

Brandteknik
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet
Rapport 9482
2015-06-03

Brandteknisk riskvärdering av Högsboanstalten, byggnad F



Karolina Lundh
Albin Simonsson
Sara Vallentin
Gustav Wallgren

Brandteknisk riskvärdering av Högsboanstalten, byggnad F

Karolina Lundh

Albin Simonsson

Sara Vallentin

Gustav Wallgren

Lund 2015

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

Titel

Brandteknisk riskvärdering av Högsboanstalten byggnad F

Title

Fire safety evaluation of Högsboanstalten in Gothenburg

Rapport/Report

9482 © Avdelningen för brandteknik. Lunds Tekniska Högskola, 2015

Av/By

Karolina Lundh
Albin Simonsson
Sara Vallentin
Gustav Wallgren

Brandingenjörsprogrammet, Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2015 Fire Safety Engineering Program, Department of Fire Safety Engineering, Lund Institute of Technology, 2015

Abstract

The following report contains a fire safety evaluation of Högsboanstalten in Gothenburg. The purpose of this report is to analyse different fire scenarios to see if the chosen building can be evacuated safely in case of fire. This is done by comparing total evacuation time with the time until critical conditions have been reached. When critical conditions occur, safe evacuation can no longer be guaranteed. One of the main difficulties is that all doors and exits are locked, and thus inmates always need to be assisted by a member of staff to be able to evacuate.

The evacuation time during the day is calculated by hand while evacuation during the night is calculated with the simulation program ERM. The chosen fire scenarios are simulated with CFAST and FDS to calculate time until critical conditions occur. The conclusion from the report is that changes are required as to be able to ensure safe egress from the building. The following improvements must be done:

- The smoke vents in workshop area needs to open automatically in case of detector activation.
- A second emergency exit from the study hall corridor.
- The emergency exit from the workshop area must be cleared.
- The fire sections must be intact.
- New routines for evacuation during nighttime.
- At least one evacuation drill every year.
- Inmates are not to be left without supervision in the workshop area.

Nyckelord

Högsboanstalten, intern, personal, utrymningstid, kritiska förhållanden, CFAST, FDS, ERM

Keywords

Högsboanstalten, inmate, staff, evacuation time, critical conditions, CFAST, FDS, ERM

Framsida/Frontpage

Bildkälla: http://www.kriminalvarden.se/imagevault/publishedmedia/m8f0qjqbpi219fqz81d4/2012_41.jpg

Språk/language

Svenska/Swedish

Avdelningen för brandteknik

Lunds Tekniska Högskola Lund
Box 118
221 00 Lund
Telefon: 046 222 73 00
Hemsida: www.brand.lth.se
E-mail: brand@brand.lth.se

Department of Fire Safety Engineering

Institute of Technology
Box 118
221 00 Lund
Telephone: +46 46 222 73 00
Homepage: www.brand.lth.se
E-mail: brand@brand.lth.se

Sammanfattning

I följande rapport utvärderas brand och utrymningssäkerheten i byggnad F vid Högsboanstalten i Göteborg som en del av kursen brandteknisk riskvärdering. Syftet med rapporten har varit att undersöka om säker utrymning kan ske innan kritiska förhållanden uppstår i byggnaden. Det har gjorts genom att jämföra tiden det tar att utrymma med tiden till dess att kritiska förhållanden uppstår. Rapporten är endast framtagen i studiesyfte och den som åberopar resultatet bär själv ansvaret.

Högsboanstalten är en behandlingsanstalt med säkerhetsklass 2 och verksamheten riktar sig främst till narkotika och blandmissbrukare. På grund av att anstalten är en säkerhetsklassad verksamhet kommer inga specifika detaljer i byggnadens utformning att beskrivas i rapporten. Analysen omfattar endast byggnad F eftersom där har redan problematik med utrymning identifierats. Byggnad F innehåller bland annat 2 avdelningar med plats för 32 intagna, allmänna utrymnen, gym, tvättstuga och klädförråd, verkstad, samt en korridor med rum för studieverksamhet.

De brandscenarier som anses vara de värsta troliga som kan komma att inträffa i byggnaden är brand i cell, brand i pentry eller brand i stora klädförrådet. Med hjälp av simuleringar i datorprogrammen CFAST och FDS beräknas tiden till dess att kritiska förhållanden uppstår.

Utrymningstiderna beräknas för utrymning under dagen och natten. Beräkningar av utrymningsscenarier dagtid görs med handberäkningar för utrymning av en avdelning, tvättstuga, samt korridor med studierum. På natten beräknas endast utrymning av celler i ett cellben med simuleringsprogrammet ERM.

Resultatet bedöms säkert för utrymning från en avdelning under dagtid. Däremot behövs åtgärder genomföras för att säker utrymning ska kunna ske från tvättstugan och korridoren med studierum under dagtid samt utrymning av cellerna nattetid.

Åtgärder som ska genomföras för att utrymning ska kunna säkerställas är:

- Automatisk öppning av brandgasventilation kopplat till detektionssystemet i klädförrådet, tvättstugan och verkstaden.
- En ny utrymningsväg ut till det fria från korridoren ovanför klädförrådet och verkstaden.
- Utrymningsvägen från verkstaden och klädförrådet måste vara fri från brännbart material.
- Upprätthållande av brandcellsgränser måste säkerställas mellan avdelningarna 3 och 4. Förslagsvis med hjälp av magnetuppställare.
- Andra rutiner för utrymning under natten eller utöka personalstyrkan med en person.
- Utrymningsövning ska hållas minst en gång per år.
- Interner får inte lämnas oövervakade i tvättstugan.

Åtgärder som bör genomföras för att öka brand och utrymningssäkerheten är:

- Egna brandceller eller sprinkler i samtliga celler.
- Mer utbildning av personal.
- Grindar mellan rastgårdar bör gå att öppna från båda håll.
- Stigarledning bör installeras vid atriumgården.

Förord och erkännanden

Grupp 11 skulle vilja rikta ett stort tack till personer som har bidragit med information och hjälp under projektets gång. Extra stort tack till Ronny Lindergren för det vänliga bemötande vi fick vid vårt besök på Högsboanstalten. Ett tack riktas även till de ur personalen vid Högsboanstalten som tog sig tid att svara på vår enkät.

Ronny Lindergren	Högsboanstalten
Johan Garå	Högsboanstalten
Johan Wendt	Brandingenjör, räddningstjänsten Storgöteborg
Bjarne Husted	Handledare, docent vid institutionen för brandteknik, LTH
Håkan Franzich	Kursansvarig, docent vid institutionen för brandteknik, LTH

Innehåll

1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte.....	1
1.3 Mål	1
1.4 Metod	1
1.5 Avgränsningar	2
1.6 Begränsningar.....	2
2. Objektsbeskrivning	3
2.1 Anläggningen	3
2.2 Verksamhet.....	5
2.3 Bemanning.....	5
3. Enkätundersökning.....	7
4. Befintligt brandskydd	13
4.1 Detektionssystem.....	13
4.2 Utrymningslarm	13
4.3 Brandgasventilation.....	13
4.4 Släckutrustning.....	13
4.5 Systematiskt brandskyddsarbete.....	13
4.6 Brandcellsindelning	14
4.7 Räddningstjänstens insatsmöjligheter	14
4.8 Rutiner vid utrymning	14
4.9 Utrymningsvägar	15
4.10 Ventilationssystemet	15
5. Brandtekniska krav	17
5.1 Krav på byggnaden 1998	17
5.2 Dagens krav vid nybyggnation	19
6. Ventilation	23
6.1 Teori om ventilation vid brand	23
6.2 Teori om brandgasspridning.....	23
6.3 Befintligt ventilationssystem	24
6.4 Utvärdering av ventilationssystemet	24
7. Skyddsmål.....	25
7.1 Skadekriterier	25
7.2 Brandgaslagrets höjd	25
7.3 Siktbarhet.....	25
7.4 Strålning.....	26
7.5 Temperatur	26
7.6 Toxicitet.....	26
8. Val av brandscenarier.....	27
8.1 Tidigare brandtillbud.....	27

8.2	Möjliga brandscenarier	27
8.3	Utvalda scenarier	31
8.4	Effektutvecklingskurvor	33
8.5	Val av brand till simulering.....	38
9.	Simulering av brandscenarier	39
9.1	Brand i cell	39
9.2	Brand i Pentry	46
9.3	Brand i klädförråd.....	52
10.	Utrymning.....	65
10.1	Utrymningstid	65
10.2	Beteende vid brand	65
10.3	Befintlig utrymningsproblematik.....	66
10.4	Utrymning natt.....	67
10.5	Utrymning dag.....	73
11.	Sammanställning av resultat.....	77
11.1	Brand i cell	77
11.2	Brand i pentry.....	77
11.3	Brand i klädförråd.....	78
12.	Känslighetsanalys	79
12.1	Brand i cell	79
12.2	Brand i pentry.....	81
12.3	Brand i klädförråd.....	82
13.	Åtgärder	87
13.1	Diskussion av åtgärder	87
13.2	Krav på åtgärder	95
13.3	Rekommenderade åtgärder.....	96
14.	Diskussion.....	97
15.	Referenser.....	99
	Bilaga A. Beräkning av effektutvecklingskurvor	I
	Bilaga B. Teori om simuleringsprogram	VII
	Bilaga C. Simulering brand i cell	XI
	Bilaga D. Simulering brand i pentry	XIII
	Bilaga E. Simulering brand i klädförråd.....	XV
	Bilaga F. Handberäkning av utrymningshastigheter dagtid	XIX
	Bilaga G. Indata till ERM	XXI
	Bilaga H. ERM indatafil till Scenario 1	XXIII
	Bilaga I. Kontrollberäkning av ERM	XXV
	Bilaga J. Syrgaskoncentration	XXVII
	Bilaga K. Enkätformulär.....	XXIX
	Bilaga L. Indata till FDS	XXXI

1. Inledning

I följande stycke beskrivs bakgrund, syfte och mål med rapporten. Metoden för genomförandet och avgränsningar samt begränsningar presenteras också.

1.1 Bakgrund

Varje år läser studenter på brandingenjörsprogrammet i Lund kursen Brandteknisk riskvärdering. I kursen tilldelas varje grupp ett objekt som de sedan ska göra en brandteknisk riskvärdering på för att kunna avgöra om byggnaden kan utrymmas säkert i händelse av brand.

Denna rapport handlar om Högsboanstalten som är ett fängelse i sydvästra Göteborg. Under en brandövning på anstalten har ett problem med utrymningen upptäckts som ansvarig personal vill undersöka vidare. Utrymning av fångelser innebär en problematik eftersom majoriteten av människorna som befinner sig i byggnaderna hålls inlåsta. Det är därför extra viktigt att det finns tydliga rutiner vid utrymning i händelse av brand.

1.2 Syfte

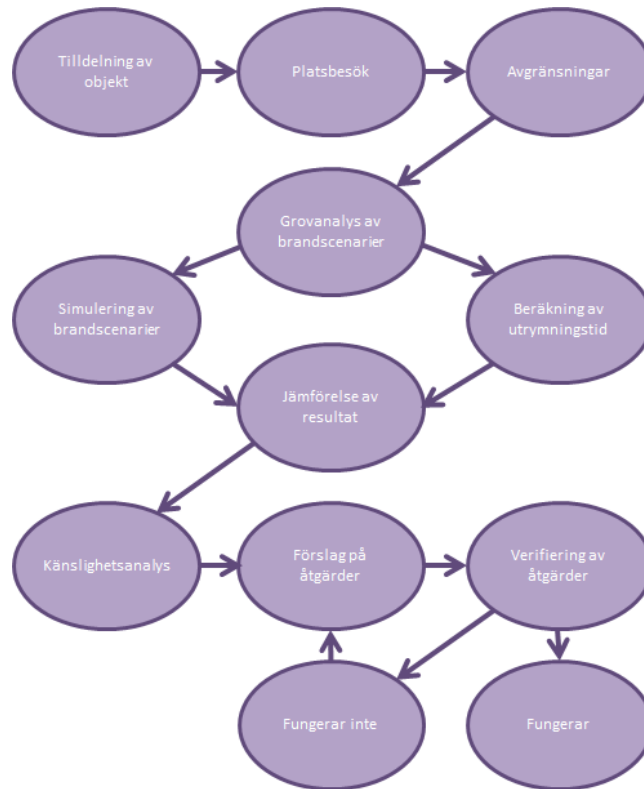
Syftet med kursen är att undersöka huruvida det befintliga brandskyddet är tillräckligt för att anstalten ska kunna utrymmas säkert. Genom att använda nya kunskaper från kursen brandteknisk riskvärdering tillsammans med kunskap från tidigare kurser utvärderas personskyddet vid händelse av brand i det tilldelade objektet. Samtidigt är syftet att öka ingenjörsmässigheten samt förmågan att kunna bygga och analysera modeller när olika scenarier simuleras.

1.3 Mål

Målet med rapporten är utvärdera det nuvarande brandskyddet och säkerhetsnivån vid Högsboanstalten i Göteborg. Detta ska göras genom att jämföra tiden till kritiska förhållanden uppstår och tiden det tar att utrymma. Om säkerheten anses bristfällig ska förslag på förbättringar ges.

1.4 Metod

Genom att tillämpa olika metoder från undervisningen utvärderas det befintliga brandskyddet på Högsboanstalten. I Figur 1 visas flödet över arbetsupplägget för genomförandet.



Figur 1. Schematisk bild över arbetsprocessen. Från tilldelning av objekt till förslag på åtgärder.

För att avgöra om byggnaden kan utrymmas på ett säkert sätt jämförs tiden det tar tills kritiska förhållanden uppstår med tiden det tar för utrymning. Tiden till kritiska förhållanden tas fram med simuleringar i datorprogrammen CFAST och FDS. Utrymningstiden beräknas på dagtid för hand medan utrymningstider på natten beräknas med simuleringssystemet ERM. För att en säker utrymning ska kunna ske ska den totala tiden för utrymningen vara mindre än tiden tills kritiska förhållanden uppstår.

1.5 Avgränsningar

Denna rapport kommer endast att beröra brand och utrymningssäkerhet i byggnad F. Detta är i enlighet med önskemål från Högsboanstalten eftersom de har identifierat utrymningsproblematik i denna byggnad.

I rapporten kommer endast personsäkerhet att tas hänsyn till. Materiella förluster, konstruktionens hållfasthet vid brand eller säkerheten för brandmän vid räddningsinsats kommer därför inte beaktas.

1.6 Begränsningar

På grund av att det är en säkerhetsklassad verksamhet kommer inga specifika detaljer i byggnadens utformning att beskrivas i rapporten. Anstalten har inte kunnat delge ritningar eller utförliga beskrivningar av ventilationssystemet och andra byggnadstekniska delar. Rapporten kommer till en del vara begränsad då endast godkända skisser och bilder av anstalten används.

2. Objektsbeskrivning

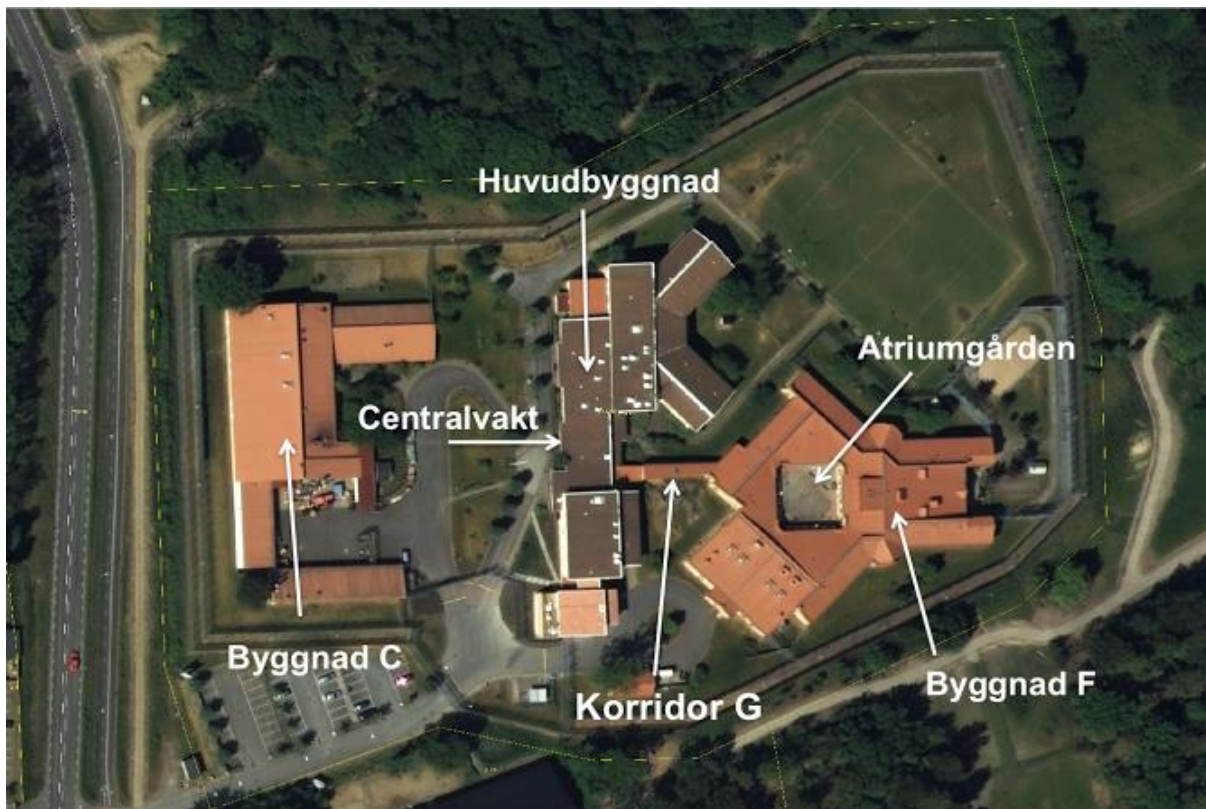
I följande avsnitt ges en beskrivning av Högsboanstaltens fastighet, verksamhet och bemanning. Anstalten ligger avskilt i Högsboindustriområde i södra Göteborg och gränsar till naturområdet Änggårdsbergen, se Figur 2 nedan.



Figur 2. Karta över södra Göteborg. Den röda markeringen visar Högsboanstaltens placering (Google Maps).

2.1 Anläggningen

Högsboanstalten består av tre stora byggnader. Det finns fyra avdelningar med intagna på anstalten och varje avdelning delas upp i ett cellblock. På området finns, förutom byggnaderna som presenteras nedan, en fotbollsplan, en grillplats samt två rastgårdar. Gemensamt för anstalten är att det råder ett strikt rökförbud inomhus och rökning är endast tillåtet utomhus på rastgårdarna. De olika delarna av anläggningen är utmärkta i Figur 3.



Figur 3. Bild över anläggningen där de omnämnda delarna är utmarkerade (Lindergren, 2015).

2.1.1 Huvudbyggnad

I huvudbyggnaden återfinns centralvakten och två cellblock, se Figur 3. På avdelningarna 1 och 2 sitter upp till 45 intagna samtidigt och cellerna är uppdelade på fyra korridorer per avdelning. En korridor med celler kallas ett cellben och två cellben utgör ett cellblock. Förutom de intagnas celler finns det två duschar, ett pentry och en tv-hörna på varje cellben. Cellblocken har en gemensam matsal i huvudbyggnaden där mat serveras. I anslutning till cellblocken i huvudbyggnaden ligger en gymnastiksal och en rastgård. Huvudbyggnaden är utbyggd med en nyare del som innehåller kontor och personalmatsal. Byggnaden är delvis i två plan och har källare under vissa delar. I källaren finns ett personalgym samt förvaring. Huvudbyggnaden och byggnad F binds ihop av en lång korridor som kallas för G-korridoren, se Figur 3.

2.1.2 Byggnad C

I byggnad C finns en träverkstad samt skollokaler, se Figur 3. Byggnaden är i ett plan och innehåller även ett fläktrum för byggnaden och ett förråd. Denna byggnad ligger ca 50 meter från de övriga men inget besök gjordes där då den inte kommer att behandlas i rapporten.

2.1.3 Byggnad F

Byggnad F är byggd som en fyrkant med en atriumgård i mitten som används som rastgård, se Figur 3. Cellblocken som ligger här kallas för 3-4an och består av avdelningarna 3 och 4 med plats för 16 intagna per avdelning. Avdelning 3-4 har då totalt plats för 32 intagna.

Varje cellben består av 8 celler med ett gemensamt pentry innehållande två kokplattor, vattenkokare, kaffekokare samt sittplats. Kokplattorna, vattenkokaren och kaffekokaren är alla utrustade med timer. Varje avdelning sköter matlagningen gemensamt och har då ett större kök att tillgå. Utöver celler finns det i byggnaden uppehållsrum, gym, bastu, bönerum, besöksrum, tvättstuga, verkstad, klädförråd, studierum, samt kontor. En trappa ner finns ett musikrum, ett programrum samt ett fläktrum. Det finns även en sjukavdelning bestående av två celler med plats för 4 intagna och två observationsceller.

2.2 Verksamhet

Högsboanstalten är en behandlingsanstalt i säkerhetsklass 2 vilket är den näst högsta klassen av fängelser i Sverige (Kriminalvården, 2015). Anstalten öppnades 1990 men byggdes 1998 ut med 34 platser som till en början fungerade som häkte. Idag har anstalten kapacitet att ta emot 83 interner.

Anstaltens verksamhet riktar sig främst till narkotika- och blandmissbrukare. Personalen visiterar dagligen celler och andra utrymmen för att förhindra förekomst av droger eller andra förbjudna föremål. Sedan hösten 2010 har anstalten ett antal platser för substitutionsbehandling av opiatmissbrukare.

På anstalten finns flera skolutbildningar för vuxna på grundläggande och gymnasial nivå. Dessutom finns svenska för invandrare samt läs- och skrivträning. Då anstalten främst riktar sig till narkotikamissbrukare finns flera behandlingsprogram som de intagna kan delta i. Dagtid sysselsätts internerna med olika arbeten inom träindustri, montering eller service som städ, tvätt, kökshandräckning med mera.

2.3 Bemanning

Totalt på anstalten finns ca 60 anställda. På dagtid är varje avdelning bemannad med fyra personer ur personalen varav två är stationerade i vaktkuren. Då avdelning 3 och 4 ligger i hus F är då det minsta antalet anställda i denna byggnad åtta personer. Under natten är det endast tre i personalen på hela anstalten, av vilka två sover medan en person är vaken och alltid bemannar centralvakten.

