 \left(\frac{T_\infty}{g c_p \rho_\infty^2} \right)^{1/3} \dot{Q}^{2/3} \cdot z^{-5/3}$$

indata:

$$T_\infty = 293 \text{ K}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$c_p = 1,0 \text{ KJ/(kg K)}$$

$$\rho_\infty = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = 75,2 \text{ kW}$$

$$z = 2,1 \text{ m}$$

ger

$$\Delta T = 71 \text{ K}$$

Eftersom det är så liten skillnad mellan gastemperaturen i plymen och utanför gjordes ett riktigt val att använda en svag plymmodell.

A.2.3. Flamhöjd

Eftersom flamhöjden är beroende av bredden på flammorna har det antagits ett värde som ger $L/D=2$. Detta värde har tagits fram med hjälp av kapitel 4.2.1 "Flame Characteristics" i *Björn Karlsson och James G. Quintiere 2000 "Enclosure Fire Dynamics"*.

$$L = 0,235\dot{Q}^{2/5} - 1,02D$$

och

$$L/D = 2$$

Ger

$$L = 0,1556\dot{Q}^{2/5}$$

$$Q_{20s}=18,8 \text{ kw} \Rightarrow L = 0,5\text{m}$$

$$Q_{40s}=75,2 \text{ kw} \Rightarrow L = 0,9\text{m}$$

A.2.4. Förbrukning av syre i gymnastiksalen

Från boken *Enclosure Fire Dynamics*

$$\dot{Q}(t) = \alpha t^2$$

$$Q = \alpha \int_{t_0}^t t^2 dt = \alpha \left(\frac{t^3}{3} - \frac{t_0^3}{3} \right)$$

$$\alpha = 0,047$$

$$t_0 = 0 \text{ s}$$

$$t = 340 \text{ s}$$

$$Q = 615,8 \text{ MJ}$$

$$\text{Mol syre/m}^3 \text{ luft} = PV/(RT) = 0,23 \cdot 101000 \cdot 1 / (8,314 \cdot 293) = 9,54 \text{ mol}$$

$$\text{Vikt syre/m}^3 = n \cdot M = 9,54 \cdot 0,032 = 0,305 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Salens volym} = 20,5 \cdot 40 \cdot 8,25 = 4305 \text{ m}^3$$

$$\text{Antal kg syre i salen} = 4305 \cdot 0,305 = 1313 \text{ kg}$$

$$\text{Energi som alstras av förbränning av ett kg syre} = 13,2 \text{ MJ}$$

$$\text{Använt syre} = 615,8 / (1313 \cdot 13,2) = 3,6\%$$

A.2.5. Siktbarhet idrottshall

Tid (s)	Energi (MJ)	PU (MJ/kg)	Cellulosa (MJ/kg)	Andel PU förbränning	Förbränt material			Sikt (m)
					Vikt PU	Vikt Cell	DL	
200	125,3	25,0	19,5	0,3	1,7	4,3	0,1	27,9
210	145,1	25,0	19,5	0,3	1,9	5,0	0,1	24,1
220	166,8	25,0	19,5	0,3	2,2	5,7	0,1	21,0
230	190,6	25,0	19,5	0,3	2,5	6,5	0,1	18,4
240	216,6	25,0	19,5	0,3	2,9	7,4	0,1	16,2
250	244,8	25,0	19,5	0,3	3,3	8,4	0,2	14,3
260	275,4	25,0	19,5	0,3	3,7	9,4	0,2	12,7
270	308,4	25,0	19,5	0,3	4,1	10,5	0,2	11,4
280	343,9	25,0	19,5	0,3	4,6	11,8	0,2	10,2
290	382,1	25,0	19,5	0,3	5,1	13,1	0,3	9,2
300	423,0	25,0	19,5	0,3	5,6	14,5	0,3	8,3
310	466,7	25,0	19,5	0,3	6,2	16,0	0,3	7,5
320	513,4	25,0	19,5	0,3	6,8	17,6	0,3	6,8
330	563,0	25,0	19,5	0,3	7,5	19,2	0,4	6,2
340	615,8	25,0	19,5	0,3	8,2	21,1	0,4	5,7

D_L = Optical density per meter

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

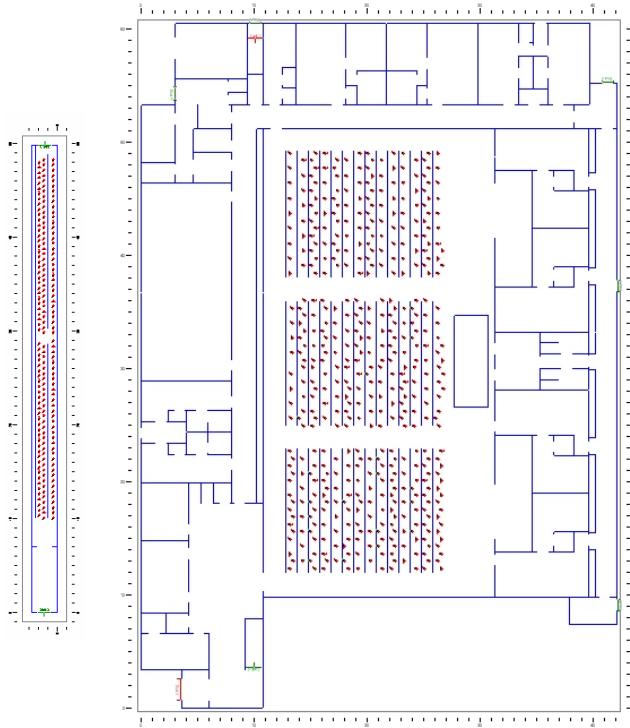
D_0 = Materialets rökpotential

$$D_0 \text{ (PU)} = 0,22 \text{ m}^2/\text{g} \quad D_0 \text{ (Cellulosa)} = 0,051 \text{ m}^2/\text{g}$$