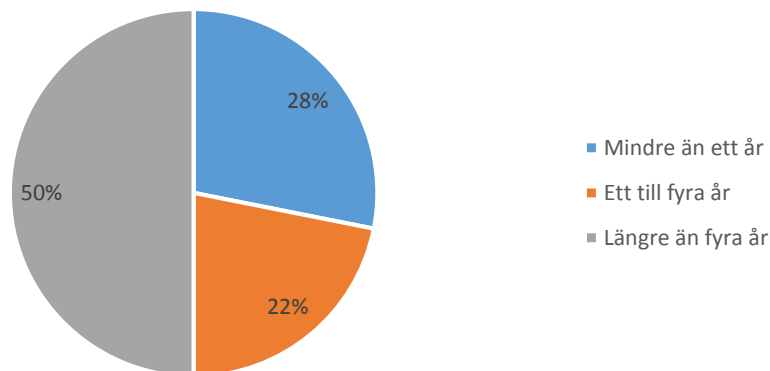
På anstalten hanteras inga interner ensamma av personal utan man är alltid två och två. Detta för att undvika att personal på något sätt blir utsatta för fara.

3. Enkätundersökning

En utrymning av internerna på anstalten är svår och mycket beroende hur personalen reagerar och handlar. Det är viktigt att personalen har god kännedom om vad de ska göra vid en eventuell brand. Enkätens syfte var att få en uppfattning om hur bra kunskap personalen har och hur trygga de känner sig med rutinerna vid en eventuell brand. Enkäten bestod av 9 stycken frågor och 32 stycken av personalen svarade vilket motsvarar ungefär hälften av anstaltens anställda. Enkäten återfinns i Bilaga K.

Hur lång tid har du arbetat på Högsbo?

I Figur 4 nedan beskriver hur lång tid de anställda som svarat på enkäten hade arbetat på anstalten fördelat i procent.

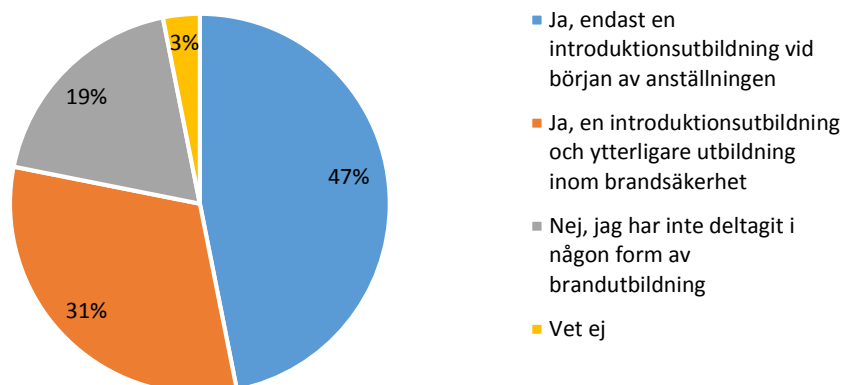


Figur 4. Andel anställda i mer än fyra år, mellan ett och fyra år samt mindre än ett år.

Hälften av de anställda som svarat på enkäten hade varit anställda i mer än fyra år. Alltså verkar det vara låg personalomsättning och de anställda kan anses vara erfarna.

Har du deltagit i någon brandutbildning efter du börjat din anställning på anstalten?

I Figur 5 beskrivs de olika utbildningar genomförda av de anställda som svarat på enkäten.

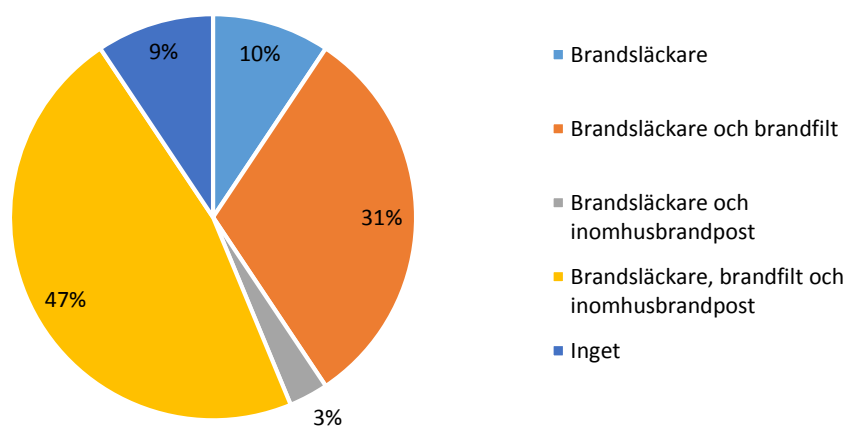


Figur 5. Utbildningar inom brand som de anställda hade genomfört.

Som kan avläsas i figuren ovan har nästan hälften endast tagit del av en introduktionsutbildning i början av anställningen. Dock har 30 procent gått både en introduktionsutbildning samt en ytterligare utbildning inom brandsäkerhet. 20 procent saknar helt utbildning inom brandsäkerhet.

Har du utbildning eller erfarenhet av att använda följande släckutrustning?

I Figur 6 nedan kan utbildning eller erfarenhet av olika släckutrustning ses.

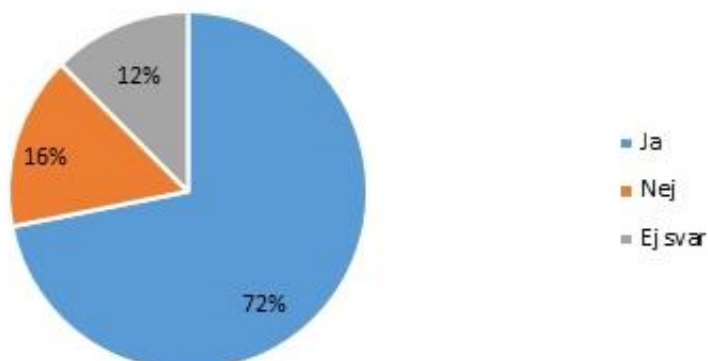


Figur 6. Utbildning eller erfarenhet av att använda olika släckutrustning.

Nästan hälften av personalen som svarade på enkäten hade utbildning eller erfarenhet av både brandsläckare, inomhusbrandpost och brandfilt. 10 procent hade dock ingen erfarenhet eller utbildning av något släckredskap.

Vet du var handbrandsläckarna på anstalten är placerade?

Figur 7 nedan visar hur de anställda svarade på om de visste vart handbrandsläckarna på anstalten är placerade.

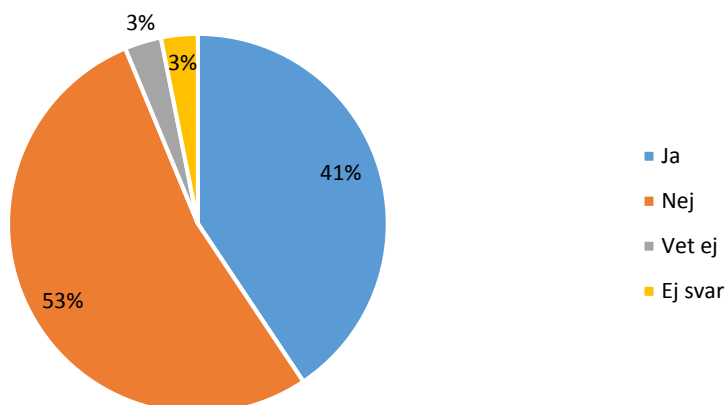


Figur 7. Fördelning över hur många som vet vart handbrandsläckare är placerade.

70 procent vet vart handbrandsläckarna är placerade på anstalten. 30 procent antingen vet inte eller har inte svarat på frågan. Dock svarade alla som jobbat mindre än ett år att de visste vart handbrandsläckare fanns. Eventuellt kan siffrorna vara något missvisande då personal kan ha tolkat frågan som om att det gällde hela anläggningen och inte bara i den byggnad de jobbar i.

Har du deltagit i någon utrymningsövning på anstalten? Om ja, för hur länge sedan?

I Figur 8 nedan visas svar på hur många anställda som deltagit i en utrymningsövning på anstalten.

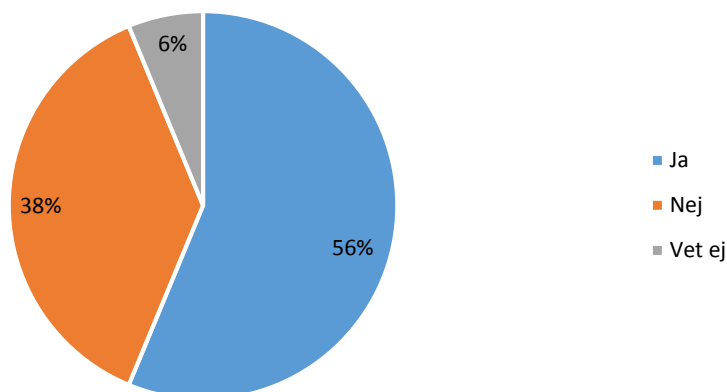


Figur 8. Andel som deltagit i en utrymningsövning på anstalten.

Lite mer än hälften av de som svarade på enkäten hade inte deltagit i någon utrymningsövning. Ungefär 40 procent av de som svarade hade deltagit i en utrymningsövning. Av dessa hade två deltagit i en övning för två år sedan och sju hade deltagit i en övning för ungefär ett år sedan.

Känner du dig säker på vad du ska göra i en utrymningsituation?

I Figur 9 nedan visas en fördelning över om personalen känner sig säkra i en utrymningsituation.

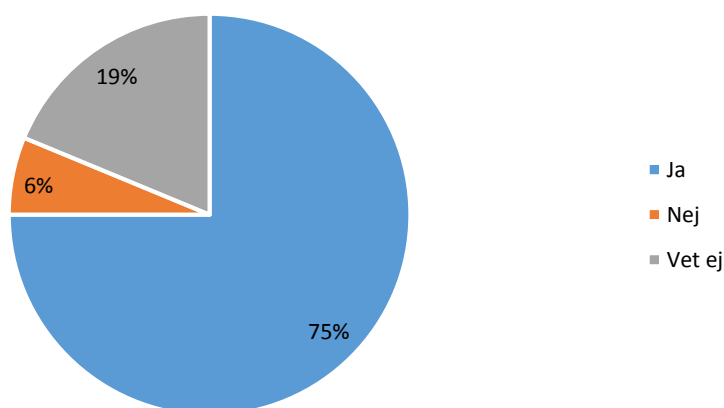


Figur 9. Andel som känner sig säkra i en utrymningsituation.

Mer än hälften av personalen som svarade på enkäten känner sig säkra på vad de ska göra i en utrymningsituation, men nästan 40 procent gör det inte. Att många känner sig osäkra kan bero på att de fått för lite utbildning och övning. Att personal känner sig osäkra kan leda till att misstag görs och att en utrymning tar längre tid än nödvändigt.

Har du tagit del av anstaltens utrymningsplan?

I Figur 10 nedan visas fördelningen av de anställdas svar huruvida de tagit del av anstaltens utrymningsplan eller inte.

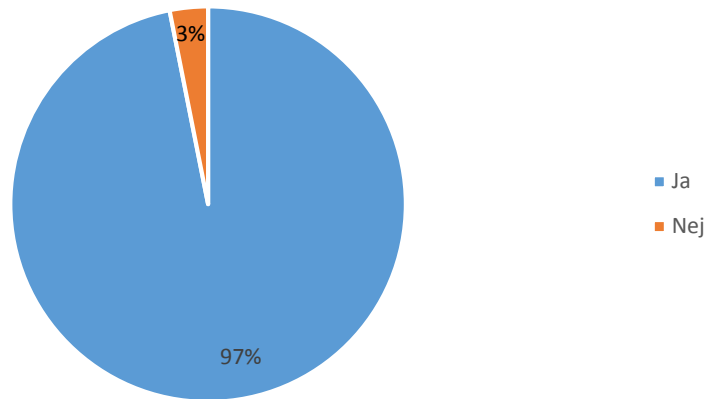


Figur 10. Andel som har tagit del av anstaltens utrymningsplan.

75 procent av de anställda som svarade på enkäten svarar att de har tagit del av anstaltens utrymningsplan.

Vet du vart du kan vända dig om du är osäker gällande rutiner för brand och utrymning?

I Figur 11 nedan beskrivs andelen som vet vart de ska vända sig då de är osäkra gällande rutiner för brand och utrymning.



Figur 11. Andel som vet vart de ska vända sig vid osäkerhet angående rutiner för brand och utrymning.

Endast 3 procent känner sig osäkra vilket betyder att i stort sätt alla som svarade att de vet vart de ska vända sig om de känner sig osäkra gällande rutiner för brand och utrymning. Detta tyder på att de blir bra informerade av ansvarig personal.

I slutet av enkäten fanns plats att lämna egna kommentarer och synpunkter vilka genomgående angav att personalen ville ha mer utbildning inom brandsäkerhet. Många känner sig osäkra trots att de i princip vet vad som ska göras i en utrymningssituation och anser att det behövs mer utbildning och repetition. Förslag på att internerna ska få bättre utbildning och direktiv om vad som gäller vid en eventuell brand kom också fram.

Enkätundersökningen ger svar på hur pass säkra personalen känner sig vid en utrymningssituation. Av de 32 anställda som svarade på enkäten känner sig 40 procent inte säkra. Av de kommentarer som lämnades känner sig många osäkra och vill ha mer utbildning och övningar. De flesta känner sig säkra på att använda handbrandsläckare men inte inomhusbrandposter. Detta kan vara en bra sak att lägga i en utbildning eller årlig repetition så personalen känner sig trygga med all släckutrustning. Att i stort sett alla vet vart de ska vända sig om de är osäkra på rutiner gällande brand och utrymning visar att personalen har fått klara besked på vem som är ansvarig inom det området och att de kan söka upp information som de saknar.

4. Befintligt brandskydd

Det befintliga brandskyddet i byggnaden består av ett detektionssystem, brandgasventilation samt diverse annan släckutrustning som brandsläckare och inomhusbrandposter. Inget sprinklersystem finns i byggnaden. Nedan beskrivs varje del mer ingående.

4.1 Detektionssystem

Detektionssystemet består av värmedetektorer i köken och rökdetektorer i övriga delar av byggnaden. Samtliga deckare är kopplat till ett automatiskt brandlarmsystem med larmlagring. Vid larm har personalen 2 minuter på sig att kvittera larmet och sedan följer 5 minuters undersökningstid innan det automatiskt kopplas vidare till räddningstjänsten.

4.2 Utrymningslarm

I samtliga gemensamma lokaler finns ett utrymningslarm i form av larmklockor. Dock saknar cellbenen klockor men larmet hörs in genom dörrarna som leder in till de allmänna utrymmena.

4.3 Brandgasventilation

Brandgasventilation finns i verkstaden och klädförrådet i form av två rökluckor per lokal vilket blir fyra totalt. Dessa luckor öppnas manuellt från vaktkuren som är placerad mitt emellan rummen. Luckorna har en uppskattad area på 2 m² vardera och kan öppnas minst 45 grader. Under luckorna finns galler monterat som gör att skalskyddet inte bryts om luckorna öppnas.

4.4 Släckutrustning

Inomhusbrandposter finns utplacerade i byggnaden så att alla utrymmen kan nås. Slangarna är 25 m långa och förvaras i låsta skåp för att förhindra missbruk. I hus F finns 7 stycken inomhusbrandposter och kontroll av dessa sker en gång per år.

På vissa ställen kompletteras inomhusbrandposterna med handbrandsläckare. Dessa är placerade så att interner inte kan komma åt dem, t.ex. i låsta personalutrymmen eller i vaktkurer för att undvika missbruk. I hus F finns 9 handbrandsläckare utplacerade vilka kontrolleras en gång per år. Brandfiltar samt sjukhusväska finns i samtliga vaktkurer.

4.5 Systematiskt brandskyddsarbete

På anstalten kontrolleras brandskyddet systematiskt med hjälp av kvartals och halvårskontroller. Alla kontrollerna dokumenteras skriftligt med hjälp av färdiga formulär.

I kvartalskontrollerna som genomförs i januari, april, juli och oktober kontrolleras utrymning, släckutrustning, brandrisker och förebyggande åtgärder så som skräp i korridorer, uppställda dörrar m.m. I kvartalskontrollerna som genomförs i februari, maj, augusti och november kontrolleras släckutrustning och förebyggande åtgärder på samma sätt som tidigare. Utöver detta kontrolleras eventuella möjliga brandrisker som identifierats kunna förekomma på anstalten.

I halvårsrapporterna kontrolleras alla dokument som rör brandsäkerheten samt att brandlarmsystemet fungerar. Dessa rapporter sker i januari och i juni månad.

4.6 Brandcellsindelning

Varje avdelning innefattar en egen brandcell och ska klara att stå emot brand i 60 minuter. Detta innebär alltså att avdelning 3 är en brandcell och avdelning 4 en annan.

Ett cellben skiljs från resterande utrymmen i brandcellen med en dörr med klassning RI30. Varje celldörr på både avdelning 3 och 4 har klass RI30.

4.7 Räddningstjänstens insatsmöjligheter

Första station som larmas ut är Västra Frölunda vilken är den station som ligger närmst Högsboanstalten och har en framkörningstid på ca 10 min (Wendt, 2015). Andra stationen som kallas ut är Mölndal vilka har en något längre framkörningstid.

Det finns två olika förslag på vilken angreppsväg som är mest lämplig vid brand i cell på 3-4an. Ena angreppsvägen är in genom utrymningsvägen från klädförrådet och verkstaden och sedan genom byggnaden till cellerna. Den andra vägen är med hjälp av att ta stegbilen över taket och sedan angripa branden via atriumgården. Om det andra förslaget ska användas är ett önskemål från räddningstjänsten att en stigarledning installeras in till atriumgården så att inga slangar behöver dras över taket. Båda vägarna fungerar men angreppsvägen över taket anses som den mest effektiva förutsatt att en stigarledning installeras (Lindergren, 2015). Redan i brandskyddsdokumentationen framgår det att åtkomligheten till byggnad F är dålig.

På området finns endast en utomhusbrandpost lokaliserad precis innanför första grinden. Om mer vatten behövs finns ytterligare brandposter på vägen utanför anstalten.

4.8 Rutiner vid utrymning

På Högsboanstalten finns utarbetade riktlinjer för personalens uppgifter när det automatiska brandlarmet löser ut. Personalen har via anstaltens datorer tillgång till dessa rutiner. När en detektor löser ut går larmet hos centralvakten. Där kan de avläsa exakt vilken detektor som löst ut och kontaktar därefter den person ur personalen som befinner sig närmst den eventuella branden. Personalen kontrollerar utrymmet och rapporterar tillbaka till centralvakten om en brand verkligen existerar. Är det en brand tas beslut om utrymning ska påbörjas. Som tidigare beskrivits får personalen inte hantera interner ensamma. Vid en utrymning av interner måste därför alltid minst två ur personalen medverka för det ska gå att genomföra.

I första hand utryms de intagna internt inom byggnaden till intilliggande brandceller. Om det inte är möjligt utryms byggnaden ut till det fria via utrymningsdörrar. Utrymningsdörrarna hålls låsta och på grund av risken för gisslantagande har ingen i personalen nycklar. Om utrymning måste ske ut till det fria hämtas nycklar till utrymningsdörrarna från centralvakten och personalen går sedan runt och öppnar dörrarna utifrån. Personalen springer aldrig utan går alltid i lugn takt.

Det finns även rutiner för interner i händelse av brand på natten. De uppmanas då att lägga sig ner på golvet i sina celler och vänta på vidare assistans och instruktioner från personalen.

4.9 Utrymningsvägar

Alla utrymningsdörrar och vägar ska vara tydligt markerade med en utrymningsskylt. Vid besöket fanns skyltar vid alla utrymningsdörrar, men en del var i ganska dåligt skick. En uppdatering av skyltarna pågår stegvis i nuläget. När en skylt går sönder byts den ut mot en mer modern skylt. Utrymningsskyltar för intern utrymning borde också finnas på anstalten så som mellan avdelningarna, ut från korridoren med studierum samt från stora klädförrådet.

Utrymningsvägar och dörrar får inte blockeras. De flesta utrymningsdörrar och vägar var vid besöket fria från möbler och annat material förutom utrymningsvägen ut till det fria från klädförrådet och verkstaden.

Dörrar mellan brandceller får inte ställas upp. Vid besöket sågs flera branddörrar stå uppställda med kil som till exempel dörren mellan avdelningarna och dörren mellan tvättstugan och klädförrådet.

Utrymningsvägarna ut till det fria från cellbenen är formade som liggande dörrar och benämns i den här rapporten som utrymningsluckor. Luckorna är 1 meter breda och 0,6 meter höga. Resterande utrymningsvägar från andra delar av byggnaden är utformade som vanliga dörrar.

4.10 Ventilationssystemet

I byggnaden finns ett till- och frånluftsystem som stängs av vid en brand. Mellan varje brandcell finns brandspjäll som stängs vid detektion av brand. Mer omfattande teori om ventilationssystem finns i kapitel 6.

5. Brandtekniska krav

I följande avsnitt ges en beskrivning av de lagar och föreskrifter som gäller för Högsboanstalten.

5.1 Krav på byggnaden 1998

De brandtekniska kraven är presenterade i en brandskyddsdocumentation för byggnaden. Vid uppförandet av byggnad F år 1998 var det BBR 94 som var de byggregler som följdes och byggnaden blev indelad i brandtekniskklass BR1. All information i 5.1.1 - 5.1.8 nedan kommer från (Boverket, 1995).

5.1.1 Ytterväggar, taktäckning och fönster i fasad

Ytterväggar ska utformas så att väggkonstruktionen uppfyller sin brandavskiljande funktion gentemot andra brandceller och att brandspridning i väggen längs fasadytan begränsas med hänsyn till byggnadens ändamål samt möjligheten till brandsläckning. De ska dessutom utformas så att risken för spridning via fönster begränsas och att delar av väggen inte faller ner vid brand.

Taktäckning på byggnader ska utformas på sådant sätt att brandspridning försvåras. Taktäckning på obrännbara underlag får utföras med material i brandteknisk klass T och på brännbara underlag skall det utföras med obrännbart material utom i sådana fall då viss brandspridning kan tillåtas ske.

Fönster i innerhorn mellan skilda brandceller skall inom 3 meter utföras med en ruta i F30/EI30.