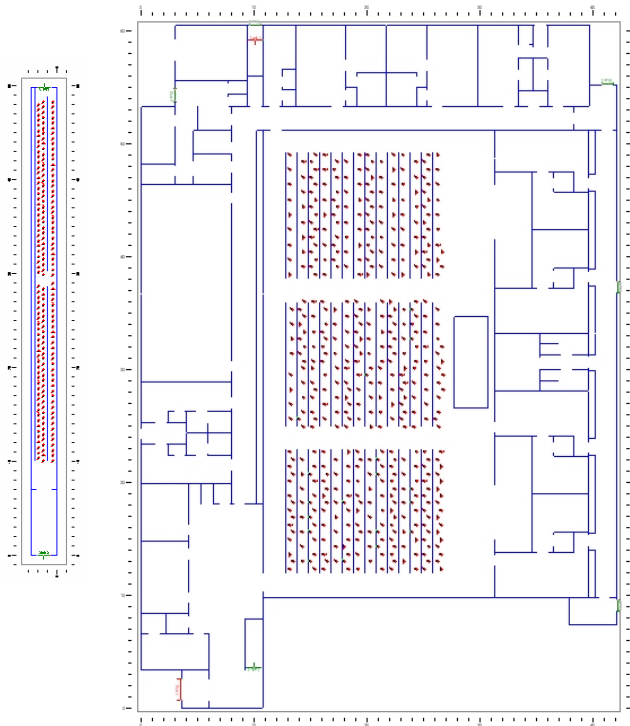
$$\text{Sikt(m)} = \frac{\ln 10}{D_L}$$

A.3. Indata SIMULEX

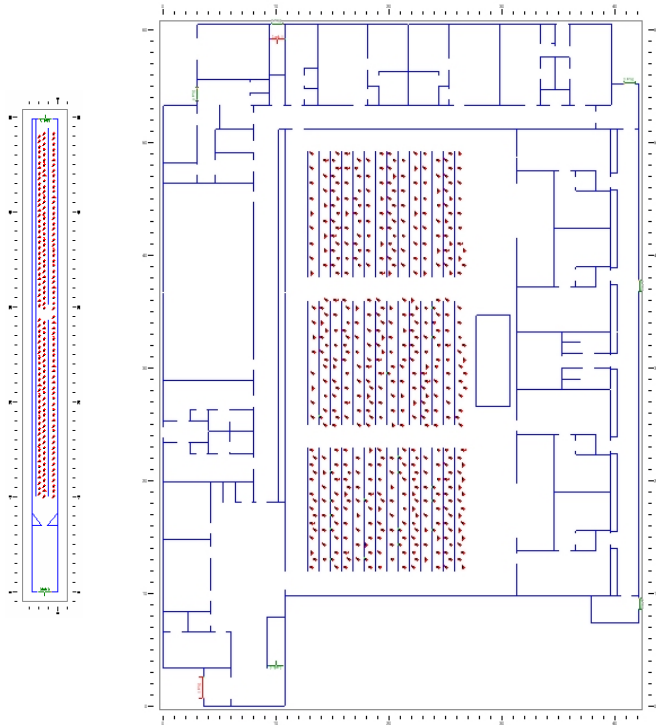
Fall 1.



Fall 2.



Fall 3.



Bilaga B. (Kapitel 3.3.)***B.1. Indata CFAST "Brand under discot"***

```

VERSN      3Two Compartments with Corridor Base Case
#VERSN     3 Two Compartments with Corridor Base Case
TIMES      900      0      10      20      0
DUMPR      DISCO55.TXT
ADUMP      DISCO55.XLS N
TAMB       293.150      101300. 0.000000
EAMB       293.150      101300. 0.000000
HI/F       0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 2.50000 2.50000 2.50000 0.000000 0.000000
WIDTH      4.50000 9.00000 6.30000 38.0000 5.50000 4.00000 5.00000 5.00000 1.50000
DEPTH      12.8000 7.75000 1.50000 2.00000 18.0000 6.50000 4.00000 4.50000 4.50000
HEIGHT     2.35000 2.35000 2.35000 2.35000 2.35000 2.35000 2.35000 2.35000 5.00000
CEILI      CELLULOS CELLULOS CELLULOS CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
WALLS      CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
FLOOR      CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
#CEILI     CELLULOS CELLULOS CELLULOS CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
#WALLS     CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
#FLOOR     CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
HVENT      1 2 1 0.600000 1.60000 1.30000 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
HVENT      1 10 1 3.66000 0.0108540 0.0100000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT      1 10 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
HVENT      1 10 2 3.66000 2.34900 2.34000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT      1 10 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
HVENT      2 3 1 1.50000 2.35000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT      2 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
HVENT      2 8 1 0.800000 2.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT      2 8 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
HVENT      2 10 1 1.10000 1.90000 1.30000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT      2 10 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
HVENT      3 4 1 1.00000 2.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT      3 4 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
HVENT      4 9 1 1.50000 2.35000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT      4 9 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
HVENT      5 6 1 2.00000 2.00000 0.000000 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
HVENT      5 7 1 1.00000 2.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT      5 7 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
HVENT      5 9 1 1.50000 2.35000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT      5 9 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

```

Brandteknisk riskvärdering av Borgsmoskolan

```

1.00000      1.00000      1.00000      1.00000      1.00000      1.00000      1.00000
1.00000
CHEMI 16.0000 50.0000 10.0000 1.95000E+007 293.150 493.150 0.300000
LFBO 1
LFBT 2
CJET ALL
FPOS -1.00000 -1.00000 0.000000
FTIME 16.0000 32.0000 48.0000 64.0000 80.0000 96.0000
112.000 128.000 150.000 750.000 766.000 782.000 798.000
814.000 830.000 846.000 862.000 878.000 900.000
FMASS 0.000000 0.000615713 0.00246285 0.00554144 0.00985138 0.0153928
0.0221656 0.0301699 0.0394056 0.0541154 0.0541154 0.0431865 0.0334890
0.0250230 0.0177883 0.0117851 0.00701333 0.00347301 0.00116408 0.000000
FQDOT 0.000000 12006.4 48025.6 108058. 192102. 300160.
432230. 588314. 768410. 1.05525E+006 1.05525E+006 842136. 653036.
487948. 346872. 229810. 136760. 67723.6 22699.6 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
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
HEAT 0 0 0 0 3 6 U
HEAT 0 0 0 0 3 7 U
HEAT 0 0 0 0 3 8 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
TEMPE 0 0 0 0 2 6 U
TEMPE 0 0 0 0 2 7 U
TEMPE 0 0 0 0 2 8 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
INTER 0 0 0 0 1 6 U
INTER 0 0 0 0 1 7 U
INTER 0 0 0 0 1 8 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
O2 0 0 0 0 4 6 U
O2 0 0 0 0 4 7 U
O2 0 0 0 0 4 8 U

```

B.2. Handberäkningar, brand under discot.**Bilaga B.2.1. Siktbarhet brand i keramikrum**

Tid (s)	Utvecklad effekt (MJ)	Energiinnehåll PVC (MJ/kg)	Energiinnehåll Cellulosamaterial (MJ/kg)	Andel PVC	Förbränt material PVC (kg)	Förbränt material Cellulosamaterial (kg)	D_L	Sikt (m)
10	0,0	43,0	19,5	0,15	0,0	0,0	0,000	8178,1
20	0,1	43,0	19,5	0,15	0,0	0,0	0,002	1022,3
30	0,4	43,0	19,5	0,15	0,0	0,0	0,008	302,9
40	1,0	43,0	19,5	0,15	0,0	0,0	0,018	127,8
50	2,0	43,0	19,5	0,15	0,0	0,1	0,035	65,4
60	3,4	43,0	19,5	0,15	0,0	0,1	0,061	37,9
70	5,4	43,0	19,5	0,15	0,0	0,2	0,097	23,8
80	8,0	43,0	19,5	0,15	0,0	0,3	0,144	16,0
90	11,4	43,0	19,5	0,15	0,0	0,5	0,205	11,2
100	15,7	43,0	19,5	0,15	0,1	0,7	0,282	8,2
110	20,9	43,0	19,5	0,15	0,1	0,9	0,375	6,1
120	27,1	43,0	19,5	0,15	0,1	1,2	0,487	4,7
130	34,4	43,0	19,5	0,15	0,1	1,5	0,619	3,7
140	43,0	43,0	19,5	0,15	0,1	1,9	0,773	3,0
150	52,9	43,0	19,5	0,15	0,2	2,3	0,950	2,4
160	64,2	43,0	19,5	0,15	0,2	2,8	1,153	2,0
170	77,0	43,0	19,5	0,15	0,3	3,4	1,383	1,7
180	91,4	43,0	19,5	0,15	0,3	4,0	1,642	1,4
190	107,5	43,0	19,5	0,15	0,4	4,7	1,931	1,2

D_L = Optical density per meter

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

D_0 = Materialets rökpotential

D_0 (PVC) = 0,39 m²/g D_0 (Cellulosa) = 0,051 m²/g Värden enligt *Dougal Drysdale 2002*

$$\text{Sikt(m)} = \frac{\ln 10}{D_L}$$

B.2.2. Brandgasernas transporttid

För att få fram ett ungefärligt värde på storleksordningen av brandgasernas transporttid sätts värden nedan in i följande ekvation från *Enclosure Fire Dynamics*:

$$u_{\max} = \frac{0,195 \dot{Q}^{1/3} \cdot H^{1/2}}{r^{5/6}} \rightarrow u_{\max} = 0,25 \text{ m/s}$$

$$\dot{Q} = 200 \text{ kW}$$

$$H = 2,35 \text{ m}$$

$$r = 10 \text{ m}$$

B.2.3. Flamhöjd

Flamhöjd efter 19 sekunder:

$$\dot{Q}(t) = \alpha t^2$$

$$\dot{Q} = 0,047 \cdot 19^2 = 17 \text{ kW}$$

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

(ekv 4.3 "Enclosure fire dynamics")

L = flamhöjd

D antages vara 0,3 m

$$L = 0,235 \cdot 17^{2/5} - 1,02 \cdot 0,3 = 0,42 \text{ m}$$

B.2.4. Rökfyllnad av brandrummet

Formler från kap 8.6 i "Enclosure Fire Dynamics" användes.

$$k = \frac{0,21}{\rho_g} \left(\frac{\rho_a^2 g}{c_p T_a} \right)^{1/3}$$

$$z = \left(k \frac{\alpha^{1/3}}{S} \frac{2t^{(1+n/3)}}{n+3} + \frac{1}{H^{2/3}} \right)^{-3/2}$$

$$\rho_g = \rho_a \left(1 - \frac{\alpha t^{n+1}}{(n+1)(H-z)Sc_p 353} \right)$$

Indata:

$$\rho_a = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$c_p = 1,0 \text{ KJ/(kg K)}$$

$$T_a = 293 \text{ K}$$

$$\alpha = 0,047$$

$$n = 2$$

$$S = 12,8 \times 4,5 = 57,6 \text{ m}^2$$

$$H = 2,35 \text{ m}$$

$$t = 50 \text{ s}$$

$$z = \text{Höjd till brandgaslagret}$$

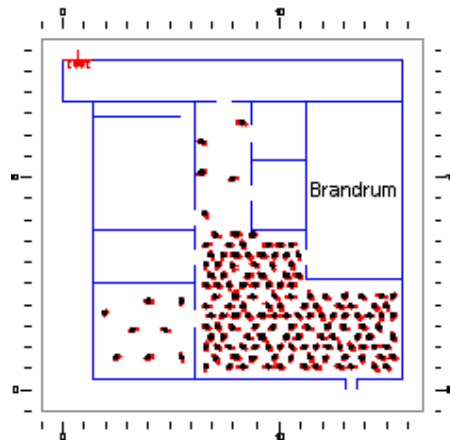
$$k = \text{Konstant}$$

Svaret itererades fram med hjälp av de tre formlerna och ledde till att brandgaslagrets höjd efter 50 sekunder var 1,75 meter.

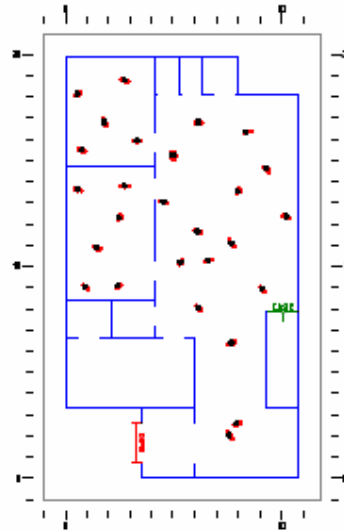
B.3. Simulexsimulering, brand under discot.