Ytterväggar och taktäckning vid lägre belägna tak skall utformas så att brand inte snabbt sprids från vindsutrymmen till annan brandcell ovanför taket i samma eller närbelägna byggnader.

5.1.2 Stomme och bjälklag

Bärande konstruktioner skall utformas och dimensioneras så att säkerheten mot materialbrott och instabilitet är betryggande vid brand och föreskriven last.

Vertikalt bärverk samt stomstabiliserande horisontellt bärverk skall utföras i brandteknisk klass R60. Ej stomstabiliserande horisontellt bärverk skall utföras i lägst brandteknisk klass R60. Trapplopp och trappplan i trapphus skall utföras i lägst brandteknisk klass R30.

5.1.3 Ytskikt och rörisolering

Krav på vilka ytskikt som ska användas finns beskrivna i Tabell 1.

Tabell 1. Beskrivning av krav på ytskikten i utrymningsvägar och övriga rum.

Yta	Ytskiktsklass
Takytor	Lägst klass B-s1,d0 (klass I) fäst på material av A2-s1,d0 (obrännbart material) eller på tändskyddande beklädnad.
Invändiga väggytor i utrymningsvägar, lokaler för brandfarlig verksamhet	Lägst klass B-s1,d0 (klass I) fäst på material av A2-s1,d0 (obrännbart material) eller på tändskyddande beklädnad.
Invändiga väggytor i övriga rum	Lägst klass C-s2,d0 (klass II).
Golvbeläggning i lokaler för brandfarlig verksamhet	Lägst klass D _{fl-s1} (klass G)
Golvbeläggning i utrymningsvägar	Lägst klass C _{fl-s1} (klass G)

Ytskikt på friliggande rörledningar i mindre omfattning kan utföras i lägst klass PI. Om rörisoleringen täcker en större yta än 20 % av takytan i den aktuella lokalen bör isoleringen uppfylla samma krav som ställs för taket.

5.1.4 Dörrar och invändiga glaspartier

Dörrar mellan trapphus och brandceller ska uppfylla klass F30-s och invändiga glaspartier i brandcellsgräns ska allmänt vara utförda i klass F30.

5.1.5 Ventilation

För att förhindra brandgasspridning mellan brandceller används antingen brandgasspjäll i täthetstyp 4 och brandklassade i F60/E60 eller brand/brandgasspjäll i täthetstyp 4 och brandklassade i A60/EI60. Spjäll ska motioneras var 48:e timme.

Imkanal från kök, pentry och storkök ska vara utformad i brandteknisk klass EI60. Dock kan imkanaler vara oisolerade inom brandcellen om det finns en minst 50 mm bred luftspalt mellan kanaler och brännbara byggnadsdelar.

5.1.6 Brandspridning och skydd mot uppkomst av brand

För att skydda mot att en brand sprider sig till en annan byggnad ska avståndet vara minst 8 meter mellan intilliggande byggnader. Alla väggar som är brandcellsskiljande ska i allmänhet utföras i lägst brandteknisk klass EI60. Korridorer inom samma brandcell ska avskiljas i lägst klass E30 från angränsande rum.

Förvaring och hantering av brandfarlig vara skall uppfylla sprängämnesinspektionens föreskrifter. Spis/kaffebryggare ska förses med timer med högst 60 minuters gångtid.

5.1.7 Utrymningsvägar och tillträdesvägar

Utrymning kan ske horisontellt till annan brandcell/avdelning eller till det fria via trapphus eller fasadstegar i anslutning till luckor i gavlar på respektive avdelning. Dörrar i och mot utrymningsvägar ska ha en minsta fri bredd på 0,8 meter och i allmänhet öppnas utåt. Dörrar för slutna avdelningar är normalt låsta och endast öppningsbara av personal.

Fönster och luckor som används som utrymningsväg ska ha öppningmått med en höjd på minst 0,6 meter och en bredd på minst 0,5 meter. Summan av bredden och höjden ska vara större eller lika med 1,5 meter. Luckor som används för utrymning är endast öppningsbara med nyckel utifrån.

Det ska finnas en särskild räddningsväg då byggnaden inte går att nå via gatunätet. Vägen ska vara skyltad och ha uppställningsplatser som rymmer räddningstjänstens fordon. Detta är dock något som i dagsläget ännu saknas.

5.1.8 Utrymningsutrustning

Alla utrymningsvägar ska skyltas med genomlysta vägledande markeringar. Vid strömavbrott skall vägledande markeringar fungera med avsedd belysning under minst 60 minuter. Lokalerna ska vara försedda med nödbelysning.

5.2 Dagens krav vid nybyggnation

Om anstalten skulle uppföras eller byggas om idag gäller andra krav än vid byggnationen 1998. Den nya lagstiftningen som presenteras i nedanstående avsnitt jämförs med de kraven som gällde för anstalten då den uppfördes. Jämförelsen görs för att få en överblick av skillnaderna mot dagens krav.

Byggnader delas, beroende på avsedd verksamhet, in i verksamhetsklasser och fängelser ingår i verksamhetsklass 5D. Byggnaden delas även in i byggnadsklass 0 där fängelser och andra byggnader med ett stort skyddsbehov inkluderas (Boverket, 2014, ss. 40 - 41).

Allt brandskydd i byggnader i byggnadsklass Br0 ska verifieras med analytisk dimensionering. För byggnader i byggnadsklass Br0 kan de allmänna råden i BBR avsnitt 5 användas som ett referenssystem i begränsad omfattning. Utformningen av brandskyddet bör minst motsvara vad som gäller för motsvarande byggnadsklass (Boverket, 2014).

Enligt BBRAD bör särskild hänsyn tas till följande aspekter när en analytisk dimensionering görs av en Br0 byggnad:

- Om utvändigt släckinsats inte kan genomföras
- Om invändig räddningsinsats kan vara komplicerad
- Om den befarade konsekvensen är mycket stor,
- Om utrymningsförloppet kan vara förenat med stora svårigheter

Det är dock endast de lokaler som ingår i Vk5D samt de delar av byggnaden som direkt påverkar dessa lokaler som skall dimensioneras analytiskt. Övriga delar av byggnaden kan utformas med lösningar enligt förenklad dimensionering, såvida inga avsteg från förenklad dimensionering görs eller om byggnaden i övrigt klassas som en Br0 byggnad (Arnevall, o.a., 2013).

Information i 5.2.1 - 5.2.8 nedan kommer från boverket gällande BBRAD (Boverket, 2013), BBR21 (Boverket, 2014) eller rekommendationer från BIV (Arnevall, o.a., 2013).

5.2.1 Ytterväggar, taktäckning och fönster i fasad

Taktäckning ska vara enligt 5:62 i (Boverket, 2013) alltså Lägst $B_{\text{roof}} + A2-s1,d0/B_{\text{roof}} +$ brännbart.

5.2.2 Stomme och bjälklag

Bärverket för byggnaden ska vara enligt Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av Europeiska konstruktionsstandarder. Bjälklaget ska antingen dimensioneras med lägst EI 60 där en inlåst person befinner sig då förenklad dimensionering används annars ska den brandtekniska klassen dimensioneras för att motstå en ett fullständigt brandförlopp.

5.2.3 Ytskikt

Kraven på ytskikt finns beskrivna i Tabell 2 nedan.

Tabell 2. Beskrivning av rekommendationer på ytskikt i allmänna ytor och utrymningsväg för verksamhetsklass V_{k5D}. (Arnevall, o.a., 2013)

Yta	Ytskiktsklass
Takytor i både allmänna ytor och utrymningsvägar	Lägst klass B-s1,d0 (klass I) fäst på material av A2-s1,d0 (obrännbart material) eller på beklädnad i brandteknisk klass K ₂ 10/Bs-1,d0.
Väggar, allmänna ytor	Lägst klass C-s2,d0 fäst på material av A2-s1,d0 eller på beklädnad i brandtekniska klass K ₂ 10/Bs-1,d0.
Väggar, utrymningsväg	Lägst klass B-s1,d0 fäst på material av A2-s1,d0 eller på beklädnad i brandtekniska klass K ₂ 10/Bs-1,d0.
Golvbeläggning, allmänna ytor	Lägst klass D _f -s1 fäst på material av A2-s1,d0 eller på beklädnad i brandtekniska klass K ₂ 10/Bs-1,d0
Golvbeläggning, utrymningsvägar	Lägst klass C _f -s1 fäst på material av A2-s1,d0 eller på beklädnad i brandtekniska klass K ₂ 10/Bs-1,d0

5.2.4 Dörrar och invändiga glaspartier

Dörrar som ska användas för utrymning ska vara lätta att öppna och passera. Undantag medges för utrymmen i verksamhetsklass 5D. Dörrar i en avskiljande konstruktion ska utformas så att dörrarna har minst samma brandklass som den avskiljande konstruktionen.

5.2.5 Ventilation

Ventilationssystemet ska utföras enligt analytisk dimensionering. Vid uppförandet av byggnaden var det specifika krav som gällde.

5.2.6 Brandspridning och skydd mot uppkomst av brand

Kravet på ett avstånd på 8 meter till närmsta byggnad i BBR21 är samma krav som i BBR94.

Rekommendation idag från BIV är att rum där en inlåst person befinner sig ska utföras som en egen brandcell. Luftsluss ska finnas för en horisontell utrymning. Brandcellerna ska dimensioneras i brandteknisk klass för att kunna motstå ett fullständigt brandförlopp. För att kunna skapa en zonindelad utrymning förstärks brandcellsgränsen mellan avdelningar till EI90. (Arnevall, o.a., 2013)

Rekommendationen skulle innebära en förhöjd klass från EI60 till EI90 från kraven när byggnaden uppfördes samt att samtliga rum där en inlåst person befinner sig ska vara en egen brandcell vilket inte behövdes innan.

5.2.7 Utrymningsvägar och tillträdesvägar

Krav enligt BBR21, 5:321, om att det ska finnas två av varandra oberoende utrymningsvägar. Maximalt gångavstånd till utrymningsväg enligt 5:331 för verksamhet av klass Vk5D på 30 meter, alternativt analytisk dimensionering av gångavståndet.

En scenarioanalys av tänkt utrymning ska genomföras. I denna ska det tas hänsyn till hur mycket personal som kan behövas för att möjliggöra utrymning. Vart de frihetsberövade personerna ska förflyttas vid en utrymning och vilka övriga verksamheter i byggnaden som kan påverka utrymningen från berörda lokaler. (Arnevall, o.a., 2013)

Den analytiska dimensioneringen ska behandla strategi och en rimlig insatstid gällande tillträdesvägarna. Hur utrymningsvägarna påverkas och vilka lämpliga angreppspunkter det finns för byggnaden.

5.2.8 Utrymningsutrustning

Lagkrav enligt 5:2511 är att det ska finnas automatisk brandlarm. (Boverket, 2014).

Rekommendationer från BIV är att brandlarm ska vara utrustat med larmlagring samt styrning och typ av utrymningslarm ska presenteras i den analytiska dimensioneringen. (Arnevall, o.a., 2013)

5.2.9 Övriga lagar, råd och föreskrifter

De finns lagar, föreskrifter och råd som inte bara omfattar byggnadens brandskydd utan även inkluderar skydd för personal. I Arbetsmiljöverkets föreskrifter om arbetsplatsens utformning och allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna, finns även en paragraf som omfattar kriminalvården. I § 77 står att system för låsning av utrymningsvägar bör väljas efter verksamhet och klientel så att utrymning av arbetstagare inte försvåras (Arbetsmiljöverket, 2013).

Övriga regler som påverkar hur verksamheten ska styras regleras i Fängelselagen 2010:610 och Fängelseförordningen 2010:2010.

6. Ventilation

I det här avsnittet beskrivs ventilationssystemet i byggnad F. Fokus ligger på ventilation inom ett cellben.

6.1 Teori om ventilation vid brand

Vid brand är det viktigt att se till så att brandgaser i minsta möjliga mån sprids till intilliggande rum och brandceller. Brandgaser kan spridas via otätheter i byggnadskonstruktionen som dörrar och fönster, men även genom ventilationssystemet. När ventilationssystemet stängs av vid en brand medför det att brandgaserna kommer kunna spridas genom alla möjliga flödesvägar och ta den väg med minst motstånd (Jensen, Brandgasspridning via ventilationssystem, 1998).

Att stänga av ventilationssystemet vid brand är en dålig lösning då brandgasspridning kommer kunna ske vid lägre brandflöden än om systemet varit i drift. De värsta förutsättningarna skapas om brandcellen förblir intakt och således tar brandgaserna vägen ut med minst motstånd. Om klimatskalet inte är intakt och exempelvis fönster har gått sönder blir det något mindre risk för brandgasspridning (Jensen, Brandgasspridning via ventilationssystem, 1998).

För att förhindra att brandgaser sprider sig via ventilationssystemet mellan brandceller kan brandgasspjäll som stänger till ventilationskanalen vid detektion av brand användas. Detta är ett bra sätt att undvika brandgasspridning mellan brandceller, men möjliggör brandgasspridning i större utsträckning inom brandcellen (Jensen, Brandgasspridning via ventilationssystem, 1998).

6.2 Teori om brandgasspridning

Normalt sett är inga byggnader helt täta och brandgaser kommer att kunna läcka ut på andra ställen än genom ventilationssystemet. En tumregel är att använda brandens effekt för att få fram ett flöde. När det är ett normalt läckage kan brandens effekt i MW sättas som brandflödet i m³/liter (Jensen, Brandgasspridning via ventilationssystem, 1998).

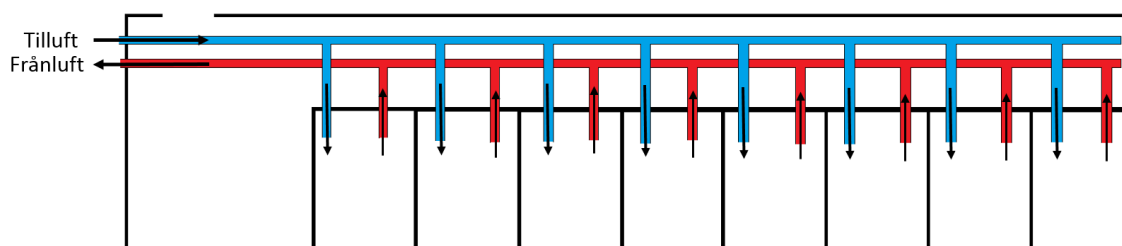
Vid den största effekten från branden fås den största risken för spridning till andra celler. Även om frånluftssystemet skulle gå direkt ut från varje enskild cell och inte vara anslutet direkt till övriga celler, kommer spridning likväl ändå ske genom tilluftskanaler och således få en spridning.

Vid en brand i cellen ökar trycket i rummet och gaserna vill då röra sig mot utrymmen med lägre tryck. Då det inte är något stort luftflöde ut från de angränsande cellerna väljer brandgaserna främst att ta sig ut genom frånluften då de vill mot en större tryckskillnad.

6.3 Befintligt ventilationssystem

Ventilationssystemet i byggnad F består av ett till- och frånluftssystem som vid brand stängs av automatiskt. Mellan varje brandcell finns brandspjäll som stängs vid detektion av brand.

Då inga ventilationsritningar varit tillgängliga används teori som visar att det är mellan cellerna som brandgasspridning kan bli en kritisk faktor då internerna är inlåsta och inte får exponeras för giftiga brandgaser. En skiss på hur ventilationssystemet kan tänkas se ut kan ses i Figur 12.



Figur 12. Schematisk skiss av ventilationssystemet till cellerna. Den övre (blåa) rörledningen representerar tilluft och den undre (röda) frånluft.

6.4 Utvärdering av ventilationssystemet

Genom teorin kan det visas att det finns en risk för brandgasspridning mellan cellerna. Om tillgång funnits till information av det befintliga ventilationssystemet hade simuleringar kunnat visa om det blir spridning till andra celler och hur stor den eventuella spridningen skulle bli.

Alternativ till att helt stänga av ventilationssystemet vid brand som i nuläget är att låta till- och frånluftssystem fortsätta vara i drift även vid brand. Detta skulle då göra att det i stort sett endast finns en risk för spridning genom tilluftssystemet (Jensen, Brandgasspridning via ventilationssystem, 1998).

Ett andra alternativ kan vara att använda ett till- och frånluftssystem i drift med en frånluftsfläkt som klarar av högre temperaturer samt ha en backventil i tilluftsflödet. Nackdel är då att branden får ett större tillskott av syre och luft till branden och kan då utveckla en högre effekt och ett snabbare brandförlopp. Fördelen med detta alternativ är att spridning till närliggande celler kommer att förhindras.

Verifiering av ventilationen kan ske genom beräkningar gällande brandflöden och säkerställande huruvida spridning av brandgaser sker, något som kan ske med exempelvis programmet "PFS" för beräkningar av ventilations- och brandflöden.

7. Skyddsmål

I enlighet med Lagen om skydd mot olyckor 2003:778 är skyddsmålet att skydda människor och säkerställa att utrymning är möjlig innan kritiska förhållanden uppnås. Skyddsmålet är därför att skydda människor genom att se till att byggnaden kan utrymmas på ett säkert sätt innan kritiska förhållanden har nåtts.

7.1 Skadekriterier

För att kunna avgöra när förhållandena i byggnaden blir så pass dåliga att utrymning inte längre kan ske på ett säkert sätt används ett antal skyddskriterier, det räcker att endast ett av kriterierna överskrids för att kritiska förhållanden ska anses ha inträffat. Dessa kriterier är hämtade från Boverkets allmänna råd för analytisk dimensionering, BBRAD. Kriterierna kan ses i Tabell 3 nedan. En mer ingående förklaring om varje kriterium ges i avsnitt 7.2 till 7.6.

Tabell 3. Kritiska kriterier (Boverket, 2013, s. 10).

Skyddskriterier	Kritiska förhållanden
Brandgaslagrets nivå ovan golv	Lägst $1,6 + (\text{rumshöjden [m]} \cdot 0,1)$
Siktbarhet, 2,0 meter ovan golv	10,0 meter i utrymmen $> 100 \text{ m}^2$ 5 meter i utrymmen $\leq 100 \text{ m}^2$
Värmestrålning/Värmedos	Max $2,5 \text{ kW/m}^2$ långvarig exponering Max 10 kW/m^2 i kombination med max 60 kJ/m^2 utöver energin från en strålningsnivå på 1 kW/m^2
Temperatur	Max $80 \text{ }^\circ\text{C}$
Toxicitet 2,0 meter ovan golv	Kolmonoxidkoncentration (CO) $> 2000 \text{ ppm}$ Koldioxidkoncentration (CO_2) $> 5\%$ Syrigaskoncentration (O_2) $< 15\%$

7.2 Brandgaslagrets höjd

Brandgaslagret bör inte sjunka lägre än till den höjd då människorna i lokalen inte längre kan stå upprätt. Detta är för att personerna i största mån ska undvika att exponeras för de varma brandgaserna och förhindra inandning av giftiga gaser. I BBRAD rekommenderas att brandgaslagrets lägsta nivå över golvet räknas ut med hjälp av följande Ekvation 1:

$$\text{Lägsta höjd} = 1,6 + (\text{rumshöjden} \cdot 0,1) \quad \text{Ekvation 1}$$

Denna formel kommer användas vid beräkningar av den kritiska höjden för brandgaslagret när tiden till kritiska förhållanden vid utrymning tas fram. Tiden till att brandgaslagret når ner till den kritiska höjden fås fram genom simuleringar.

7.3 Siktbarhet

För att människor ska kunna utrymma en byggnad på ett säkert sätt är en viktig förutsättning att sikten är så pass bra att personerna kan ta sig ut. Det finns därför vissa krav på hur lång siktsträcka som krävs för att säkerställa att utrymning kan ske på ett säkert sätt. BBRAD säger att sikten bör vara minst 10 m i utrymmen större än 100 m^2 och minst 5 m i utrymmen mindre än 100 m^2 .

7.4 Strålning

Människor kan inte utsättas för hög strålning under längre tid utan att ta skada. Kriterier har därför skapats för maximal strålningspåverkan som en människa kan utsättas för under lång respektive kort tid. Enligt BBRAD klarar en människa under längre tid maximalt att utsättas för strålningsnivåer på $2,5 \text{ kW/m}^2$, eller för en kortare tids exponering med maximalt 10 kW/m^2 .

7.5 Temperatur

Temperaturen i brandrummet eller i angränsande utrymningsvägar får inte vara högre än att människor kan vistas där. BBRADs rekommendation på maxtemperatur är 80°C vilket motsvarar temperaturen i en bastu. Vid temperaturer över denna nivå kan inte en säker utrymning garanteras.

7.6 Toxicitet

Vid brand produceras en mängd giftiga gaser samtidigt som syrenivån i rummet sjunker. Om människor andas in för stor mängd farliga ämnen kan det leda till allvarliga skador och i värsta fall död. Det finns olika kriterier för hur stor mängd av farliga ämnen som får finnas i brandgaserna innan det blir akut skadligt för människor. Enligt BBRAD får koncentrationen kolmonoxid inte överstiga 2000 ppm och andelen koldioxid får inte överstiga 5 %. När det gäller syrgaskoncentrationen måste den vara högre än 15 %.

8. Val av brandscenarier

Följande avsnitt handlar om vilka olika brandscenarier som kan tänkas uppstå i byggnad F samt tidigare brandtillbud som inträffat. För de värsta troliga scenarierna tas sedan effektkurvor fram.

8.1 Tidigare brandtillbud

Tre tidigare brandtillbud har inträffat i hus F. Två av dessa inträffade i de allmänna köken vid tillagning på spis. Som åtgärd har nu fläkten höjts upp för att öka avståndet från spisen och därmed minska att en eventuell brand på spisen sprids till fläkten. Det tredje inträffade i bastun på grund av ett trasigt bastuaggregat. När bastuaggregatet började ryka använde en intern en vattenslang från den närliggande duschen för att släcka. Detta ledde till att det blev en del rökutveckling och vattenslangen som användes för städning är numera borttagen. En del falsklarm har även rapporterats vilka i de flesta fall berott på tjuvrökning inomhus.

8.2 Möjliga brandscenarier

I byggnad F finns det flera olika utrymmen där en brand potentiellt kan starta. I följande avsnitt identifieras de brandscenarier som kan tänkas uppstå och bedöms var för sig med avseende på sannolikhet och konsekvens och rangordnas relativt varandra i en riskmatris, se Figur 13.

8.2.1 Besöksrum

I besöksrummet finns en soffa, gardiner, leksaker, vattenkokare ej kopplad på timer samt en papperskorg. Besöken här är alltid övervakade. Konsekvensen kan antas vara låg då ingen visas i rummet nattetid. Soffan kan däremot antas ha stor rökpotential om den skulle antändas. Sannolikheten att det skulle börja brinna i rummet är ganska låg då övervakning sker vid besök.

8.2.2 Bönerum

I rummet står ca 15 stolar av trä, en soffa samt ett piano. Rummets volym anses stor i förhållande till mängden brännbart material och därför anses brandbelastningen vara låg. Levande ljus används vilket kan vara en potentiell antändningskälla. När rummet används av interner är det låst och de kan endast kommunicera med personalen via en kommunikationsradio på väggen vid dörren. Ingen brandsläckare finns tillgänglig i rummet. Sannolikheten att en brand uppstår anses som störst när rummet används av interner vilket medför att konsekvensen kan bli stor. Dock anses det vara en låg spridningsrisk till övriga rum. Enligt statistik från MSB har endast 5 bränder inträffat inom kriminalvården på grund av levande ljus vilket gör att sannolikheten för brand anses som liten (Statistikdatabasen, 2015). Bönerummet är det enda rummet där levande ljus är tillåtet.

8.2.3 Lilla klädförrådet

Här lagras brännbart material på en liten yta. Rummet hålls låst utom när det används av personal och ingen intern kan befinna sig ensam där inne. Konsekvensen bedöms därför som låg och sannolikheten att en brand uppstår anses vara mycket låg.

8.2.4 Verkstaden

Rummet är 150 m² och innehåller verkstadsmaskiner. Periodvis kan en stor mängd brännbart material finnas i lokalen vilket gör att brandbelastningen anses vara hög. Konsekvensen av en eventuell brand i verkstaden kan bli stor eftersom spridning av brandgaser till ovanliggande korridor är möjligt. Sannolikheten att en brand skulle uppstå i verkstaden anses medelhög eftersom det finns maskiner som potentiellt skulle kunna orsaka en brand.

8.2.5 Tvättstuga

I tvättstugan finns 4 stora tvättmaskiner och 3 torktumlare. Enligt statistik från MSBs startade ca 3200 bränder mellan åren 1998-2013 i tvättmaskiner och (Statistikdatabasen, 2015). Sannolikheten för brand anses därför som medelhög. Dörren ut till intilliggande lokal stod uppställd med en kil vilket möjliggör brandgasspridning mellan rummen. Konsekvenserna av en potentiell brand anses därför vara stora. Statistik från NFPA relaterat till fängelsebränder i USA stödjer också bedömningen att bränder i tvättstugor i tvättmaskiner, torktumlare eller torkskåp är en av de vanligaste bränderna i fängelser (Flynn, 2010, s. 6).

8.2.6 Stora klädförrådet

I rummet förvaras en stor mängd kläder i diverse material på 7 dubbelhyllor med vardera 6 hyllplan på en höjd av cirka 2 meter. Brandbelastningen i rummet anses därför vara mycket hög vilket medför att konsekvenserna kan bli stora. Sannolikheten att en brand skulle uppstå i rummet anses som låg eftersom det inte finns några potentiella tändningskällor. Vid besöket stod dörren mellan förrådet och tvättstugan uppställd med kil.

8.2.7 Utrymningsväg från stora klädförrådet och verkstaden

Används som lagringsutrymme av diverse städartiklar. Framförallt en stor volym pappersrullar står staplade samt en städmaskin står placerad precis innanför dörrarna. En brand här inne kan få stora konsekvenser, men sannolikheten att en brand skulle starta här anses som låg.

8.2.8 Vaktkur mellan stora klädförrådet och verkstaden

I vaktkuren mellan det stora klädförrådet och verkstaden finns många lösa saker så som bokhyllor, vagnar med kläder och stolar. Sannolikheten att en brand uppstår anses låg, men om det händer kan konsekvenserna bli olika beroende på om personal befinner sig i kuren eller om dörren till intilliggande lokaler står öppen.

8.2.9 Studierum

Endast en utrymningsväg finns från rummet och fönster är inte öppningsbara. Rökutveckling från detta rum kan leda till att de båda programrummens utrymningsväg blockeras. Detta har

potentiellt hög konsekvens. Sannolikhet att det börjar brinna på kontoret kan anses låg då kontor sällan är startplats för bränder (Statistikdatabasen, 2015).

8.2.10 Gemensamt kök

I de gemensamma köken lagar interner mat till varandra som en del i anstaltens självhushållningsprogram. Sannolikheten att en brand skulle starta här anses som hög eftersom det används flera hushållsapparater samt spis och ugn. I rummet finns även stolar, bord, gardiner och diverse skåp och hyllor. Rummet omges inte av någon solid vägg utan det är öppet ut mot intilliggande utrymmen. Röken från en eventuell brand skulle därför kunna sprida sig vilket gör att konsekvensen blir hög. Statistik från NFPA relaterat till fängelsebränder i USA påvisar att köksbränder är den allra vanligaste brandorsaken (Flynn, 2010, ss. iii, 3).

8.2.11 Vakthytter

I vakthyten finns blockerade släckare, kontorsmaterial och datorer. Dörren in är alltid öppen när hytten är bemannad. Brandbelastningen kan leda till att brandgaser sprids till andra delar av brandcellen, samt att brandcells dörr var öppen vid besök. Hytterna är alltid bemannade under dagtid och har brandsläckare vilket borde leda till lägre sannolikhet att en brand får tillväxa obehindrat. Låg sannolikhet men kan få lite större konsekvenser ifall dörren mellan avdelningarna står uppställd.

8.2.12 Pentry cellben

I pentryt finns kaffebryggare, vattenkokare och 2 kokplattor, allt är på timer. Det finns även en soffhörna med en tv. Sannolikheten att en brand skulle starta här är medelhög. En brand i pentryt kan komma att blockera en utrymningsväg och kan bidra till att korridoren rökfylls. Konsekvensen anses medelhög eftersom brandgaser kan spridas in till cellerna.

8.2.13 Cell

Hög brandbelastning för ett så litet utrymme. Kraftig rökutveckling och giftig rök. Utrymningsproblematik på grund av inlåsning. Då det är ett litet utrymme nås kritiskt tillstånd snabbt. Eventuell spridning till övriga celler kan ytterligare öka konsekvensen. Det finns historik då intagna i tidigare fall tänt eld på madrassen i cellen.

8.2.14 Bastu

I bastun finns nästan inget brännbart material. Panelen på väggarna har tagits bort och består endast av gipsskivor/tegel. Sannolikheten att en brand uppstår i bastun kan ändå anses troligt på grund av den höga temperaturen och bastuaggregatet. Dock finns det inte mycket som kan brinna vilket gör att konsekvensen blir liten. Innan fanns det en vattenslang avsedd för städning i duschen bredvid bastun men denna togs bort då den används till att släcka brand i bastuaggregatet och skapade kraftig ångbildning.

8.2.15 Gym

Endast gummimatta samt radio som kan tänkas brinna så konsekvensen anses låg. En brand i radion anses självslockna då brandbelastningen är så låg. Sannolikheten att en brand skulle starta här anses låg.

8.2.16 Programrum

I programrummet finns mycket möbler, staplar med stolar, fåtöljer och endast en utrymningsväg. Hög brandbelastning och endast en utrymningsväg medför risk för hög konsekvens. Sannolikhet att det börjar brinna på kontoret kan anses låg eftersom programrummet fungerar som en kontorslokal. I Sverige har det sedan 1998 som mest startat 4 bränder i kontorsutrymmen på ett år (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2015).

8.2.17 Musikrum

Här finns instrument, dämpning, pingisbord och elektronik. Låg brandbelastning och rummet var inte avdelat med skymda delar. Liten konsekvens och låg sannolikhet vid brand. Inga uppenbara objekt en brand kan starta i.

8.2.18 Kulvert

I kulverten är fläktrum och el-central placerat. Det finns även en gång under cellerna där golvet är täckt av frigolit som ett sätt att undvika radon från berggrunden. Inget brännbart material finns i fläktrum eller el-central, men i gången under cellerna kan överblivna möbler och annan inredning förvaras. Sannolikheten att en brand skulle uppstå anses medelhög, men eftersom det inte kan sprida sig vidare anses konsekvensen som låg.

8.2.19 Yttre påverkan

Inkastade material, naturfenomen, fritagningsförsök eller skogsbrand i Änggårdsbergen är exempel på yttre händelser som kan leda till brand. En eventuell brand i Änggårdsbergen kan vara svårsläckt då terrängen där är svårframkomlig. Även om sannolikheten för skogsbrand finns i området anses konsekvenserna för en sådan vara mycket låg det kommer finnas gott om tid för evakuering. Byggnaderna är ordentligt förstärkta för yttre påverkan och sannolikheten för att ett fritagningsförsök eller inkastade material skulle göra påverkan eller leda till brand anses mycket osannolik.

8.3 Utvalda scenarier

De brandscenarier som väljs att utredas vidare är de värsta troliga som kan tänkas inträffa i byggnaden, alltså de scenarier som ligger högt upp till höger den framtagna riskmatrisen, se Figur 13. Med hjälp av riskmatrisen väljs dessa scenarier till:

- 13, brand i cell
- 12, brand i pentry
- 4, brand i verkstad
- 5, brand i tvättstuga
- 6, brand i stora klädförrådet

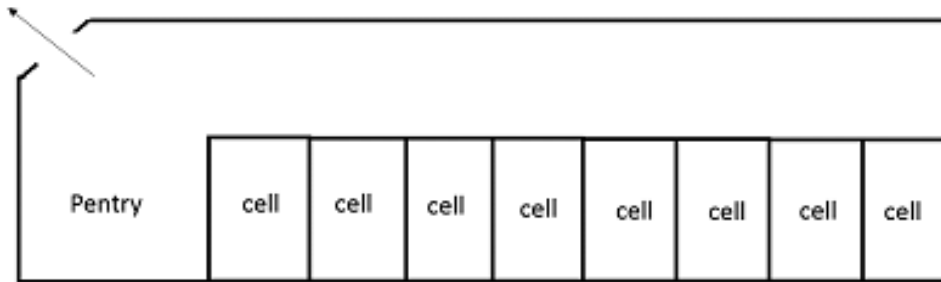
14. Bastu			12. Pentry	13. Cell
18. Kulvert		2. Bönerum		4. Verkstad 5. Tvättstuga 6. Stora klädförrådet
	0. Gemens.kök 1. Besöksrum 17. Musikrum 15. Gym 19. Yttrepåverkan	11. Vakthytter 16. Programrum		7. Utrym.väg 8. Vaktkur 9. Studierum
	3. Lillaklädförrådet			

Figur 13. En riskmatris över brandscenarierna 1-19. Scenarierna är rangordnade relativt varandra med avseende på sannolikhet och konsekvens. Konsekvens på x-axeln och sannolikhet på y-axeln. Konsekvensen ökar åt höger och sannolikheten ökar uppåt.

Det kan konstateras att två av varandra oberoende huvudscenarier kommer att fås när det gäller utrymning. De två huvudscenarierna kommer i fortsättningen benämnas cellben samt verkstadsområde.

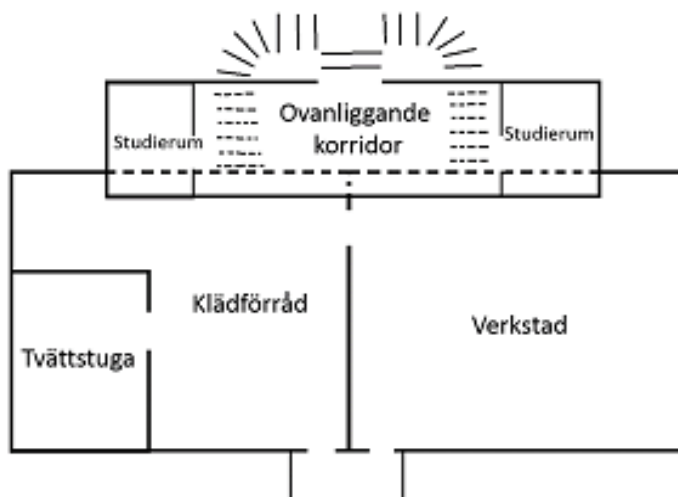
Området cellben innefattar en korridor med 8 celler samt ett pentry. Denna geometri är byggd för att stå emot brand i 30 minuter och två tänkbara brandscenarier kan uppstå, nummer 13 - brand i cell samt nummer 12 - brand i pentry. En skiss av området cellben kan ses i Figur 14.

Dörr ut till
allmänna utrymmen



Figur 14. Skiss av området cellben.

Verkstadsområdet består av tvättstugan, stora klädförådet, verkstaden samt studierummen i ovanliggande korridor. Här kan brandscenarierna 4 – brand i verkstad, 5 – brand i tvättstuga samt 6 – brand i stora klädförådet inträffa. En skiss av verkstadsområdet kan ses i Figur 15.



Figur 15. Skiss över verkstadsområdet. Korridoren med studierum ligger en våning ovanför klädförådet, verkstaden och tvättstugan.

8.4 Effektutvecklingskurvor

De identifierade brandscenarierna ska användas till att simulera brandförlopp för att slutligen kunna bedöma säkerheten vid utrymning. En effektkurva kommer därför att tas fram för var och ett av de valda scenarierna.

8.4.1 Brand i cell, nr 13.

I cellen finns en säng, tv-möbel samt en tv, skrivbord, stol och en garderob. Eftersom effekten från tv:n och stolen anses små bortses dessa från när rummets maximala effektutveckling beräknas. Effekten för varje möbel i cellen kan ses i Tabell 4. Total effektutveckling i cellen fås till 2300 kW.

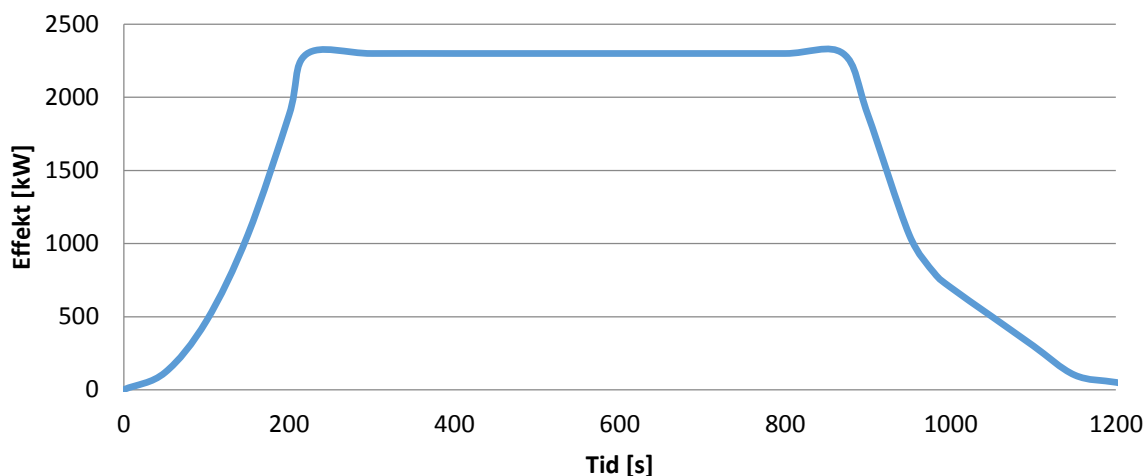
Tabell 4., Maximal effektutveckling för möbler i cell.

Möbel	Maxeffekt [kW]	Källa
Säng	300	(Särdqvist, 1993, ss. Y6 10-12)
Tv-bänk	25	Beräknad enligt Ekvation 3, se Bilaga A
Skrivbord	80	Beräknad enligt Ekvation 3, se Bilaga A
Garderob	1900	(Mawhinney & Gerard, 2002)

Branden i cellen anses tillväxa med en αt^2 -kurva. Brandens tillväxthastighet sätts till snabb, $0,047 \text{ kW/s}^2$. Detta är ett värde som rekommenderas för hotell, vårdboende m.m. medan för boendetrymmen rekommenderas att tillväxthastigheten sätts till medium (Karlsson & Quintiere, 2000). Dock eftersom internerna hålls inlåsta i sina celler väljs värdet snabb för att anstalten anses vara mer lik en vårdanläggning än ett vanligt bostadshus. Branden anses vara bränslekontrollerad, mängd syre som behövs till förbränning beaktas inte.

Den maximala energin som kan frigöras beräknas till 2305 MJ. Maximal effekt fås efter 220 s varefter branden anses brinna med konstant effekt varefter branden avtar efter ca 15 min, för beräkning se Bilaga A. I Figur 16 kan effektkurvan för brand i cell ses.

Brand i cell



Figur 16. Effektutvecklingskurva för brand i cell. Maximal effekt fås vid 2300 kW och efter 220 s. Brandförloppet pågår i ca 15 minuter och branden är bränslekontrollerad.

2,3 MW är en väldigt hög effekt med tanke på att cellen är ett litet och relativt tätt utrymme. En brand kommer i verkligheten troligtvis inte komma upp i det framräknade värdet utan bli ventilationskontrollerad och därmed få en lägre effekt.

8.4.2 Brand i pentry, nr 12.

Pentryt ligger i ett stort rum sammansatt med korridoren som sträcker sig utanför cellerna. Inga dörrar finns mellan pentryt och korridoren. En brand där kan därför anses vara bränslekontrollerad. I utrymmet finns ett pentrykök, en soffa, två fåtöljliknande stolar samt ett litet bord. En skiss av pentryköket kan ses i Bilaga A, Figur 54. Effektutveckling för respektive föremål i pentryt kan ses i Tabell 5. Den totala effektutveckling som kan ske fås till ca 3700 kW under förutsättning att allt brännbart material i rummet brinner.

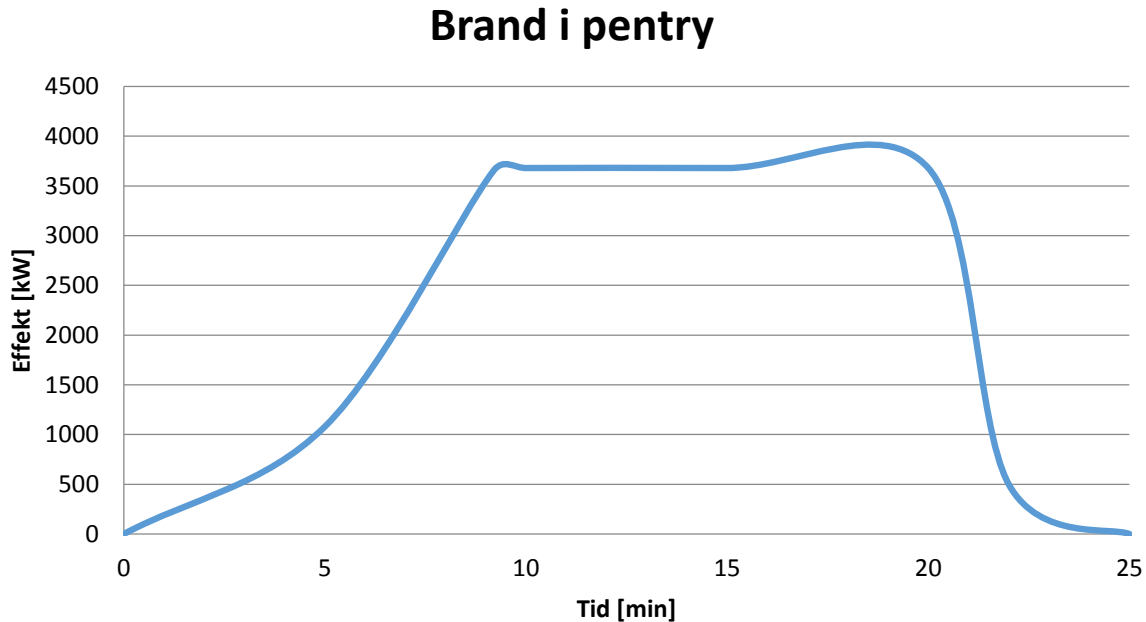
Tabell 5. Maximal effektutveckling för möbler i pentry

Möbel	Maxeffekt [kW]	Källa
Pentry-kök	100	Beräknad enligt Ekvation 3, se Bilaga A
Soffa	2300	(SP, 2015), Sofa, Import ID: 657
Fåtölj (2 st.)	1200	(SP, 2015), Chair, Import ID: 663
Bord	25	Beräknad enligt Ekvation 3, se Bilaga A

Brandens anses tillväxa med en α^2 -kurva där brandens tillväxthastighet (α) sätts till medium, $0,012 \text{ kW/s}^2$ eftersom utrymmet kan betraktas som ett uppehållsrum (Karlsson & Quintiere, 2000).

Tiden för hela brandförloppet beräknas med hjälp av frigjord energimängd. Totala energimängden som kan frigöras fås till 2900 MJ. Tiden till dess att maximal effektutveckling

uppnås beräknas till 550 s. Tillväxtkurvan integreras från 0 s till 550 s för att få fram avgiven energi under brandens tillväxtfas. Med hjälp av mängden resterande energi kan brandens maximala tid beräknas till ca 20 minuter. Effekttutvecklingskurvan för en brand i pentryt kan ses i Figur 17.



Figur 17. Effekttutvecklingskurva för brand i pentry. Maximal effekt fås efter 550 s till 3700 kW. Branden pågår i ca 20 min.