Fall 1

Suterrängplan

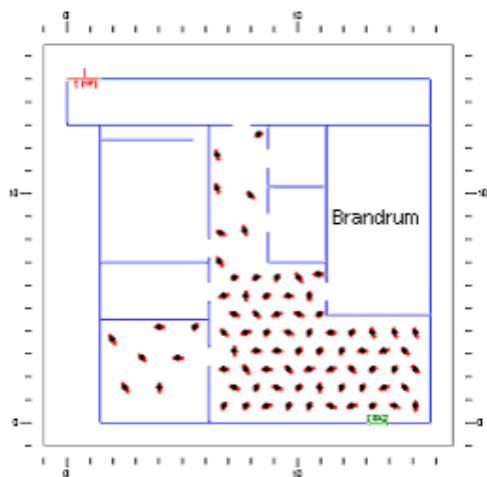


Bottenplan

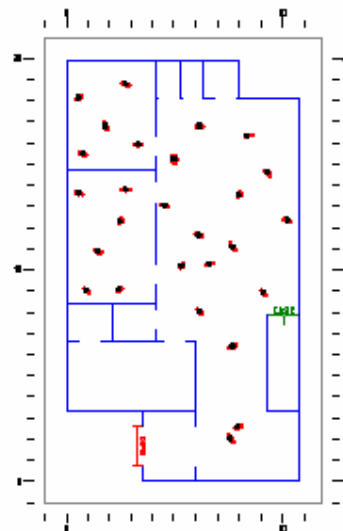


Fall 2

Suterrängplan

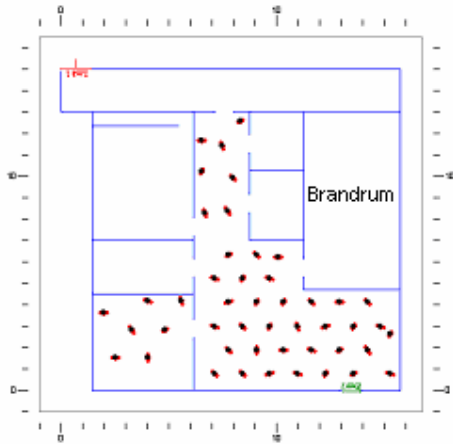


Bottenplan

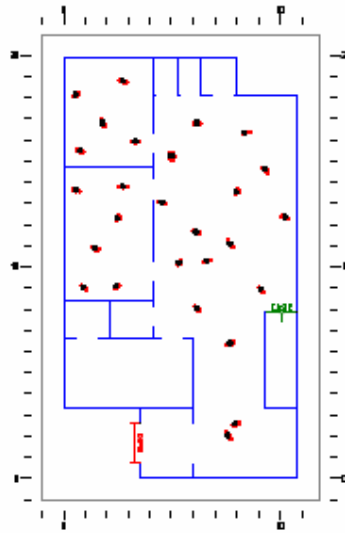


Fall 3

Suterrängplan



Bottenplan



Bilaga C. (kapitel 3.4.)

C.1. Indata FAST

```

VERSN      3User Defined Base Case
#VERSN 3 User Defined Base Case
TIMES      965      0      10      10      0
DUMPR 10MWD.HIS
ADUMP 10MWD.XLS 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 0.000000 0.000000 0.000000
WIDTH 7.80000 10.0000 2.00000 2.00000 10.0000 10.0000 12.8000 21.0000
DEPTH 7.80000 7.80000 7.00000 7.00000 7.80000 10.0000 2.00000 4.00000
HEIGH 2.50000 2.50000 2.50000 2.50000 2.50000 2.50000 2.50000 2.50000
CEILI CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
WALLS GYPSUM GYPSUM GYPSUM GYPSUM GYPSUM GYPSUM GYPSUM GYPSUM
FLOOR CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
#CEILI CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
#WALLS GYPSUM GYPSUM GYPSUM GYPSUM GYPSUM GYPSUM GYPSUM GYPSUM
#FLOOR CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
HVENT 1 5 1 0.900000 2.10000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 1 5 1 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 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 5 2 0.900000 0.00500000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 1 5 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
HVENT 1 5 3 0.900000 2.10500 2.10000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 1 5 3 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 9 1 7.00000 2.10000 1.10000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 1 9 1 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
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 3 1 2.00000 2.50000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 2 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 1.00000 1.00000
HVENT 2 4 1 2.00000 2.50000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 2 4 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
HVENT 2 9 1 0.900000 2.10000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 2 9 1 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
1.00000 1.00000 1.00000 0.000000 0.000000 0.000000 1.00000
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 0.000000
HVENT 2 9 2 0.900000 2.10000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 2 9 2 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
1.00000 1.00000 1.00000 0.000000 0.000000 0.000000 1.00000
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 0.000000
HVENT 3 5 1 2.00000 2.50000 0.000000 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
HVENT 4 5 1 2.00000 2.50000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 4 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
HVENT 5 6 1 10.0000 2.50000 0.000000 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