8.4.3 Brand i stora klädförrådet, nr 4.

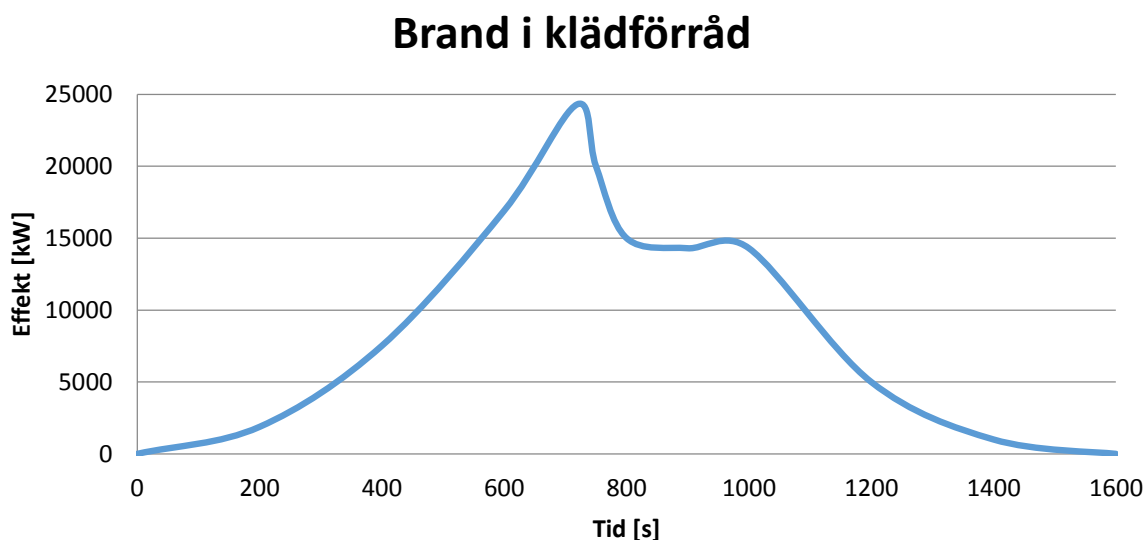
Brandbelastningen i det stora klädförrådet består huvudsakligen av kläder samt sju trähyllor som de lagras på. Totalvikten av kläderna uppskattas till 400 kg enligt handberäkningar och uppskattningar, se Bilaga A. Tabellvärdet för cellulosa tas fram ur tabell 1-5.3 i (Drysdale D. D., 2002) för att få energiinnehållet för kläderna. Det värdet används då kläderna antas vara av bomull och viskos som mestadels består av ren cellulosa. Kläderna får då ett energiinnehåll på 16 MJ/kg och en tillväxthastighet på 0,047 kW/s².

För att lättare få fram en maximal effekt förenklas alla hyllorna till ett enda rätblock. Arealen av rätblockets alla sidor förutom utom botten används i kombination med den maximala förbränningshastigheten per kvadratmeter för bomull från tabell 1-7.4 (Beyler & Hirschler, 2002) till att räkna fram den maximala effekten på 24 MW.

Med tillväxthastigheten nås då den maximala effekten efter 12 minuter under förutsättning att branden har tillräckligt med syre. Energiåtgången under tillväxtfasen är 5800 MJ vilket innebär att kläderna i princip brunnit upp när branden når sin maximala effekt. När kläderna helt brunnit upp anses endast hyllorna brinna. Brandens effekt sjunker därför snabbt ner till den beräknade maximala effekten för trähyllorna. Efter branden nått sin maximala effekt antas fyra hyllor motsvara resterande horisontella area av bränslet. Detta motsvarar 10 m² och brandbelastningen sätts som 1420 kW/m² vilket motsvarar maximal effekttutveckling för en hög med träpallar med höjden 45 cm (Karlsson & Quintiere, 2000, s. 42).

När effekten har sjunkit ner till 14 MW hålls den konstant tills allt material har brunnit upp eller tills branden har släckts. Beräkningar för branden i stora klädförrådet finns i Bilaga A.

En maximal effekt på 24 MW är dock ett väldigt högt värde. Beräkningsgången anses relativt konservativ och det är inte troligt att allt i rummet uppnår maximal effekt samtidigt. Dessutom kommer branden troligtvis inte att bli bränslekontrollerad utan ventilationskontrollerad och därför inte uppnå en effekt på 24 MW.



Figur 18. Effektutvecklingskurva för en bränslekontrollerad brand i klädförrådet. Maximal effekt fås efter 720 s till 24 MW.

8.4.4 Brand i tvättstuga, nr 5.

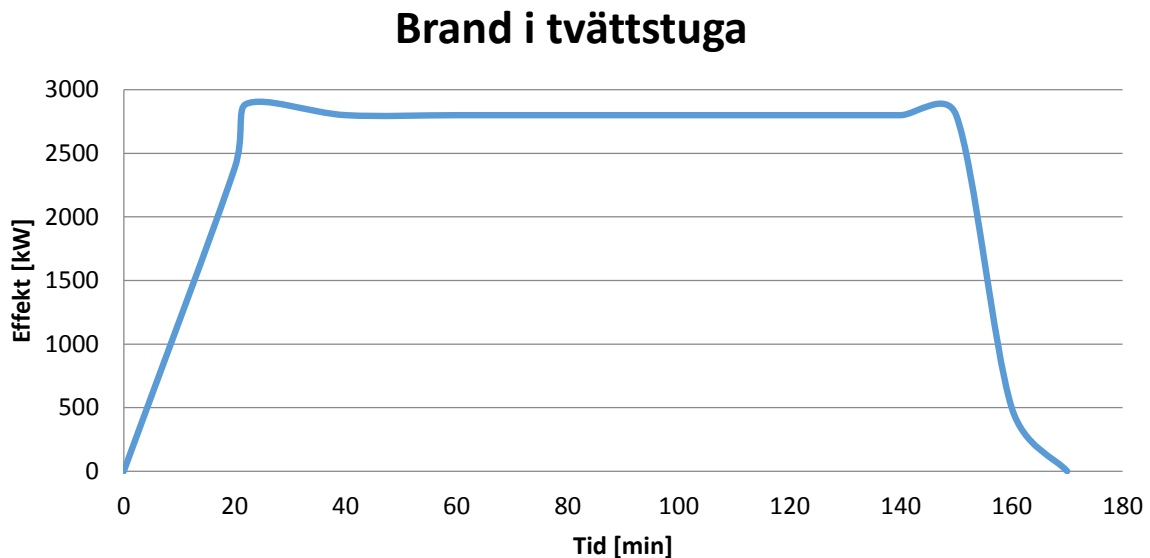
I tvättstugan finns 4 stora tvättmaskiner samt 3 stora torktumlare som potentiellt kan börja brinna. Rummet är stort och branden anses därför bli bränslekontrollerad. Maxeffekten för tvättmaskinerna är hämtade från experiment gjorda av Hietaniemi, Mangs och Hakkarainen, 2001. Tre test gjordes med tvättmaskiner på ca 70 kg och medeffekten blev 300 kW per maskin. Tvättmaskinerna på Högsboanstalten är större än de testade maskinerna och därför beräknades ungefärlig effekt per kg tvättmaskin för att kunna överföra resultatet. Effekten blev ca 4 kW/kg maskin. Tvättmaskinerna på anstalten uppskattades väga ca 100 kg.

Inga värden på effektutveckling hittades för torktumlare. Torktumlarna var dock ungefär lika stora som tvättmaskinerna och ansågs även bestå av samma typ av material. Därför användes samma värden på effektutveckling per torktumlare som per tvättmaskin. Den maximala effektutveckling som kan fås i tvättstugan uppskattas till 2800 kW, se Tabell 6.

Tabell 6. Maximal effektutveckling för föremål i tvättstugan.

Föremål	Maxeffekt [kW]	Källa
Tvättmaskin (4 st.)	1600	(Hietaniemi, Mangs, & Hakkarainen, 2001)
Torktumlare (3 st.)	1200	-

Brandens anses öka med en α^2 -kurva där brandens tillväxthastighet (α) räknas fram till $0,0017 \text{ kW/s}^2$ då tiden till maximal effekt är 1300 s. Tiden för hela brandförloppet beräknas med hjälp av total mängd frigjord energi som sätts till 22500 MJ (Hietaniemi, Mangs, & Hakkarainen, 2001). Tillväxtkurvan integreras från 0 s till 1300 s för att få fram avgiven energi under tillväxtfasen. Resterande energi används till att räkna fram brandens totala tid till 2,5 timmar, för beräkningar se Bilaga A. Den beräknade effektutvecklingskurvan för tvättstugan kan ses i Figur 19.



Figur 19. Effektutvecklingen för brand i tvättstuga. Maximal effekt fås efter ca 20 min till 2800 kW. Branden pågår i ca 2,5 timmar.

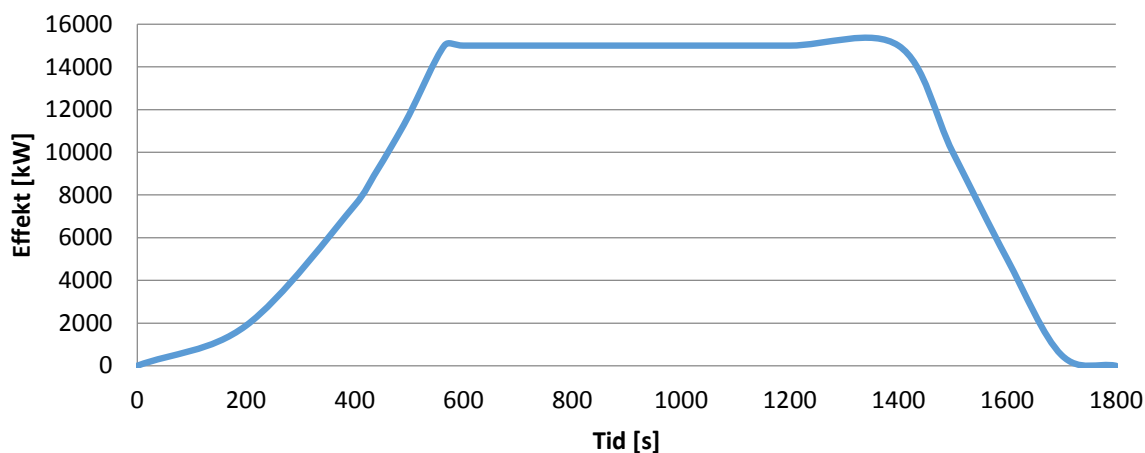
8.4.5 Brand i verkstad, nr 6.

När besöket gjordes på anstalten fanns stommen av ett lusthus uppbyggt i verkstaden. Med tanke på detta valdes värsta troliga scenario i verkstan till brand i lusthuset när detta är färdigbyggt.

För att beräkna vilken effektutveckling det skulle kunna ge uppskattades massan trä som behövs för bygget till 1000 kg (Lusthusexperten, 2015). Detta översätts sedan till pallar för att enkelt kunna uppskatta effektutvecklingen. En pall väger 22 kg (Trollhättans Emballage Renoveringar AB, 2015) vilket ger att antal pallar som motsvarar mängden lusthusvirke blir 45 stycken. 9 lastpallar ger ca 3000 kW (Karlsson & Quintiere, 2000) vilket gör att 45 pallar ger en effektutveckling på 15 000 kW. Detta känns dock som en väldigt hög effektutveckling och branden kommer förmodligen bli ventilationskontrollerad.

Branden i verkstaden anses tillväxa med en α^2 -kurva. Brandens tillväxthastighet sätts till snabb, $0,047 \text{ kW/s}^2$ (Karlsson & Quintiere, 2000). Tiden till maximal effekt uppnås fås till ca 10 minuter. Branden pågår i ca 25 minuter innan den avtar, för beräkning se Bilaga A. Brandens effektutvecklingskurva kan ses i Figur 20.

Brand i verkstad



Figur 20. Effektutvecklingen för brand i verkstad. Maximal effekt fås efter ca 10 minuter till 15000 kW.

En maximal effekt på 15 MW är dock ett väldigt högt värde. Beräkningsgången anses relativt konservativ eftersom träpallar brinner mycket bättre än ett färdigbyggt lusthus eller högar med bräder. Dessutom kommer branden troligtvis inte att bli bränslekontrollerad utan ventilationskontrollerad och därför inte uppnå den maximalt framräknade effekten.

8.5 Val av brand till simulering

Om det finns flera möjliga brandscenarier inom samma område väljs det värsta scenariot. Klarar brandskyddet den branden klarar det även de mindre påfrestande brandscenarierna.

I verkstadsområdet är det brand i klädförrådet som anses ha den högsta effektutvecklingen jämfört med brand i verkstad och brand i tvättstuga. Dessutom blockerar en brand där den enda utrymningsväg som finns från tvättstugan vilket gör det till det värsta troliga scenariot som kan inträffa i verkstadsområdet.

I cellblocket väljs både brand i cell och brand i pentry eftersom dessa två scenarier anses ge olika typer av problematik vid utrymning. Vid scenariot brand i cell är en intern fast i det brinnande rummet och risk för brandgasspridning finns till intilliggande celler. Vid scenariot brand i pentry rökfylls korridoren utanför cellerna snabbare än i scenariot med brand i cell vilket försvårar utrymning. Dessutom kan branden i pentry komma att blockera en utrymningsväg.

Utifrån effektkurvorna väljs därför bränderna brand i cell, brand i pentry och brand i klädförråd att användas vid simuleringar. Detta är för att de anses vara de värsta troliga bränderna med högst effektutveckling.

9. Simulering av brandscenarier

Följande avsnitt handlar om genomförandet av datorsimuleringar för de valda scenarierna från avsnitt 8.5. Alltså scenarierna brand i klädförråd, brand i cell och brand i pentry.

9.1 Brand i cell

Problematiken med utrymning vid brand i cell, särskilt nattetid, gör att detta scenario är viktigt att kontrollera. Data från simulering kommer användas till att ta reda på hur lång tid det tar från det att branden startat tills det att rökdetektorn aktiverar. Samtidigt tas tiden till det att kritiska förhållanden råder i cellen samt i korridoren utanför. Tiderna för detektion och till att kritiska förhållanden uppstår används ihop med tiden det tar för personalen att komma till undsättning i simuleringen av brandförloppet. Hänsyn tas till att mer syre tillförs till branden när dörren till cellen öppnas av personalen.

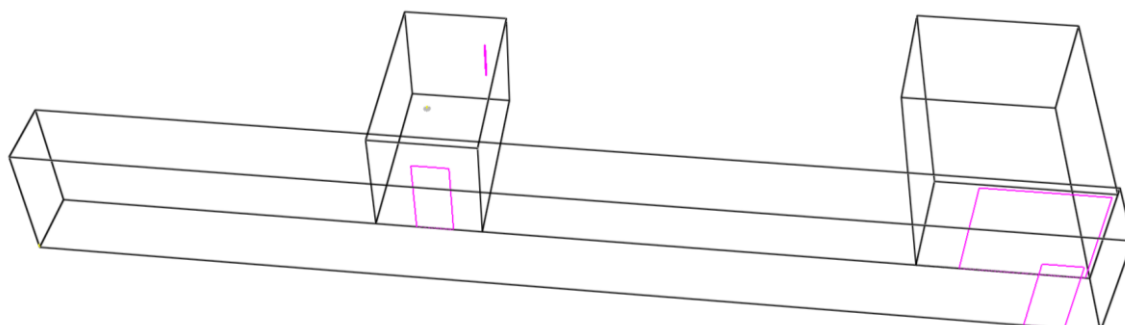
9.1.1 Modelluppbyggnad

För att simulera scenariot brand i cell väljs CFAST som lämpligt program då cellerna har en enkel geometri. Dörren mellan cellen och korridoren kan inte förutsättas vara helt tät då de intagna ibland river loss dörrtätningarna (Lindergren, 2015). Cellen är ett mindre slutet utrymme som förutom ventilationssystemet endast har ett litet vädringsfönster vid sidan av fönstret. Det är därför rimligt att branden blir ventilationskontrollerad då tillgången till syre blir begränsad. Geometrin för simuleringen förenklas genom att endast bygga upp en av de åtta cellerna. Cellen placeras i mitten av korridoren och förenklas till en fyrkant utan den befintliga toaletten. Förenklingen har inte så stor påverkan på simuleringen så länge dörren in till toaletten är öppen vilken den förutsätts vara.

Effektkurvan som används i modellen hämtas från avsnitt 8.4.1 Figur 16. Programmets förvalda egenskaper för en brand i resår madrassen i används. Figur 21 visar geometrin som användas i simuleringarna som rör brand i ett cellben. Dimensionerna på de olika utrymmena sammanställs i Tabell 7 nedan.

Tabell 7. Mått på de olika utrymmena inom ett cellben.

Utrymme	Längd [m]	Bredd [m]	Höjd [m]
Cell	4,8	2,6	2,7
Korridor	24,7	1,6	2,9
Pentry	6,0	4,0	2,7



Figur 21. Geometrin över ett cellben som används i simuleringen där en av åtta celler, korridoren och pentryt är uppbyggda.

I Tabell 8 nedan redovisas kvoten för dimensioner för de olika utrymmena som simuleras i CFAST. Resultaten av kvoterna visar att gränsvärdena för simuleringen av cell och pentryt är acceptabla och kräver inte någon verifiering. Gränsvärdet överskrids dock för korridoren och därmed används en flödesalgorithm för att ta hänsyn till geometrin. Villkor och kriterier beskrivs mer utförligt i Bilaga B.

Tabell 8. Kvoter för dimensioner på respektive utrymme och kriterier.

Utrymme	Cell	Korridor	Pentry	Giltighetskriterier	Korridor flödesalgorithm
Längd/Bredd	0.5	15.4	1.5	< 3	> 5
Längd/Höjd	1.0	8.5	2.2	< 3	> 6
Bredd/Höjd	0.6	0.6	1.5	> 0,4	< 0.2

9.1.2 Simulering

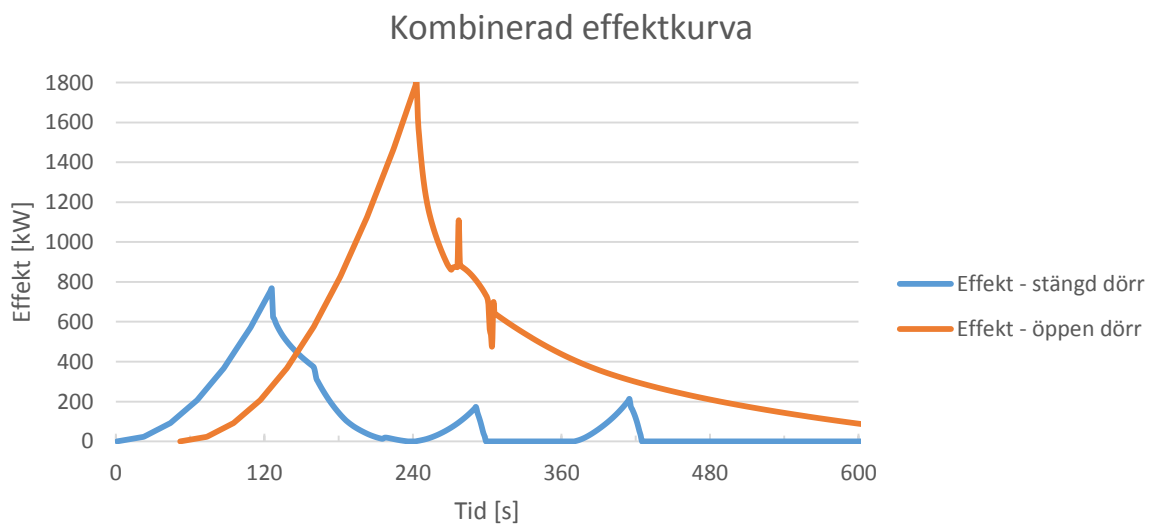
Tre simuleringar i olika steg utförs för att få fram ett realistiskt scenario för branden i cellen.

I den första delsimuleringen kontrolleras data för effektutveckling, temperatur samt optisk densitet. Resultaten jämförs med tabellvärden (Nilsson & Holmstedt, 2008, s. 70) där högsta optiska densitet för polyuretan är 0,39 per meter innan detektorn aktiveras. Tiden till aktivering enligt detta sätt är 50 sekunder efter det att branden startat. Detta verkar dock mycket konservativt och istället antas detektorn aktivera vid en temperaturhöjning på 5 grader vilket då innebär att detektorn aktiveras efter 10 sekunder (Nilsson & Holmstedt, 2008, ss. 73-74). Transporttiden till taket för gaserna i brandplymen tas inte i beräkning här så tiden är eventuellt något för kort. Den övre delen av brandgaslagrets antas ha en högre temperatur i verkligheten istället för att vara homogen varför transporttiden försummas. Data från

simuleringen analyseras och efter 125 sekunder nås maximal effekt. Vid tidpunkten när den maximala effekten uppnåtts avläses massavbrinning.

Andra delsimulering byggs upp på samma sätt som den första men med undantaget att dörren från cellen ut till korridoren är öppen. Detta görs för att se hur effektutvecklingen blir med en större syretillgång. Även denna simulering blir ventilationskontrollerad, men först efter 190 sekunder. Med hjälp av beräkningar från simuleringsprogram för utrymning anses personal komma till undsättning 170 sekunder efter att detektorn aktiverar. Det innebär att personal är på plats och kan påbörja undsättning ungefär 180 sekunder från det att branden startat.

I den tredje simuleringen antas personalen öppna celldörren 170 sekunder efter brandlarmet aktiverar. En ny effektkurva skapas med kurvan från den första simuleringen fram till 170 sekunder. Efter den tiden används istället effektutvecklingen från den andra delsimuleringen vid 125 sekunder. Det betyder att effektkurvan från andra simuleringen är förskjuten med 50 sekunder vilket illustreras i Figur 22. För att inte få för hög massavbrinning i utrymmet beräknas kvoten mellan effektutveckling och massavbrinning under tillväxtfasen. Denna kvot används även under tiden mellan 125 och 190 sekunder. Det innebär att massavbrinningen under denna period minskar i takt med effekten. Syftet med att hålla förhållandet mellan massavbrinning och effekt konstant är att minska mängden oförbrända pyrolysgaser i modellen. Oförbrända pyrolysgaser kan antändas i kontakt med syre och leder till olika spikar i effektkurvan som ses i Figur 22. Efter att effektutvecklingen nått den maximala effekten 1800 kW används åter igen kvoten för att bestämma hur snabbt massavbrinningen minskar.



Figur 22. Visar hur effektkurvan som används i den sista simuleringen tagits fram. Effekten för simuleringen med öppen dörr är förskjuten 50 sekunder och används efter att de två kurvorna skär varandra.

En sammanfattning från de olika delsimuleringarna med tid, effekt, optisk densitet och massavbrinning presenteras i Tabell 9 nedan.

Tabell 9. Visar värden på optisk densitet och massavbrinning från simuleringarna.

Delsimulering	Tid [s]	Effekt [kW]	Optisk densitet [m ⁻¹]	Massavbrinning [g/s]
Stängd dörr	50	-	0.39	-
Öppen dörr	125	770	-	41
Sammanställd	190	1800	-	96

9.1.3 Tid till kritiska förhållanden i cellen

Med resultat från de genomförda simuleringarna tas tid till kritiska förhållanden fram för cellen där branden startat. I Tabell 10 nedan kan de skadekriterierna som gäller för cellen, värdena på dessa samt efter vilken tid kriterierna överskrids ses.