```

Brandteknisk riskvärdering av Borgsmoskolan

```

1.00000      1.00000      1.00000      1.00000      1.00000      1.00000      1.00000
1.00000
HVENT 6 7 1 5.00000 2.50000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 6 7 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
HVENT 6 8 1 7.00000 2.50000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 6 8 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
HVENT 7 8 1 2.00000 2.50000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 7 8 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
HVENT 7 9 1 0.900000 2.10000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 7 9 1 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
1.00000      1.00000      1.00000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000      0.000000
0.000000
HVENT 8 9 1 4.00000 2.50000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 8 9 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
CHEMI 16.0000 50.0000 10.0000 1.95000E+007 293.150 493.150 0.300000
LFBO 1
LFBT 2
CJET ALL
FPOS -1.00000 -1.00000 0.000000
FTIME 52.0000 104.000 199.000 209.000 210.000 312.000
360.000 361.000 475.000 490.000 542.000 594.000 646.000
698.000 750.000 802.000 854.000 906.000 965.000
FMASS 0.000000 0.00650349 0.0260138 0.0585313 0.104055 0.162587
0.234125 0.318670 0.416222 0.542656 0.542656 0.430347 0.331044
0.244748 0.171459 0.111177 0.0639021 0.0296336 0.00837226 0.000000
FQDOT 0.000000 126818. 507270. 1.14136E+006 2.02908E+006 3.17044E+006
4.56543E+006 6.21406E+006 8.11633E+006 1.05818E+007 1.05818E+007 8.39177E+006
6.45536E+006 4.77259E+006 3.34345E+006 2.16795E+006 1.24609E+006 577855.
163259. 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
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
HEAT 0 0 0 0 3 6 U
HEAT 0 0 0 0 3 7 U
HEAT 0 0 0 0 3 8 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
TEMPE 0 0 0 0 2 6 U
TEMPE 0 0 0 0 2 7 U
TEMPE 0 0 0 0 2 8 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
INTER	0	0	0	0	1	6	U
INTER	0	0	0	0	1	7	U
INTER	0	0	0	0	1	8	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
O2	0	0	0	0	4	6	U

C.2. Handberäkningar

C.2.1. Maxeffekt i rummet

För att beräkna maxeffekten i brandrummet måste luftflödet in i rummet beräknas. Detta utförs enligt formeln

$$\dot{m}_{luft} = 0,5 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0}$$

Där \dot{m}_{luft} är luftflödet in i rummet, A_0 är arean på fönstret och H_0 är höjden på fönstret. Genom att ta fram massan syre som kommer in i rummet och med vetskapen att ett kilogram syre har energiinnehållet 13,2 MJ/kg kan den maximala effekten med de rådande ventilationsförhållandena beräknas.

$$\dot{Q}_{max} = 0,5 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} \cdot 0,23 \cdot 13,2$$

Med arean på fönstren 6,4m² och höjden 1,2m får den maximala effekten värdet 10,6MW.

C.2.2. Energiinnehåll i rummet

Den energi som krävs för en αt^2 -brand beräknas som arean under tillväxtkurvan. Detta beräknas genom

$$Q = \int_0^{t_{max}} \alpha t^2$$

Maxeffekten 10,6MW inträffar efter 475 sekunder med en tillväxthastigheten "fast". Detta ger efter integrering av formeln, energiåtgången 1684MJ. Energi innehållet i PUR är ungefär 24MJ/kg enligt *Lars-Göran Bengtsson "Övertändning, backdraft och brandgasexplosioner sett ur räddningstjänstens perspektiv"*. Detta ger att det måste brinna 70kg PUR-skum. Genom att beräkna den totala volymen PUR-skum som finns i rummet kan densiteten beräknas och se om den är rimlig. Måtten för en madrass är 2,1*0,9*0,1 och det finns 16 stycken i brandrummet.

$$V_{tot} = 2,1 \cdot 0,9 \cdot 0,1 \cdot 16$$

Den totala volymen PUR-madrasser som finns är $3,04\text{m}^3$. Detta ger densiteten $70,0\text{kg}/3,04\text{m}^3 = 23,0\text{kg}/\text{m}^3$. Densiteten för böjbart PUR skum ligger på $15\text{-}32\text{ kg}/\text{m}^3$ enligt V. Babrauskas och S.J. Grayson "Heat release in fires". Till detta kommer sängkläder, kläder, väskor, skolinredning och annat som kan tänkas finnas i klassrum vid övernattnig.

C.2.3. Temperatur i brandgaslagret

För att beräkna vid vilket tid fönstren går sönder och jämföra denna tid med CFAST användes formel 6.11 i "Enclosure Fire Dynamics".

$$\Delta T = 6,85 \left(\frac{\dot{Q}^2}{A_o \sqrt{H_o} h_k A_T} \right)^{1/3}$$

\dot{Q}	effekt
A_o	öppningsarea
H_o	öppningshöjd
h_k	Värmeledningskoefficient
A_T	Total area minus öppning

$$h_k = \frac{A_w}{A_T} \sqrt{\frac{(k\rho c)_w}{t}} + \frac{A_{F,C}}{A_T} \sqrt{\frac{(k\rho c)_{F,C}}{t}}$$

h_k beräknas enligt ovan från formel 6.17 ur "Enclosure Fire Dynamics".

A_w	Area på väggar
$A_{F,C}$	Area hos golv och tak
t	Brand tiden
$k\rho c$	Specifikt värmekapacitet för visst material

Med värden från tabell 6.1 i *Enclosure Fire Dynamics* och längderna på brandrummet fås värdena

A_w	71m^2
$A_{F,C}$	$50,41+50,41=100,82\text{m}^2$
t	200-210 sekunder
$k\rho c_w$	$5,1 \cdot 10^5\text{ W}^2/\text{s}/\text{m}^4\text{K}^2$
$k\rho c_{F,C}$	$2 \cdot 10^6\text{ W}^2/\text{s}/\text{m}^4\text{K}^2$
A_T	$169,93\text{m}^2$

Dessa värden ger $h_k = 80\text{-}81\text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Med detta värde och $\dot{Q} = 1880\text{-}2073\text{kW}$, $A_o = 1,89\text{m}^2$, $H_o = 2,1\text{m}$ och $A_T = 169,93\text{m}^2$ får ΔT värdet $311\text{-}334\text{K}$. Detta överensstämmer med värdet från CFAST och fönstren kommer att gå sönder efter ungefär 200 sekunder från brandens start.

C.2.4. Maxeffekt i scenario 4

För att beräkna den effekt som kan skapas genom de ventilationsförhållanden som råder då dörren är öppen gjordes beräkningar genom:

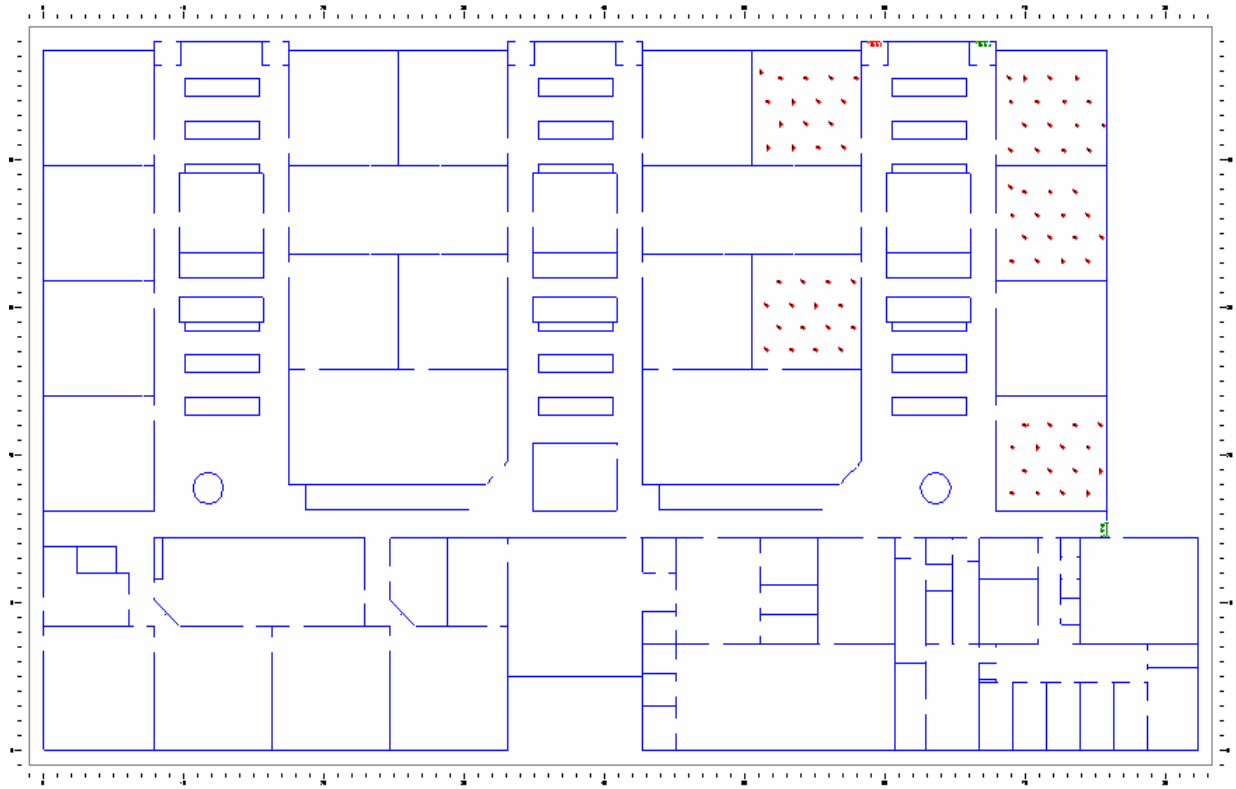
$$\dot{m}_{luft} = 0,5 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0}$$

Där \dot{m}_{luft} är luftflödet in i rummet, A_0 är arean på fönstret och H_0 är höjden på fönstret. Genom att ta fram massan syre som kommer in i rummet och med vetskapen att det kan frigöras en energimängd av 13,2 MJ/kg förbränt syre kan den maximala effekten med de rådande ventilationsförhållandena beräknas.

$$\dot{Q}_{max} = 0,5 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} \cdot 0,23 \cdot 13,2$$

Med arean på fönstren 1,89m² och höjden 2,1m får den maximala effekten värdet 4,15MW.

C.3. SIMULEX simulering



C.3.1. Resultat simulering i SIMULEX

Number of Floors = 1

Number of Staircases = 0

Number of Exits = 3

Number of Links = 0

Number of People = 80

Floor 0 (DXF file: skolaburgsmoc...dxf) (Size: 82.320,48.000 metres)

Number of People Initially in This Floor = 80

Exit 1 : (59.29,47.98 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide

Exit 2 : (66.96,47.99 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide

Exit 3 : (75.84,14.98 m), 180.00 degrees, 0.90 m wide

All people reached the exit in 0:56.1.