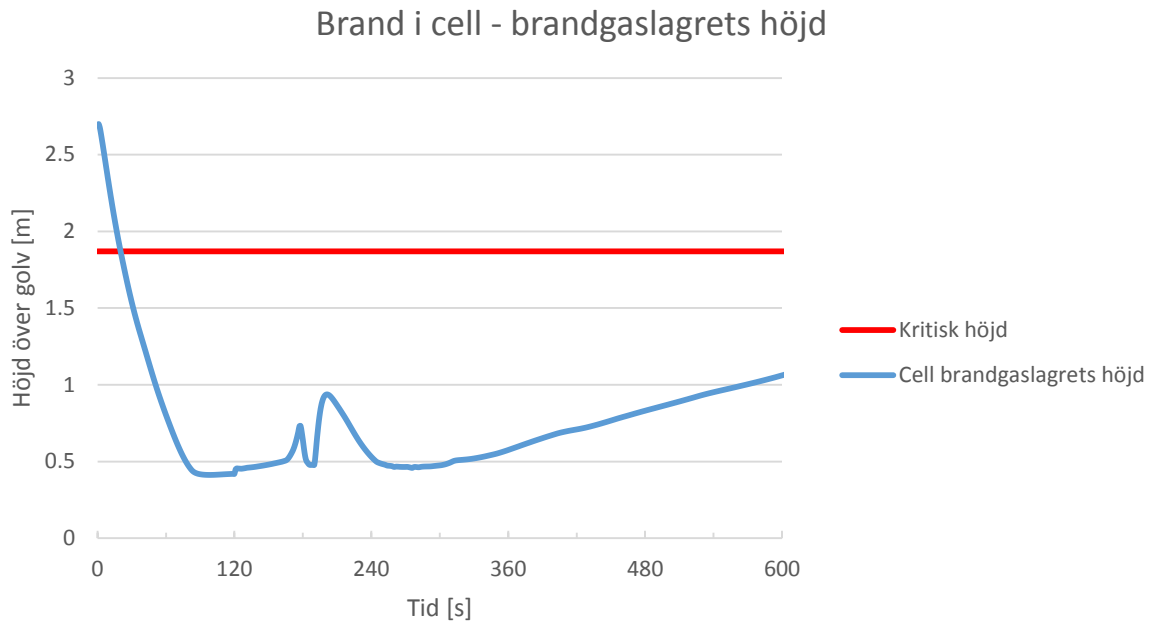
Tabell 10. Tider till kritiska förhållanden i cellen enligt simulering.

Skyddskriterier	Kritiskt förhållande för utrymmet	Tid till kritiskt förhållande [s]
Brandgaslagrets nivå ovan golv	1,9 meter	20
Siktbarhet	Minst 5 meter	-
Värmestrålning	2,5kW max 60kJ	-
Temperatur	80 °C	50
Kolmonoxidkoncentration	(CO) > 2000 ppm	Uppnås aldrig
Koldioxidkoncentration	(CO ₂) > 5%	Uppnås aldrig
Syrgaskoncentration	(O ₂) < 15%	95

Som kan utläsas i tabellen ovan uppstår kritiska förhållanden i cellen redan efter 20 sekunder då brandgaslagret kommer under den kritiska nivån på 1,9 meter. Däremot uppnås aldrig de kritiska koncentrationerna av varken koldioxid eller kolmonoxid och grafer som beskriver koncentrationerna kan ses i Bilaga C.

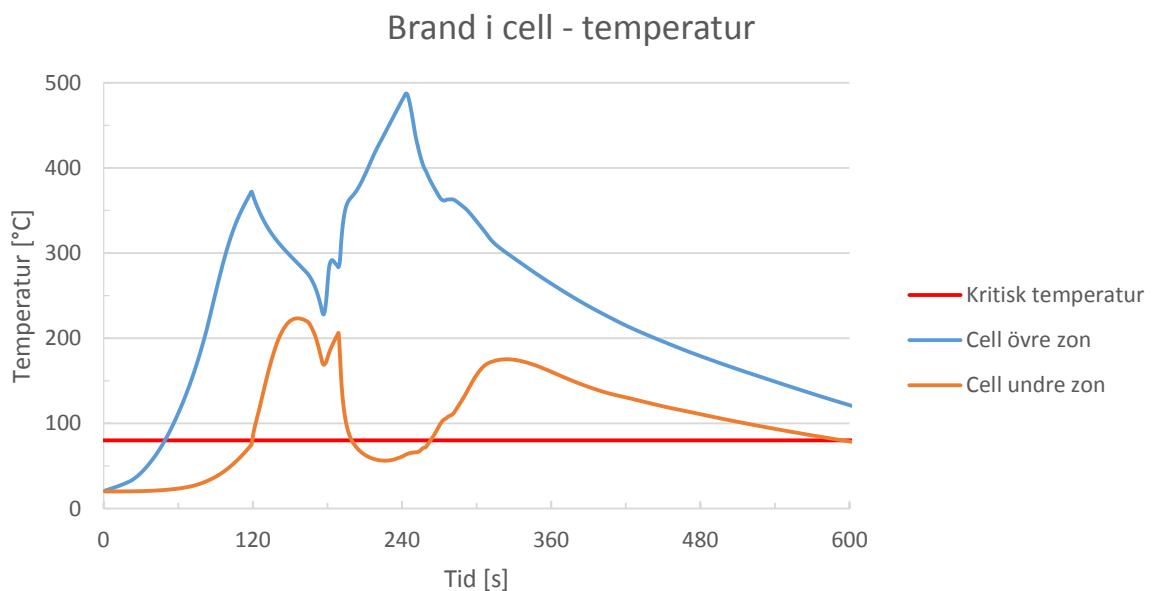
Vid ventiationskontrollerad brand fås en ofullständig förbränning vilket resulterar i att mer kolmonoxid produceras. I simuleringen har ingen hänsyn tagits till att kolmonoxidproduktionen ökar när branden övergår till att bli ventilationskontrollerad. Då ingen hänsyn till kolmonoxidproduktionen tagits kan koncentrationen av kolmonoxid vara högre än resultatet från simuleringen.

Som kan utläsas i Figur 23, når brandgaslagret den kritiska höjden av 1,9 meter redan efter 20 sekunder. Brandgaslagret fortsätter att sjunka för att nå en minsta höjd på 0,4 meter efter ungefär 90 sekunder.



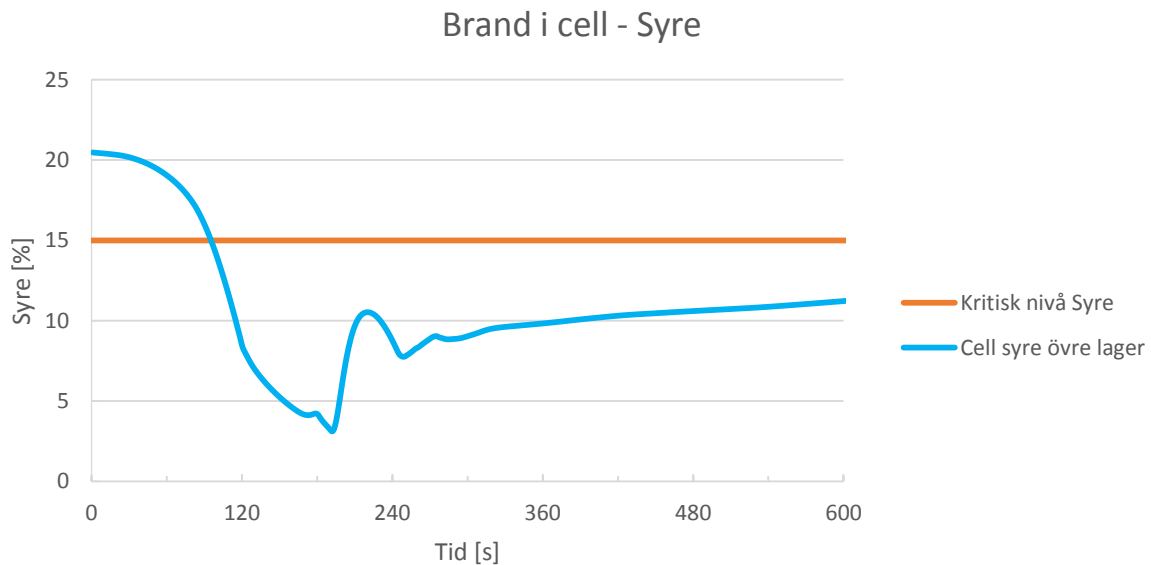
Figur 23. Brandgaslagrets höjd i cellen samt kritisk höjd vid brand i cell.

I Figur 24 nedan, visas temperaturen för den övre och under zonen i cellen. Den övre zonen representerar brandgaslagret och det är den temperaturen som når upp till 80 grader snabbast. Den undre zonen når den kritiska temperaturen efter 120 sekunder. Att temperaturen i den undre zonen fortsätter öka medan det övre avtar beror sannolikt på värmeöverföring från den övre till den undre zonen. När dörren öppnas så sugas kall luft in i undre zonen och sänker temperaturen där.



Figur 24. Temperaturer i övre och undre zonen samt nivå för kritisk temperatur vid brand i cell.

I Figur 25 kan syrgaskoncentrationen utläsas. Syregaskoncentrationen understiger 15 procent efter 95 sekunder.



Figur 25. Syrgaskoncentrationen i cellen samt kritisk nivå för brand i cell.

Den tid det tar för att kritiska förhållanden ska uppstå i cellen efter en brand startat är 20 sekunder.

9.1.4 Tid till kritiska förhållanden i korridoren

Med resultat från de genomförda simuleringarna tas tid till kritiska förhållanden fram för korridoren utanför cellen där branden startat. Tiden till kritiska förhållanden räknas från det att branden startat. I Tabell 11 kan de skadekriterierna som gäller för korridoren, värdena på dessa samt efter vilken tid kriterierna överskrids.

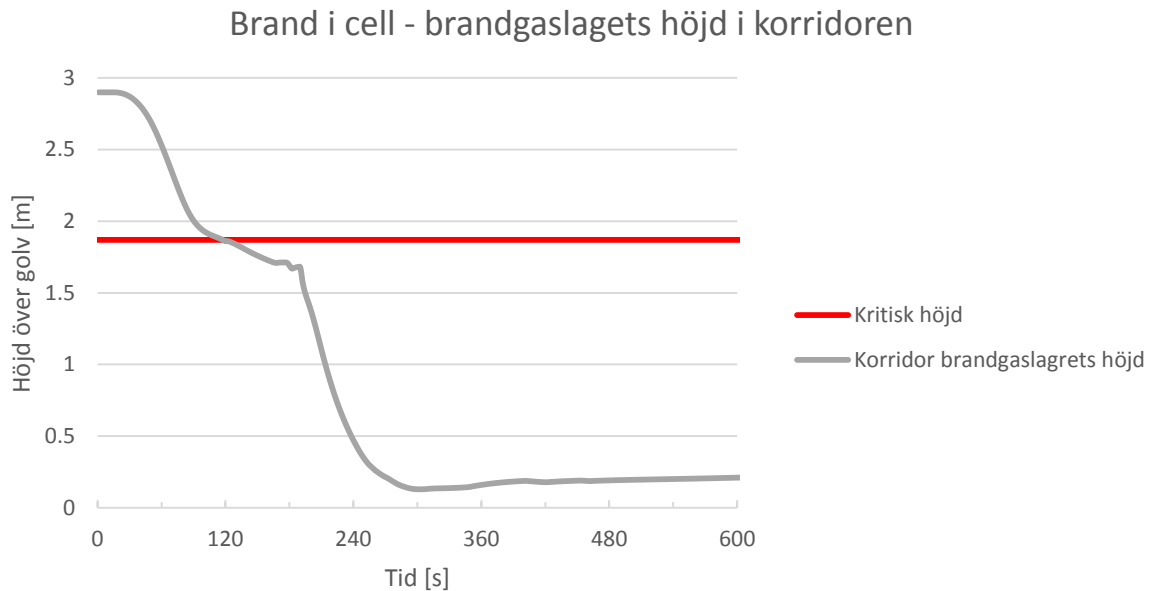
Tabell 11. Tider från brandens start till kritiska förhållanden i korridoren, vid simulering av brand i cell.

Skyddskriterier	Kritiskt förhållande för utrymmet	Tid till kritiskt förhållande [s]
Brandgaslagrets nivå ovan golv	1,9 meter	120
Siktbarhet	Minst 5 meter	-
Värmestrålning	2,5kW max 60kJ	-
Temperatur	80 °C	200
Kolmonoxidkoncentration	(CO) > 2000 ppm	Uppnås aldrig
Koldioxidkoncentration	(CO ₂) > 5%	Uppnås aldrig
Syrgaskoncentration	(O ₂) < 15%	265

Som kan utläsas i tabellen ovan uppstår kritiska förhållanden i korridoren redan efter 120 sekunder då brandgaslagrets nivå kommer under nivån på 1,9 meter. Däremot uppnås aldrig

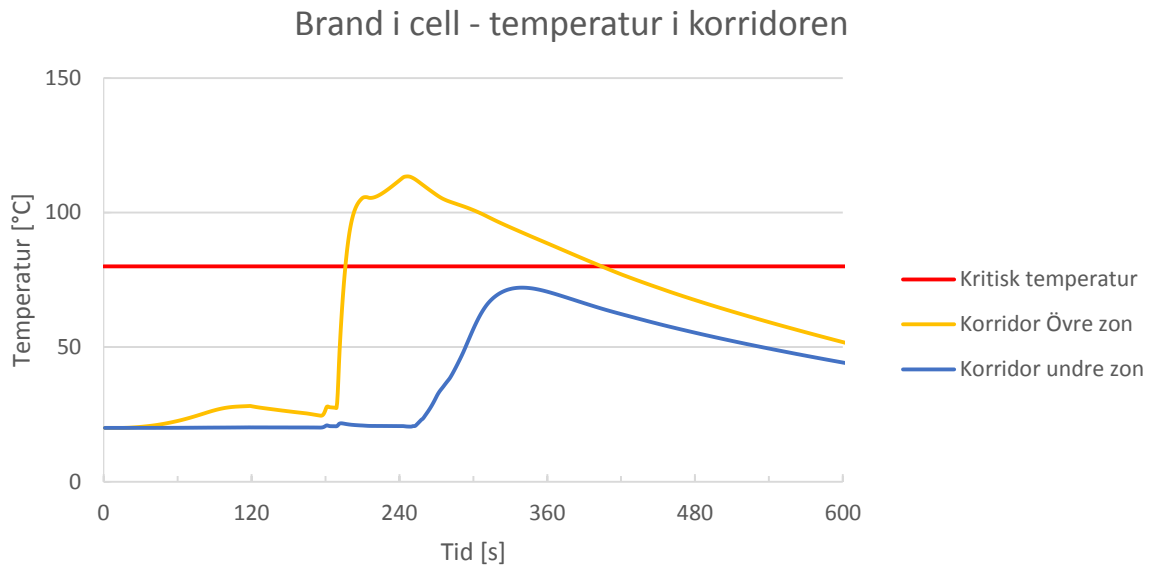
de kritiska koncentrationerna av varken koldioxid eller kolmonoxid. Grafer som beskriver koncentrationerna av koldioxid samt kolmonoxid kan ses i Bilaga C.

Som kan utläsas i Figur 26 når brandgaslagret den kritiska höjden av 1,9 meter efter 120 sekunder. Brandgaslagret fortsätter att sjunka för att nå en minsta höjd på 1,1 meter efter ungefär 300 sekunder. Den kraftiga sänkningen som sker runt 200 sekunder beror på att dörren till cellen är öppen.



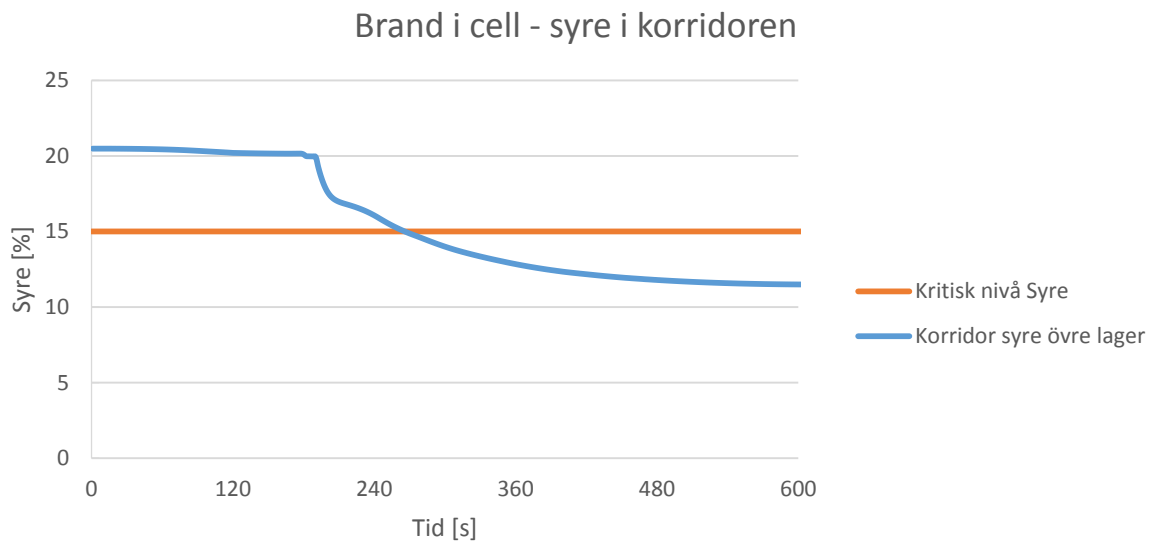
Figur 26. Brandgaslagrets höjd i korridoren vid brand i cell samt brandgaslagrets kritiska höjd.

I Figur 27 visas temperaturen för den övre och den undre zonen i korridoren. Den övre zonen representerar brandgaslagret och det är den temperaturen som når upp till den kritiska temperaturen snabbast efter 200 sekunder. Den undre zonen når aldrig kritisk temperatur.



Figur 27. Temperaturen i korridoren vid brand i cell samt kritisk temperatur.

I Figur 28 kan syrgasnivåerna utläsas. Nivån av syre understiger 15 procent efter 265 sekunder.



Figur 28. Syrgaskoncentrationen i korridoren vid brand i cell samt kritisk nivå.

Den tid det tar för att kritiska förhållanden ska uppstå i korridoren när en brand startat i cellen är 120 sekunder.

9.2 Brand i Pentry

Eftersom brandgaser kan spridas in till cellerna från korridoren utanför simuleras en brand i pentryt för att undersöka detta. En brand där kan potentiellt leda till att kritiska förhållanden

uppstår i korridoren vilket skulle försvåra utrymning av cellerna.

9.2.1 Modelluppbyggnad

Eftersom simuleringen av branden i pentryt har likadan geometri som för brand i cell används samma modelluppbyggnad i CFAST. För simuleringen av brand i pentryt ändras endast brandens position och egenskaper. Måtten som beskriver geometrin finns i Tabell 7 och en skiss över cellbenet samt pentryt kan ses i Figur 21.

9.2.2 Simulering

Från den beräknade effektkurvan för brand i pentryt som kan ses i Figur 17 görs en första simulering med CFAST. Med resultatet från den simuleringen tas värden över den optiska densiteten samt temperatur i översta zonen fram. Branden anses detekteras vid en förhöjd temperatur av 5 grader vilket ger en aktiveringstid på 12 sekunder (Nilsson & Holmstedt, 2008).

När branden simuleras en första gång i CFAST blir den bränslekontrollerad och når maximal effekt efter 6 minuter för att sedan avta. Effektkurvan från den första simuleringen av branden i pentryt används sedan till den andra simuleringen. För att få en proportionerlig massavbrinning under brandens tillväxtfas beräknas en kvot mellan effektutvecklingen och massavbrinningen. Kvoten används för att bestämma massavbrinningen under brandens avsvalningsfas. För att få fram ett sammanvägt resultat används data från de två första delsimuleringarna i en sista simulering i CFAST. Värdena på de olika variablerna från simuleringarna av brand i pentryt finns presenterad i Tabell 12.

Tabell 12. Visar värden på optisk densitet och massavbrinning från simuleringarna.

Delsimulering	Tid [s]	Effekt [kW]	Optisk densitet [m ⁻¹]	Massavbrinning [g/s]
1	70	65	0,46	-
2	360	1500	-	79

9.2.3 Tid till kritiska förhållanden i cellen

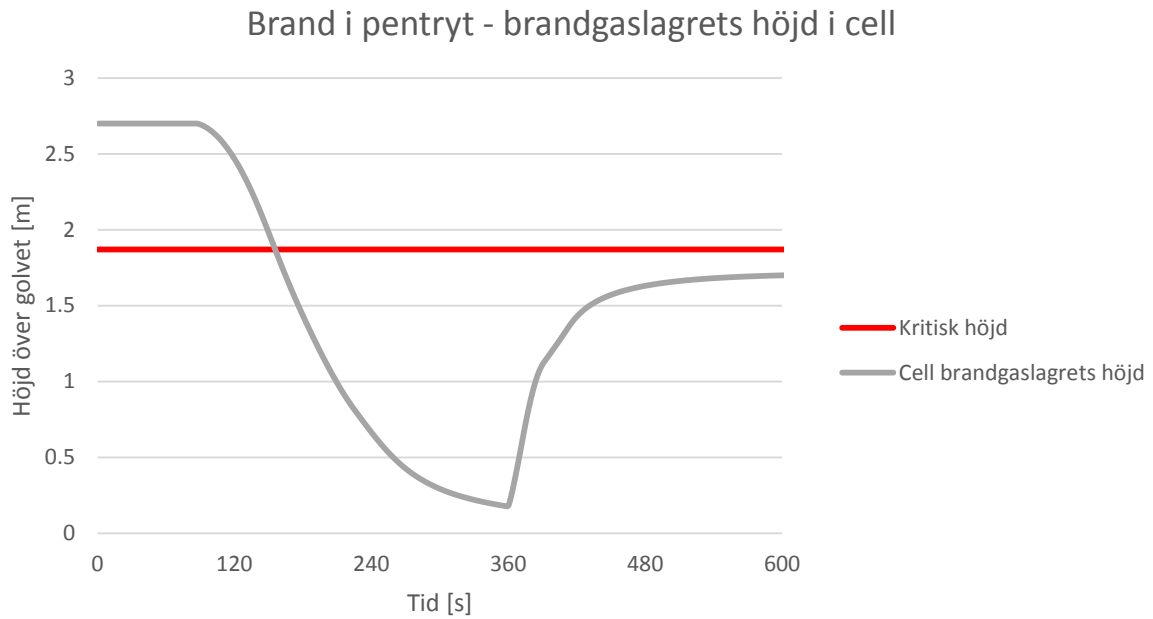
Med resultat från de genomförda simuleringarna för brand i pentryt tas tid till kritiska förhållanden fram för en cell. Tiden till kritiska förhållanden räknas från det att branden startat. I Tabell 13 kan de skadekriterierna som gäller för cellen, värdena på dessa samt efter vilken tid kriterierna överskrids.

Tabell 13. Tid tills dess att kritiska förhållanden har uppstått i cellen vid brand i pentryt uppdelat på respektive kriterier.

Skyddskriterier	Kritiskt förhållande för utrymmet	Tid till kritiskt förhållande [s]
Brandgaslagrets nivå ovan golv	1,9 meter	155
Siktbarhet	Minst 5 meter	-
Värmestrålning	2,5kW max 60kJ	-
Temperatur	80 °C	Uppnås aldrig
Kolmonoxidkoncentration	(CO) > 2000 ppm	Uppnås aldrig
Koldioxidkoncentration	(CO ₂) > 5%	Uppnås aldrig
Syrgaskoncentration	(O ₂) < 15%	Uppnås aldrig

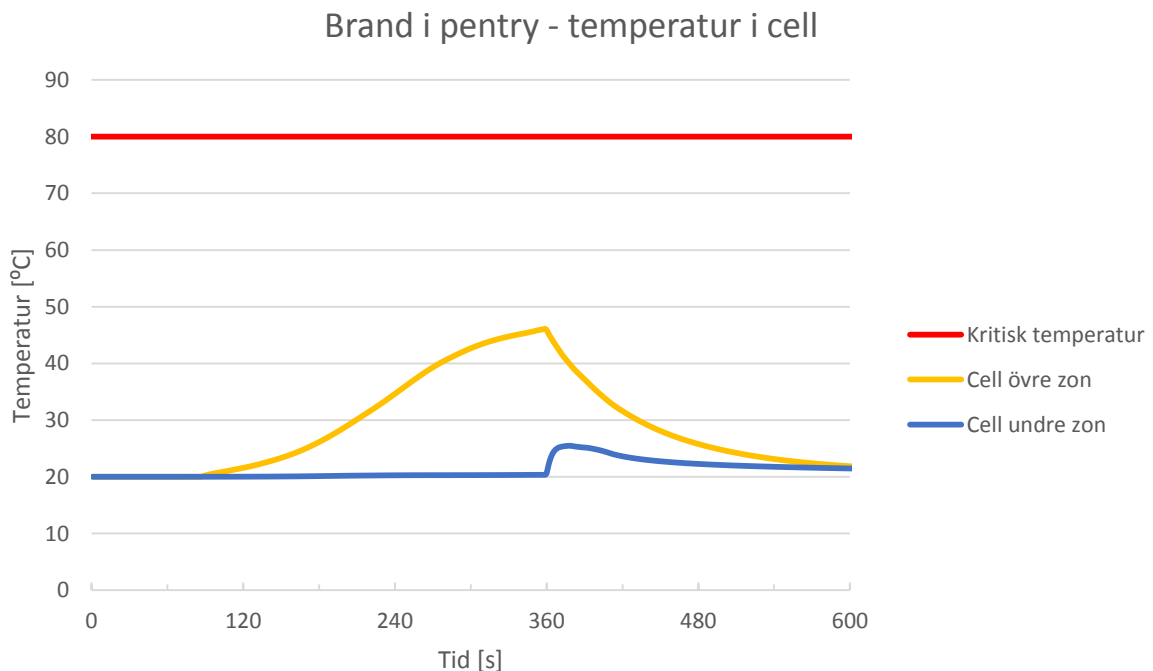
Som kan utläsas ur tabellen ovan uppstår kritiska förhållanden i cellen efter 155 sekunder då brandgaslagrets nivå kommer under 1,9 meter. Temperaturen kommer aldrig att överstiga 80 grader och inte heller koncentrationerna av koldioxid eller kolmonoxid överstiger de kritiska värdena. Syrgaskoncentrationen i cellen understiger inte heller det kritiska värdet av 15 procent. Graferna som beskriver kolmonoxid, koldioxid och syrkoncentration kan ses i Bilaga D.

Som kan utläsas i Figur 29, når brandgaslagret den kritiska höjden av 1,9 meter redan efter 155 sekunder. Brandgaslagret fortsätter att sjunka för att nå en minsta höjd på 0,2 meter efter ungefär 355 sekunder. Att brandgaslagrets höjd förbättras efter 360 sekunder i modellen beror på att när temperaturen i korridoren sjunker på grund av att branden avtar samt värmeförlust till korridorens väggar. Då bildas ett undertryck och korridoren kommer därför suga tillbaka luft från cellen. Cellen i sin tur får frisk luft från fönstret. Detta representerar sannolikt inte verkligheten på ett bra sätt men vid detta skeende i förloppet har det mindre betydelse då kritiska förhållanden råder.



Figur 29. Brandgaslagrets höjd över golvet i cellen vid brand i pentryt samt kritisk höjd.

I Figur 30 kan temperaturen från både det övre och under lagret avläsas. Temperaturen överstiger aldrig 80 grader utan kommer som högst upp i 45 grader efter 355 sekunder. När brandgaslagret nått sin kritiska höjd är temperaturen i cellen 25 grader.



Figur 30. Temperaturen i den övre respektive undre zonen i cellen vid en brand i pentryt samt kritisk temperatur.

Den tid det tar för att kritiska förhållanden ska uppstå i cellen vid en brand i pentryt är 155 sekunder.

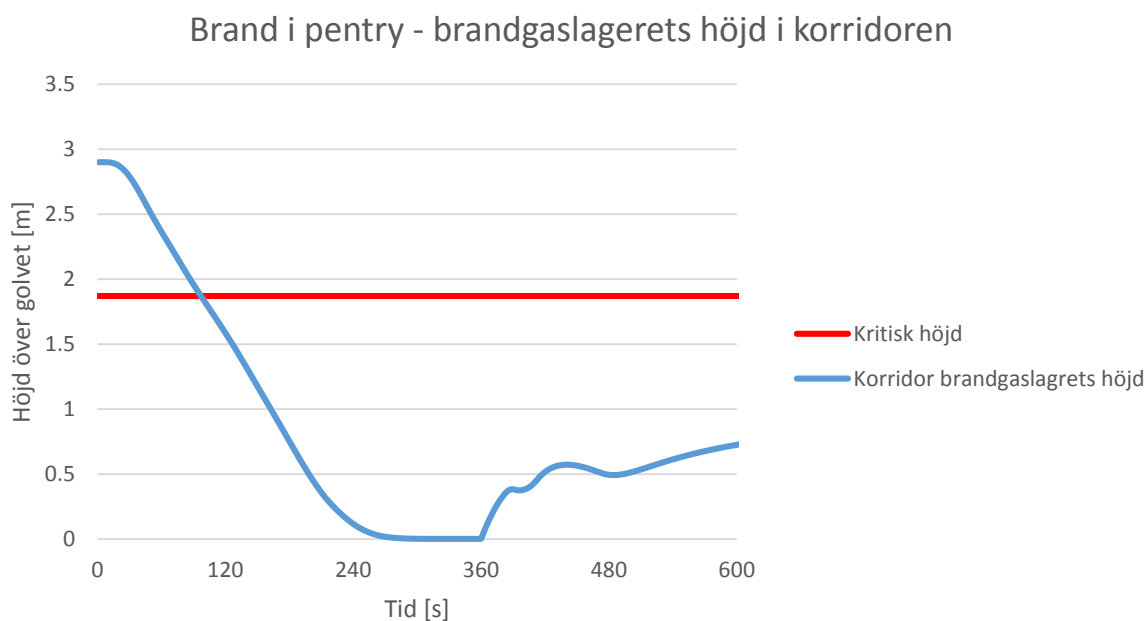
9.2.4 Tid till kritiska förhållanden i korridoren

Med resultat från de genomförda simuleringarna tas tid till kritiska förhållanden fram för korridoren vid brand i pentryt. I Tabell 14 kan de skadekriterierna som gäller för korridoren, värdena på dessa samt efter vilken tid kriterierna överskrids ses.

Tabell 14. Tid tills dess att kritiska förhållanden har uppstått i korridoren vid brand i pentryt uppdelat på respektive kriterier.

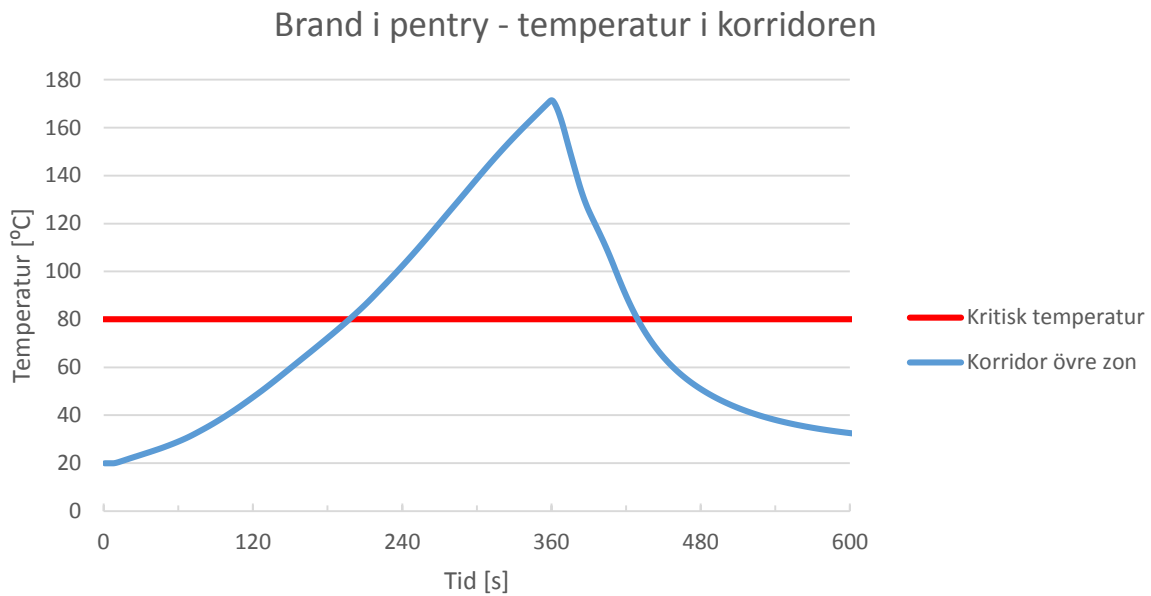
Skyddskriterier	Kritiskt förhållande för utrymmet	Tid till kritiskt förhållande [s]
Brandgaslagrets nivå ovan golv	1,9 meter	100
Siktbarhet	Minst 5 meter	-
Värmestrålning	2,5kW max 60kJ	-
Temperatur	80 °C	200
Kolmonoxidkoncentration	(CO) > 2000 ppm	380
Koldioxidkoncentration	(CO ₂) > 5%	340
Syrgaskoncentration	(O ₂) < 15%	310

Som kan utläsas i Figur 31 når brandgaslagret den kritiska höjden av 1,9 meter redan efter 100 sekunder. Brandgaslagret fortsätter att sjunka och når efter 280 sekunder golvet.



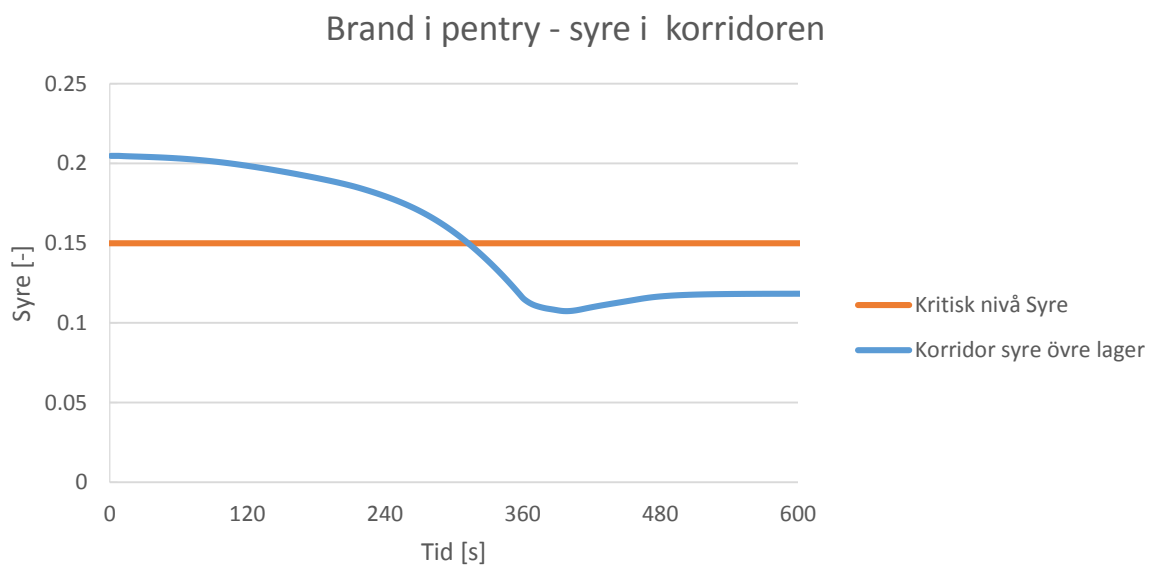
Figur 31. Brandgaslagrets höjd över golvet i korridoren vid brand i pentryt samt kritisk höjd.

Temperaturen i brandgaslagret når gränsvärdet på 80 grader efter 200 sekunder, se Figur 32.



Figur 32. Temperaturen i brandgaslagret i korridoren vid brand i pentryt samt kritisk temperatur.

Syrgaskoncentrationen i korridoren finns att se i Figur 33 nedan. Den kritiska andelen syre nås efter 310 sekunder.



Figur 33. Syrgaskoncentrationen i korridoren vid simulering av brand i pentryt samt kritisk nivå.

Den tid det tar för att kritiska förhållanden ska uppstå i korridoren vid en brand i pentryt är 100 sekunder.

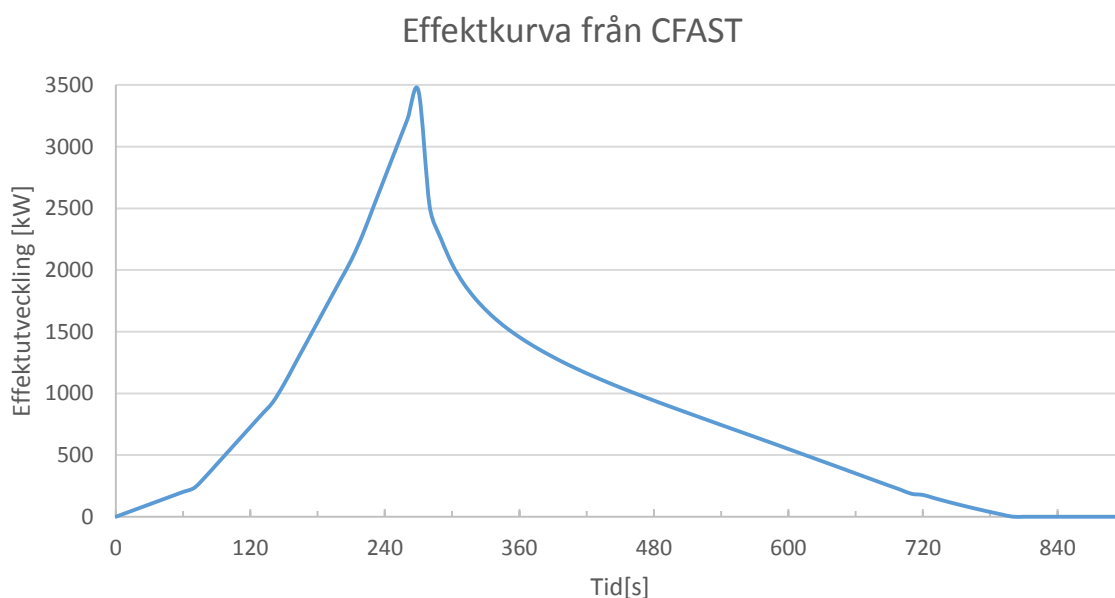
9.3 Brand i klädförråd

Av de olika brandscenarierna i verkstadsområdet valdes en brand i klädförrådet. En brand där anses få den högsta effektutvecklingen jämfört med en brand i verkstaden eller i tvättstugan. Om en brand skulle uppstå i klädförrådet blockeras dessutom den enda utrymningsvägen från tvättstugan som är belägen inuti klädförrådet och skapar då det värsta troliga scenariot i verkstadsområdet. Det finns en dörr ut från tvättstugan som leder ut till klädförrådet. Från klädförrådet finns sedan en dörr in i trapphuset och en ut till det fria.

Under en brandövning på anstalten fylldes verkstaden med kallrök som då spreds till intilliggande utrymmen. Röken spreds genom springor i dörren till trapphuset som binder samman tvättstugan och verkstaden. Dessutom spreds rök till den ovanliggande studierumskorridoren där trapphuset är den enda utrymningsvägen.

9.3.1 Modelluppbyggnad

För att kontrollera om branden blir bränslekontrollerad eller ventilationskontrollerad används CFAST. En förenklad modell av byggnaden skapas där dörrar läcker ut till det fria för att minska tryckuppbyggnaden. Det visar sig att branden blir ventilationskontrollerad och effektkurvan i Figur 34 sparas för att användas till simuleringen i FDS.



Figur 34. Effektkurva som fås från simuleringen i CFAST som sedan användas i FDS.

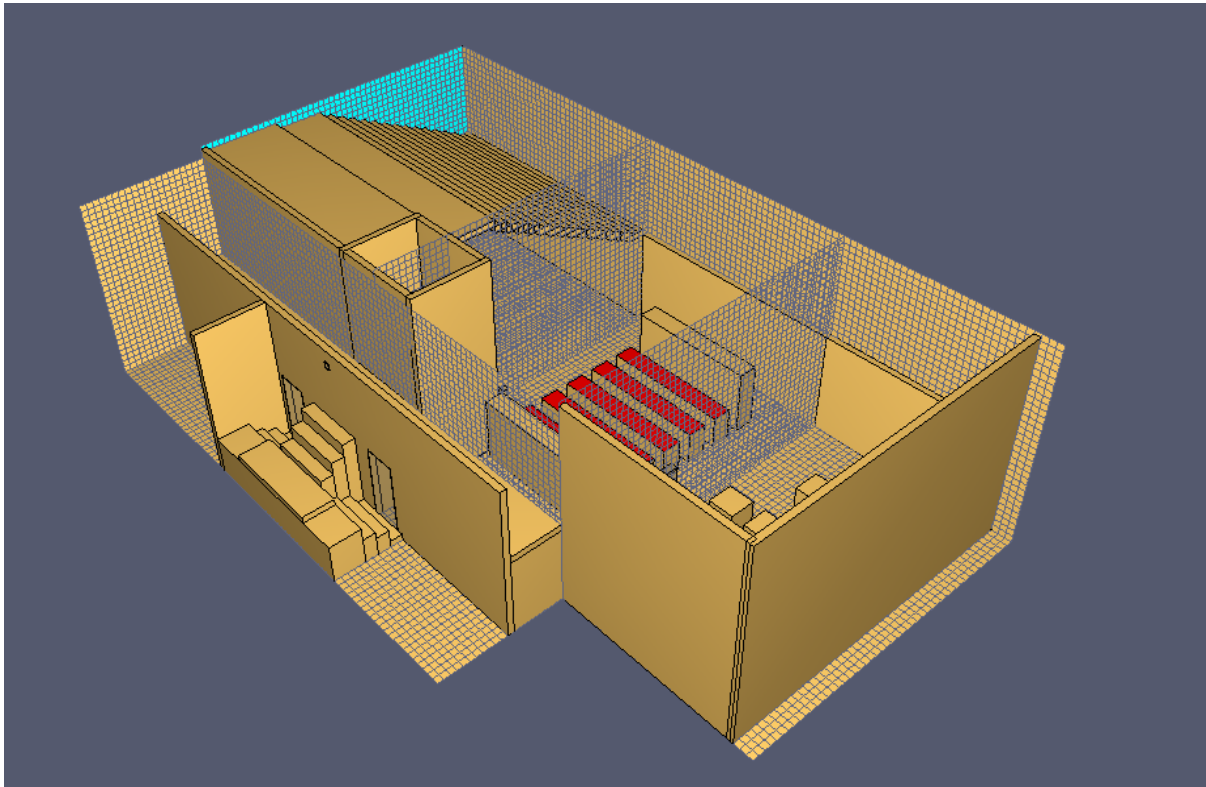
Modellen för klädförrådet består av en relativt komplicerad geometri då den innefattar flera olika rum, trapphus och snedtak i några utav rummen. Geometrin till verkstadsområdet byggs upp med hjälp av programmet Pyrosim och snedtaket modelleras som trappformat för att följa cellgränserna. Hela modellen delas upp i fyra olika meshar fördelade på tvättstuga, klädförråd, verkstad samt en för trapphuset inklusive korridoren. I Figur 35 redovisas hur modellen ser ut i Pyrosim. Väggarna mellan klädförråd och övriga rum samt vissa delar av taket har gjorts osynliga för att ge en bättre översikt. Samtliga väggar är inerta och brandgaserna kommer

därför förlora energi till dem. I väggen mellan studierumskorridoren och klädförrådet sitter det fönster. Eftersom det är snedtak i tvättstugan, klädförrådet och verkstaden används funktionen no slip i FDS. Detta gör att taket blir uppbyggt med trappsteg som följer cellgränserna då en trappformad geometri annars skulle skapa turbulens. För att minska tryckuppbyggnad öppnas den borte väggen i verkstaden upp ut mot det fria samtidigt som verkstaden förbinds med klädförrådet med en liten öppning i golvhöjd. I de olika rummen placeras mätpunkter ut för att samla in data som kan användas för att ta fram kritiska förhållanden. De värden som mäts är temperatur, tryck, brandgaslagrets höjd, optisk dämpning av ljus och koncentrationer av syre, kolmonoxid och koldioxid. Mätningen av optisk dämpning av ljus görs genom att definiera två punkter och sedan mäta dämpningen mellan dessa punkter. En rökdetektor med standardegenskaperna som FDS föreslår placeras nästan längst upp i taket ovanför hyllorna närmast trapphuset. Anledningen att den placeras där är att en detektor observerades där vid besöket. För att göra en validering av modellen används funktionen slicefiles i FDS. Funktionen fungerar som en skiva genom modellen där mätvärden visuellt presenteras som nivåkurvor.