Number of people through all exits over 5-second periods

Time(s), N (People)

5	0
10	0
15	1
20	2
25	4
30	7
35	17
40	13
45	18
50	14
55	3
60	1

Bilaga D.

I denna bilaga behandlas mer detaljerat de brister som finns på utrymningsstatusen. Fel och brister kompletteras senare med förslag på åtgärder. Allt redovisas under indelningen skoldel/fritidsdel. Rumsnummer kommer att redovisas för att läsaren lättare skall kunna följa med på ritningar.

D.1. Nuvarande status

Skoldel

Suterrängplan:

- Uppehållsrum, 1010. Utrymning via korridor, 1025 alternativt via lucka direkt till det fria. Vredet på luckan kärvade och vid öppning kommer man rakt ut i rabatten. Utrymning hindras av taggigt buskage.
- Hemkunskap, 1011. Utrymning genom fönster 0,6*0,6 m, bröstning 1,8 m. Alternativ utrymning via uppehållsrum 1010, samt korridor 1025 (se anmärkningar ovan).



Bild 1. Utrymningsfönster hemkunskap

- Dörrar, i trapphus. Hållmagnet släppte inte vid manuell utlösning.

- Lärarrum, 1009. Trästege till utrymningsfönster, höjd till fönster ca 2 meter. Första trappsteg på stegen 1,2 meter högt, vilket nästan omöjliggör användning av stegen. Fönstermått 0,6*0,6 m. Utanför fönstret finns buskage.



Bild II. Utrymningsfönster lärarrum

Bottenplan:

- Basklassrum, 2066-2069. Utrymning sker i första hand via korridor 2065. Alternativ utrymning via fönster 2 st/klassrum å 0,6*0,6 m med bröstning 1,2 meter. Utanför fönstret är avståndet till marken 2,4 meter. Utrymning kan även ske genom de andra klassrummen. Om det brinner i korridor 2065 kan man från klassrum 2066, ta sig till 2067, vidare till 2068, 2069 och därifrån till korridor 2070, vidare till det fria.
- Basrum, 2045 och 2046 utryms via korridor 2052 respektive 2053. Dörrar till rum 2047 saknar dubbelvred, vilket innebär att man endast har en utrymningsväg. Samma situation i basrum 2021 och 2022.

Generellt gäller att dörrar med stängningsautomatik ej slår igen helt vid manuell utlösning.

Fritidsdel

Suterrängplan:

- Biorum, del av 1082. Endast en utrymningsväg, via korridor 1070. Övervägande risk för innebrända. Den alternativa utrymningsvägen är en lucka utformad som reservutgång till skyddsrum d.v.s. stängd med betongblock, kan inte räknas med vid eventuell utrymning.

- Replokal, 1078. Utrymningslucka till fönster, bröstning 1,2 m. Skymd av tavla, skyltning felplacerad.



Bild III. Dold utrymningsväg. Replokal 1078

- Utrymningsfönster från skyddsrum blockerat. Alternativ utrymningsväg för dessa utrymmen via korridor 1070.



Bild IV. Blockerad utrymningsväg. Skyddsrum.

Bottenplan:

- Dörr mellan korridor 2181 och kapprum 2176 saknar vred från korridor till kapprum. Detta omöjliggör utrymning från detta håll. Dessutom är dörren låst, stor del av dygnet.
- Kapprum, 2197. Ytterdörr är försett med sjutillhållarlås och är stor del av tiden låst. Detta har bland annat resulterat i att en elev blivit inlåst över natten.
- Reservutgång, 2204 (utrymning från läktare) var låst och saknar vred.
- Motionsrum, 2193. Fyra utrymningsfönster, bröstning 1m, samtliga kärvar. Alternativ utrymning via korridor 2181 vidare till det fria.
- Omklädningsrum, 2216 och 2209. Utrymning via korridor 2214. alternativ utrymning via utmärkt lucka 0,7*0,7 m, bröstning 0,8 m.



Bild V. Utrymningsväg från omklädningsrum.

Vindsplan:

- Läktare. Dörr mellan läktare och trappa till entré är blockerad av soffa och tv vilket gör att öppningen blir 0,54 m bred vid maximal öppning. Dessutom blockeras dörren på läktarsidan av en basketkorg på golvet.



Bild VI. Blockerad Utrymningsväg från läktare

D.2. Förslag på förbättringar

Skoldel

Suterrängplan:

- Uppehållsrum, 1010. Fungerande vred skall monteras samt röjning utanför bör ske för att säkerhetsställa utrymning.
- Hemkunskap, 1011. Om utrymning skall ske genom fönster skall bröstningen max vara 1,2 m samt fönsterstorlek enligt BBR.
- Lärarrum, 1009. Stegen skall bytas ut, till steg löpande från golv till fönster. Fönsterstorlek kan godkännas, dock bör röjning utanför i rabatt ske. Utrymningsvägen anses inte vara bra, men kan accepteras då personantalet i rummet är lågt.
- Dörrstängare skall kontrolleras så att de uppfyller kraven och stänger vid eventuellt spänningsbortfall, brandlarm och manuell utlösning.

Bottenplan:

- Basklassrum, 2066-2069. Utrymning sker i första hand via korridor 2065, därefter via de andra klassrummen. Alternativ utrymning via fönster kan ej accepteras då avståndet till marken är alldeles för långt. Detta skall endast betraktas som en absolut nödlösning. Därför bör skyltar för fönsterutrymning tas bort. Utrymningsmöjligheterna anses tillgodosedda med de andra två utrymningsvägarna.
- Basrum, 2045 och 2046. Dörrar till rum 2047 skall kompletteras med dubbelvred för att två utrymningsvägar skall erhållas. Ytterligare motivering till detta i scenario 2, kap 3.4. Samma ändringar skall göras i basrum 2021 och 2022.

För att tillgodose stängning av automatiska dörrar skall dessa genomgå översyn och t.ex. gångjärnen smörjas.

Fritidsdel

Suterrängplan:

- Biorum, del av 1082. Betongblock framför alternativ utrymningsväg skall avlägsnas och fönster skall sättas in. Stege till fönster skall monteras, samt skylt för utmärkande av utrymningsväg skall placeras vid fönster.
- Replokal, 1078. Utrymningslucka till fönster skall monteras bort. Tavlan skall avlägsnas. Skylt skall finnas vid fönster.
- Blockerande möbler i skyddsrum skall tas bort.

Bottenplan:

- På dörr mellan korridor 2181 och kapprum 2176 skall engreppstrycke monteras så att utrymning från korridor till kapprum kan säkerhetsställas.
- Kapprum, 2197. Engreppstrycke eller panikregel skall monteras och sjutillhållarlås skall tas bort.

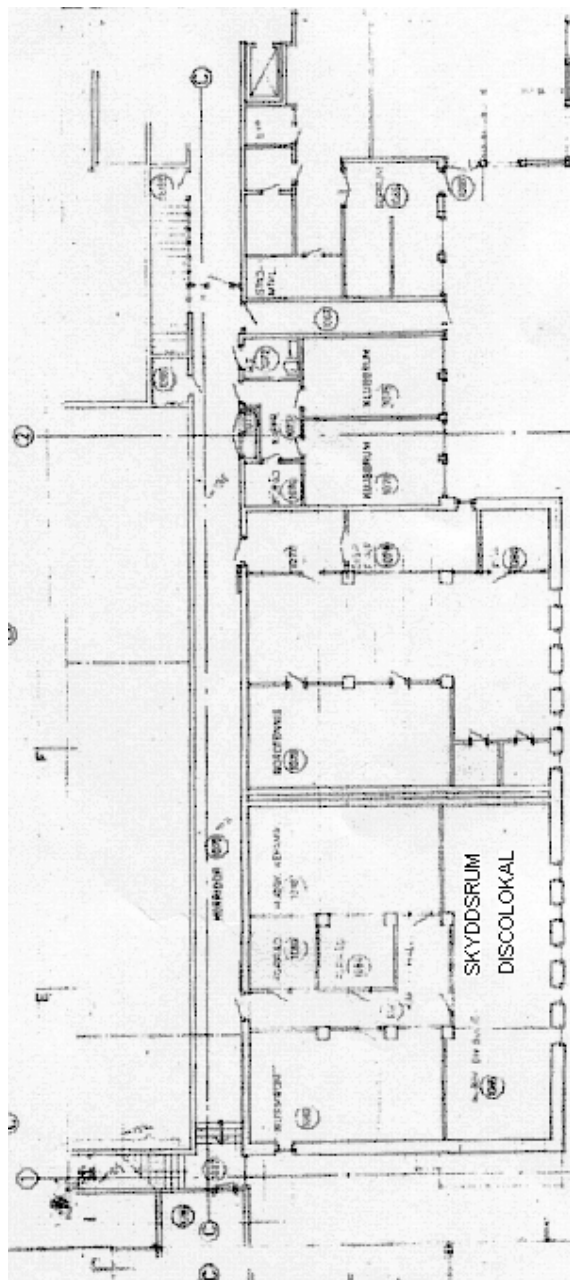
- Reservutgång, 2204 skall kompletteras med engreppstrycke.
- Motionsrum, 2193. Fönster för utrymning skall bytas ut för att säkerhetsställa utrymning. Alternativ utrymning via korridor 2181 vidare till det fria.
- Omklädningsrum, 2216 och 2209. Skyltning, se kap 4.5 vägledande markering.

Vindsplan:

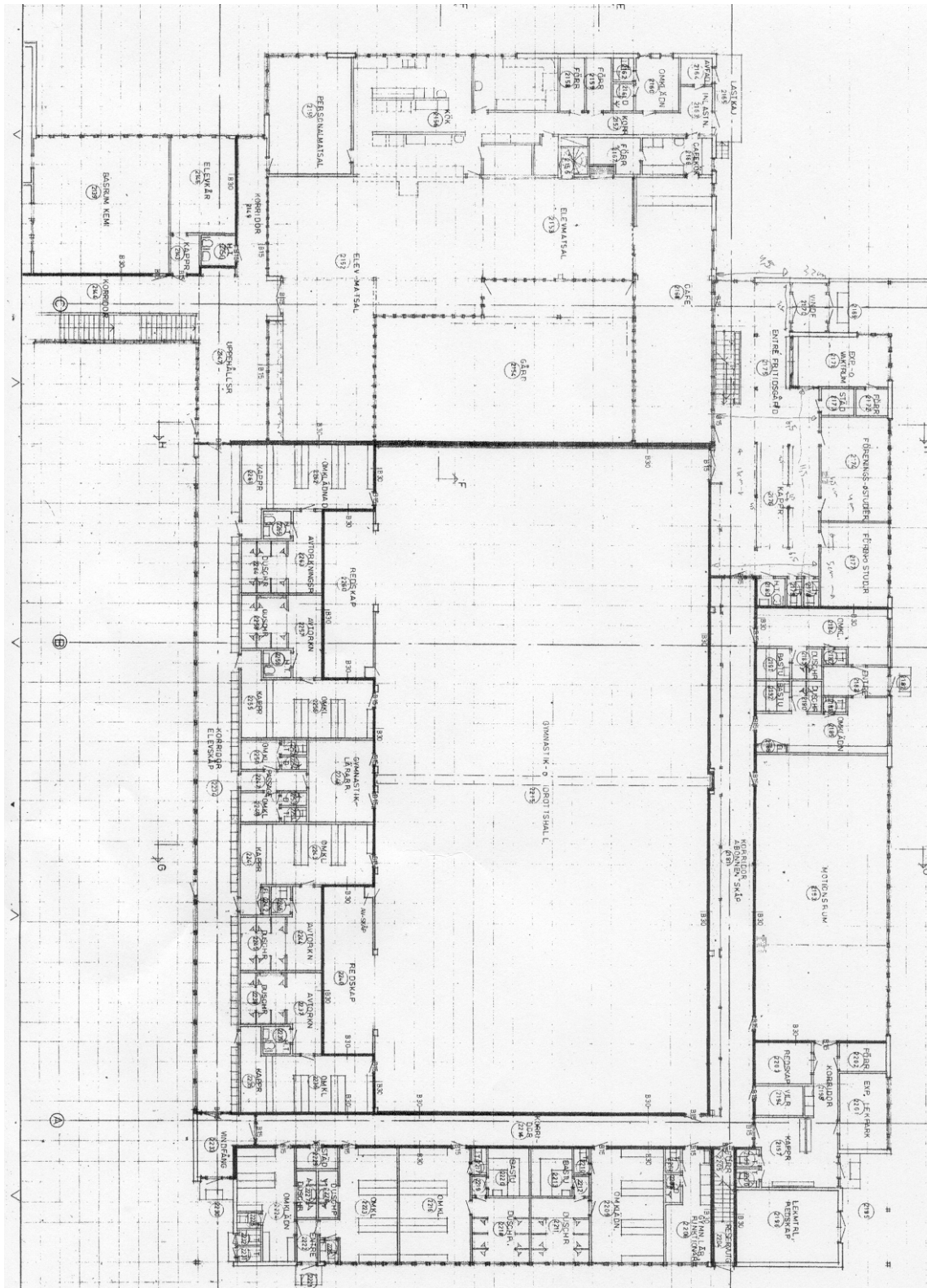
- Läktare. Rummet utanför läktare (mellanplan till trappa) får ej möbleras så att utrymningsväg blockeras. Basketkorgen på insidan skall tas bort. I simulering, scenario 1, kap 3.2. kan ses att den bredd som uppnås då dörren blockeras av soffa och tv, ej är tillräcklig. Detta ger ytterligare motivering till att blockerande möblering skall avlägsnas. Om detta ej sker, kommer utrymning innan kritiska förhållande ej möjliggöras. Till dörr skall monteras panikregel alternativt engreppstrycke som öppnar båda dörrar vid ett tryck.

Bilaga E. Ritningar

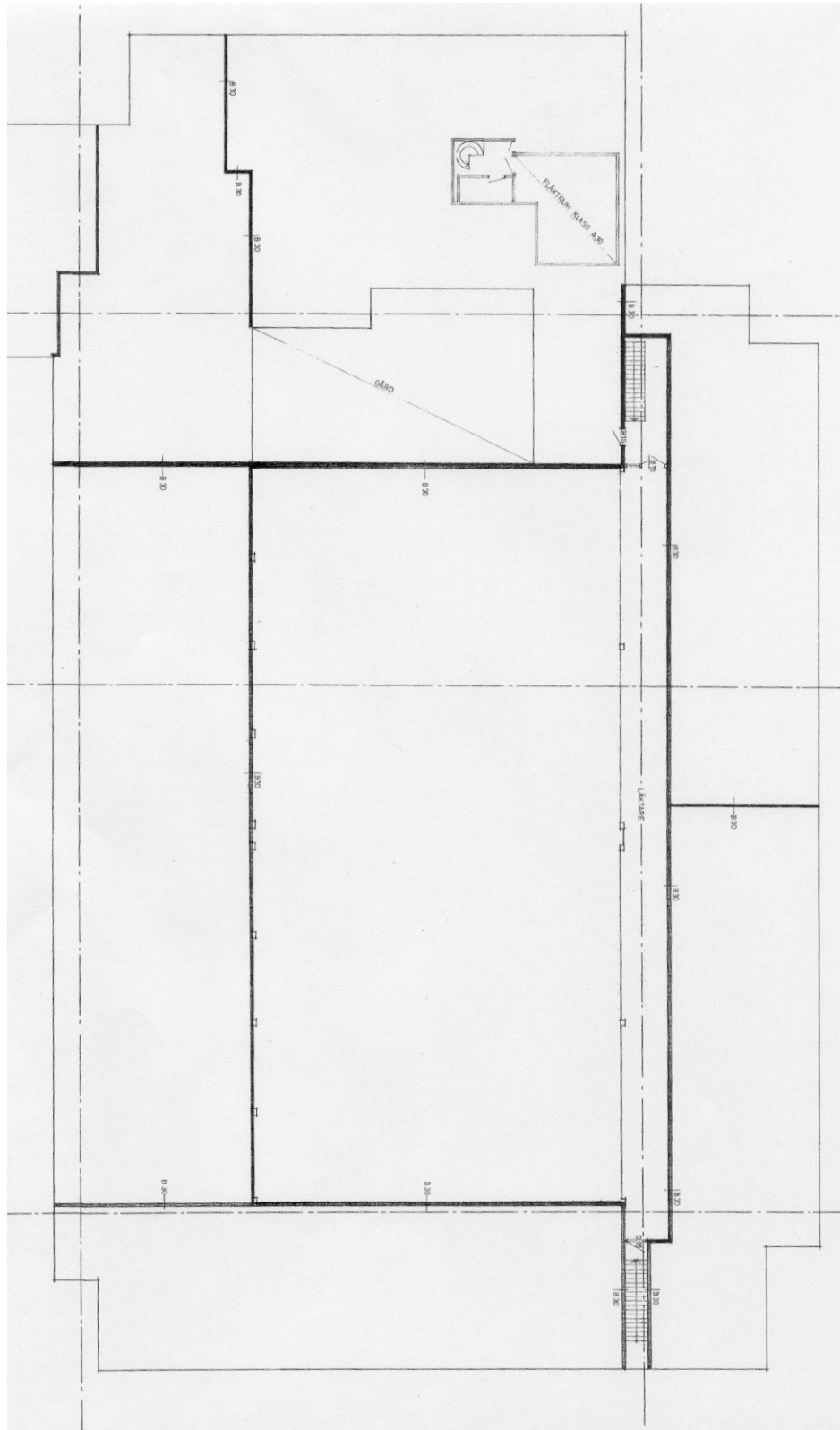
E.1. Fritidsdel suterrängplan



E.2. Fritidsdel bottenplan



E.3. Fritidsdel vindsplan



E.5. Skoldel bottenplan