De fem hyllorna i mitten av totalt sju hyllor och minskas till en höjd på 1 meter där effektutvecklingen fördelas på de fem hyllornas ovansida. Detta görs för att representera en brand på en realistisk höjd. Genom att använda effektutvecklingen från simuleringen i CFAST används funktionen ramp i nästa simulering där en fraktion av maxeffekten används varje sekund. För att bestämma bränslets egenskaper används värden för cellulosa som har en sotproduktion på 0,015 g/g från tabell 3-4.14 (Tewarson, 2002). Detta görs då bomull i huvudsakligen består av cellulosa.

För att simulera springor i dörrar har de förenklats till ett hål stort som en cell. Dessa hål placeras från dörrens ovankant och en cell ner.

I Figur 35 visas en bild över geometrin av verkstadsområdet från simuleringsprogrammet och i Tabell 15 finns en beskrivning av måtten för utrymmena.



Figur 35. Visar geometrin av verkstadsområdet uppbyggt i Pyrosim.

Tabell 15. Presentation av de uppmätta utrymmena i verkstadsområdet.

Utrymme	Längd [m]	Bredd [m]	Höjd [m]
Tvättstuga	5,6	10	6
Klädförråd	7	9,6	6
Verkstad	8,6	10	6
Trapphus	5,6	4	4,8
Korridor	16,2	1,6	2,2

9.3.2 Simulering

Efter att simuleringen är klar fås data fram som i vissa fall behöver behandlas ytterligare. Då inga utdata för optiskdensitet eller sikt fås från simuleringens måste dessa istället beräknas fram. Optisk densitet och sikt beräknas genom att använda Ekvation 7 och Ekvation 8 i Bilaga E (Nilsson & Holmstedt, 2008, s. 56). Detektoraktivering sker efter 25 sekunder.

9.3.3 Tid till kritiska förhållanden för klädförrådet

Med resultat från de genomförda simuleringarna tas tid till kritiska förhållanden fram för klädförrådet där branden startat. I Tabell 16 nedan kan de skadekriterierna som gäller för klädförrådet, värdena på dessa samt efter vilken tid kriterierna överskrids ses.

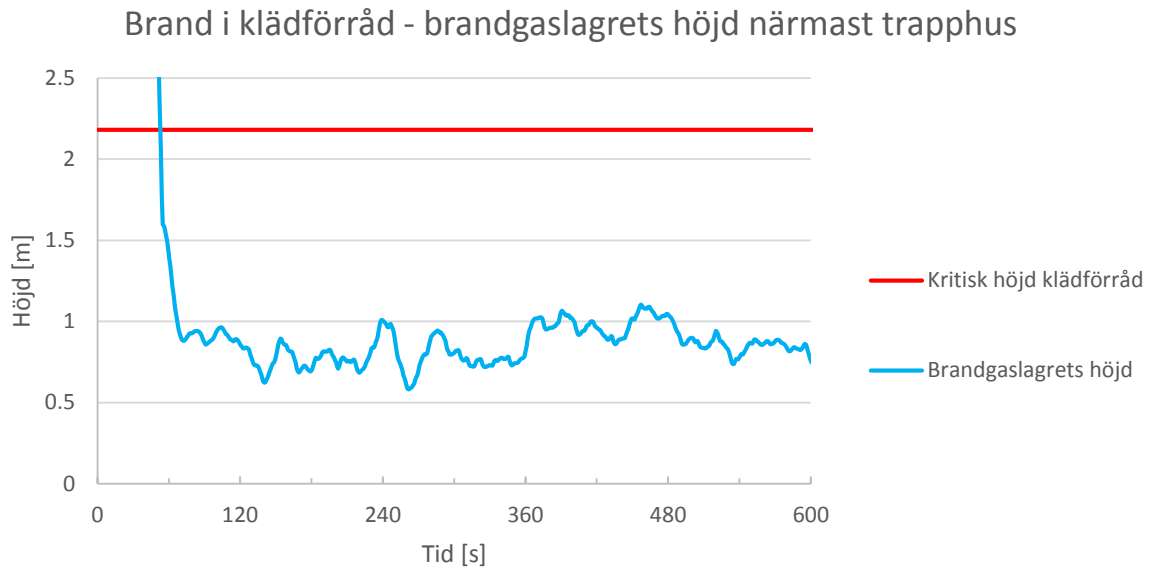
Tabell 16. Visar tiden till kritiska förhållanden i klädförrådet vid brand.

Skyddskriterier	Kritiskt förhållande för utrymmet	Tid till kritiskt förhållande [s]
Brandgaslagrets nivå ovan golv	Två meter från golv	40
Siktbarhet	Minst 5 meter	130
Värmestrålning	2,5kW max 60kJ	-
Temperatur	80 °C	130
Kolmonoxidkoncentration	(CO) > 2000 ppm	Uppnås aldrig
Koldioxidkoncentration	(CO ₂) > 5%	255
Syrgaskoncentration	(O ₂) < 15%	240

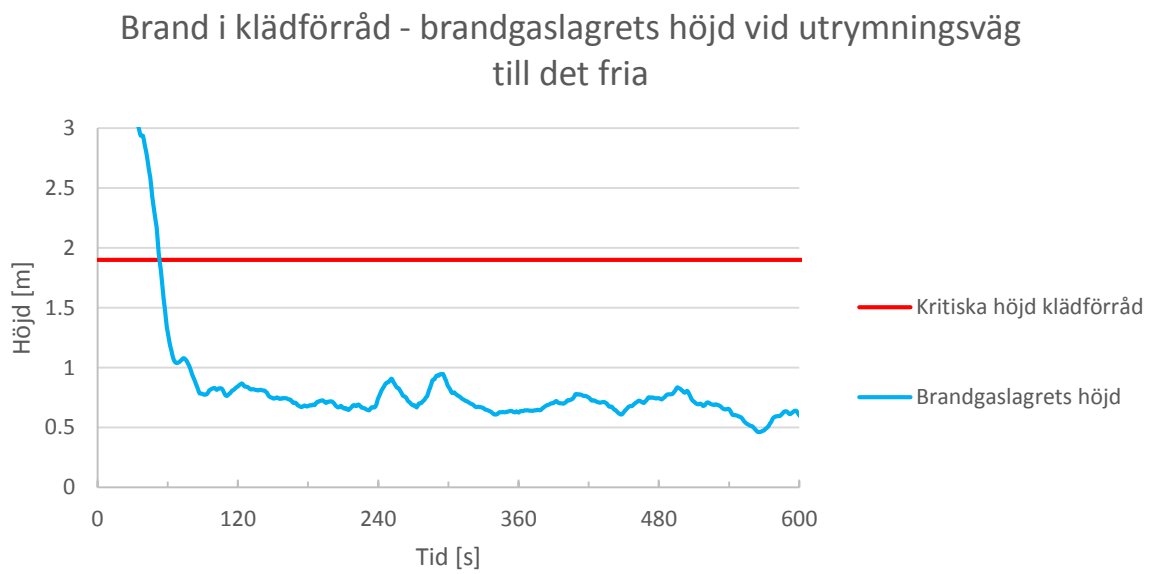
Temperaturen i klädförrådet överstiger 80 grader efter 130 sekunder. Koncentrationen av koldioxid överstiger gränsvärdet efter 255 sekunder i klädförrådet och syrekoncentrationen sjunker under 15 % efter 240 sekunder. Kritisk nivå för kolmonoxid uppnås aldrig i utrymmet och grafen som beskriver koncentrationen av kolmonoxid finns i Bilaga E.

Vid ventiationskontrollerad brand fås en ofullständig förbränning vilket resulterar i att mer kolmonoxid produceras. I simuleringen har ingen hänsyn tagits till att kolmonoxidproduktionen ökar när branden övergår till att bli ventilationskontrollerad. Då ingen hänsyn till kolmonoxidproduktionen tagits kan koncentrationen av kolmonoxid vara högre än resultatet från simuleringen.

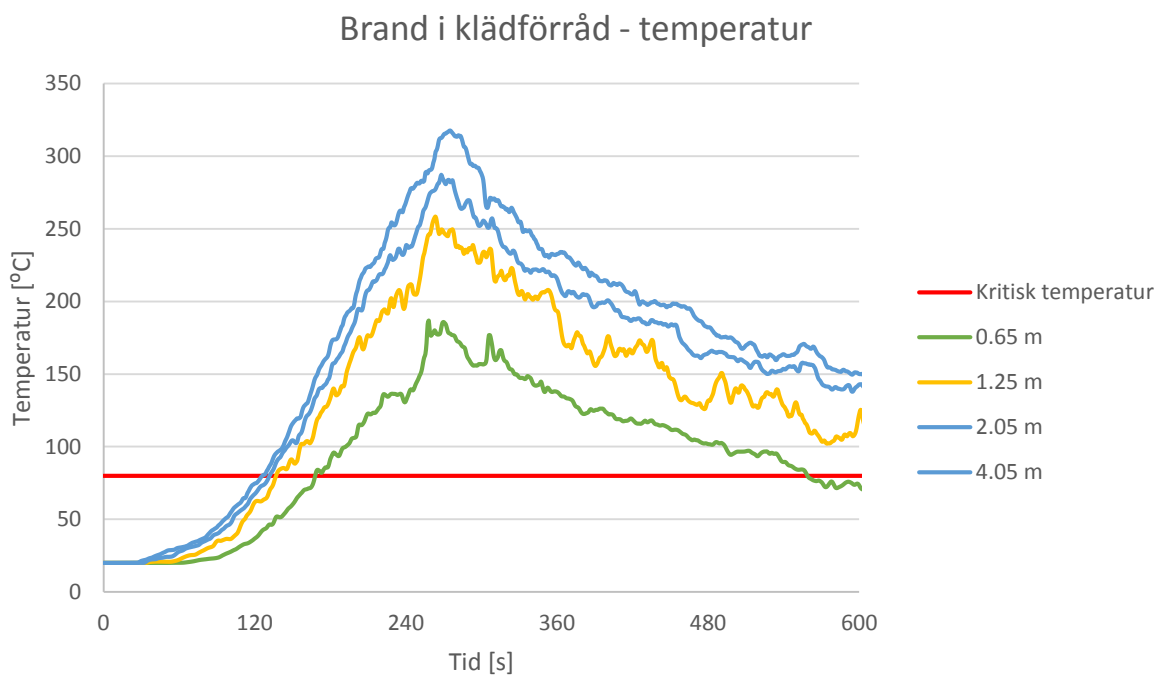
Som kan utläsas i Figur 36 och Figur 37 uppstår kritiska förhållanden i klädförrådet redan efter 40 sekunder då brandgaslagrets nivå över golvet kommer under 2 meter. Noterbart är att lagret sjunker mycket snabbt för att sedan stabiliseras. Anledningen till detta är att mätpunkterna inmatade i FDS är placerade nära väggen. När plymen med brandgaser träffar taket sprids gaserna längs med taket för att sedan spridas ner längs väggarna i ganska hög fart. Brandgaslagret kommer därför sjunka snabbare i närheten av väggarna vilket gör att mätningen kanske inte är helt tillförlitlig. Istället används mätpunkter placerade i trapphuset utanför klädförrådet bredvid dörren mellan rummen för att få fram de kritiska förhållandena. Dessutom används mätpunkter placerade mitt i tvättstugan bredvid klädförrådet för att ge en mer representativ bild av höjden på brandgaslagret. I Figur 38, Figur 39 och Figur 40 visas diagrammen över de kritiska förhållanden med avseende på temperatur, syre och koldioxid.



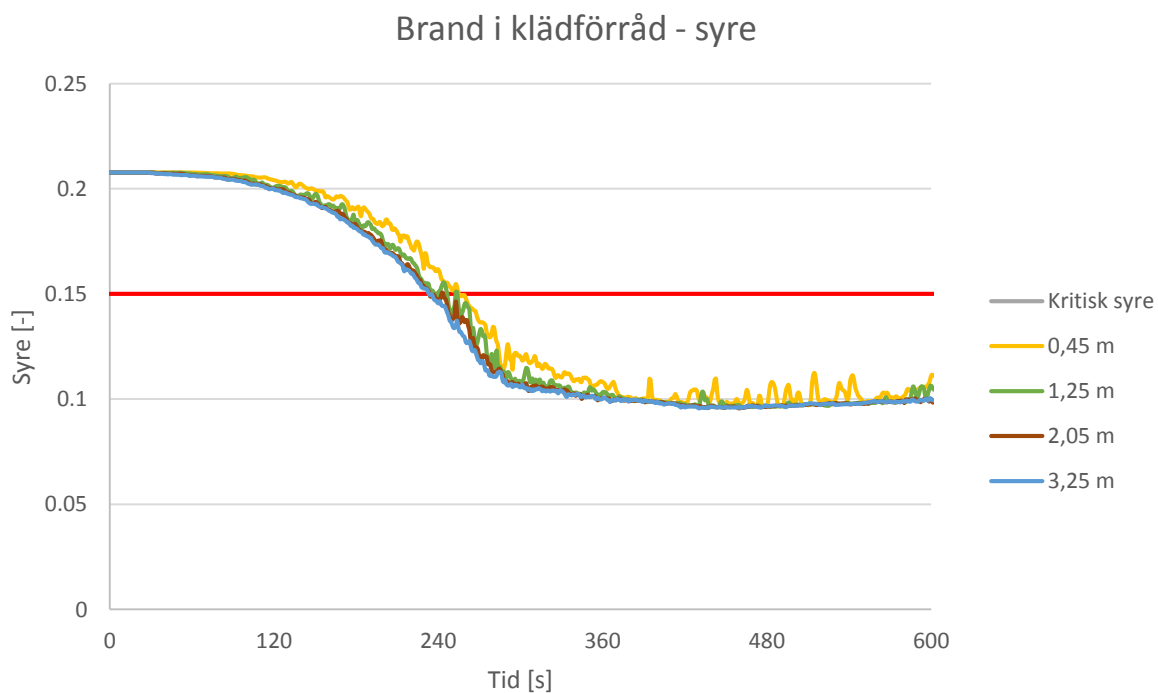
Figur 36. Brandgaslagrets uppmätta höjd i klädförrådet samt kritisk höjd.



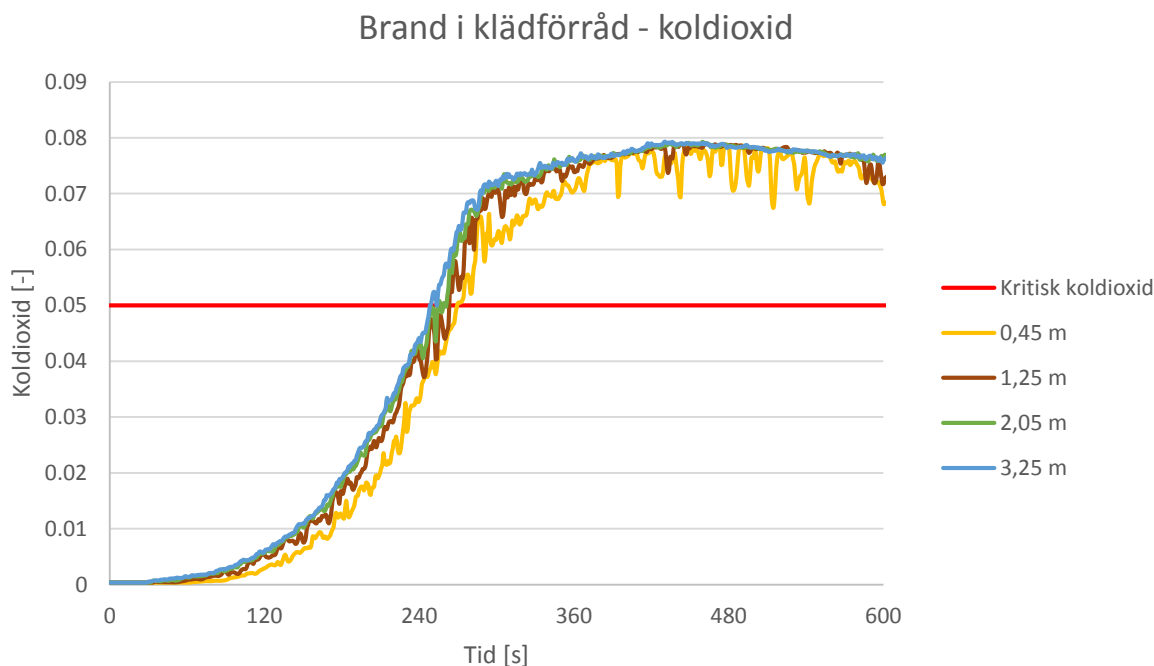
Figur 37. Brandgaslagrets uppmätta höjd i klädförrådet samt kritisk höjd.



Figur 38. Temperaturen i klädförråd vid olika höjder samt kritisk temperatur.



Figur 39. Syrgaskoncentration i klädförrådet vid olika höjder samt kritisk nivå.



Figur 40. Koldioxidkoncentrationen i klädförrådet vid olika höjder samt kritisk nivå.

Den tid det tar tills dess att kritiska förhållanden uppstår i klädförrådet är 40 sekunder.

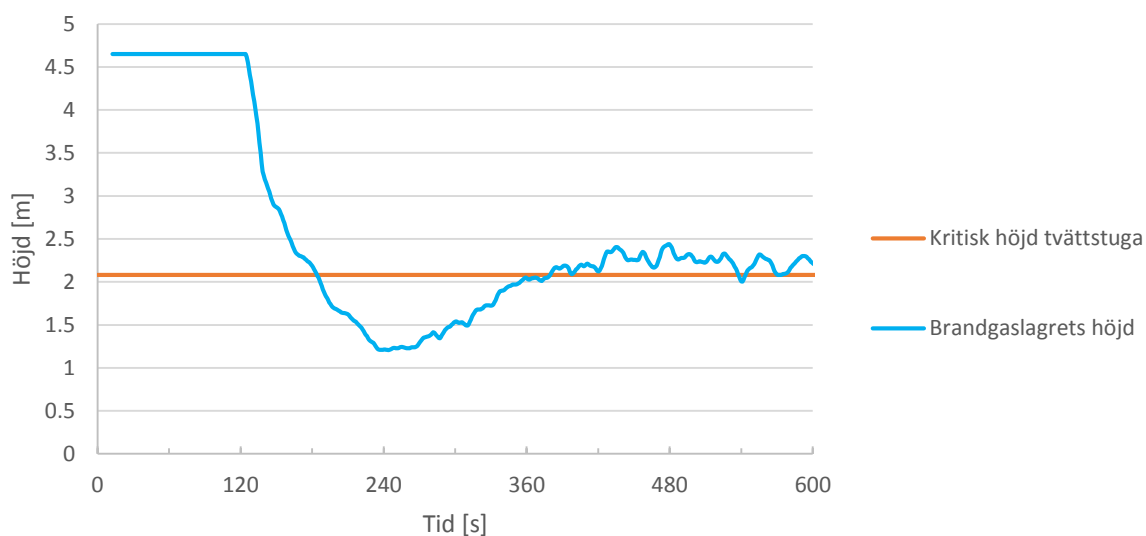
9.3.4 Tid till kritiska förhållanden för tvättstuga

I Tabell 17 redovisas tider till kritiska förhållanden och det är brandgaslagrets höjd som blir kritiskt först. Figur 41 visar brandgaslagrets höjd under hela brandförloppet. I tvättstugan nås kritiska koncentrationer av koldioxid och syre efter 520 sekunder respektive 420 sekunder, se Figur 42 och Figur 43. Kritisk nivå för kolmonoxid uppnås aldrig i något av utrymmena, se Bilaga E.

Tabell 17. Visar tiden till kritiska förhållanden i tvättstugan.

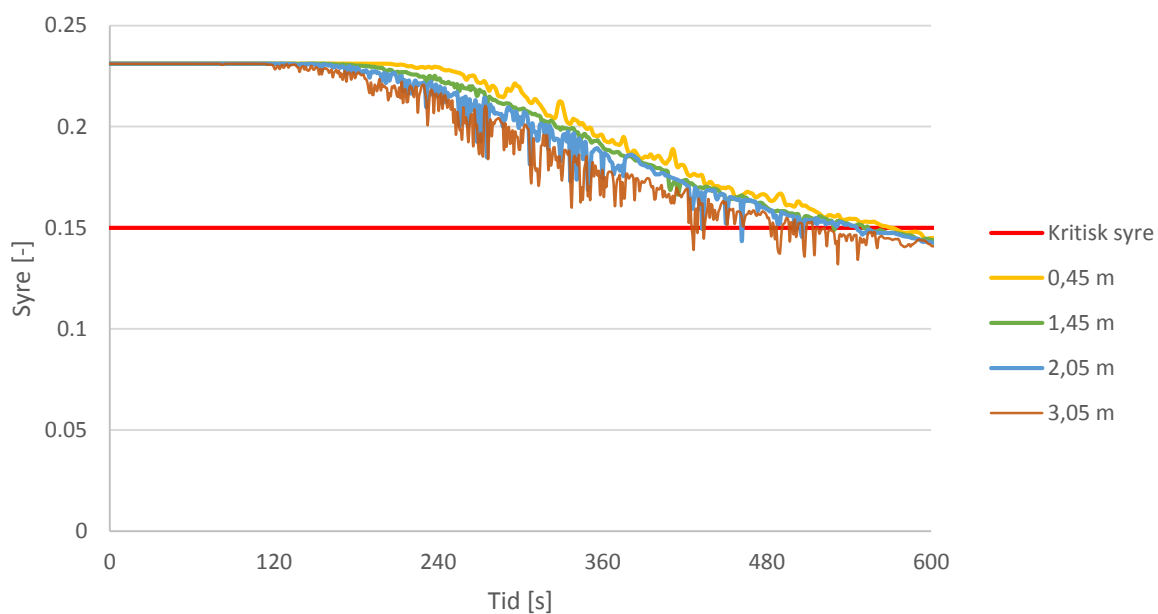
Skyddskriterier	Kritiskt förhållande för utrymmet	Tid till kritiskt förhållande [s]
Brandgaslagrets nivå ovan golv	Två meter från golv	180
Siktbarhet	Minst 5 meter	225
Värmestrålning	2,5kW max 60kJ	-
Temperatur	80 °C	250
Kolmonoxidkoncentration	(CO) > 2000 ppm	Uppnås aldrig
Koldioxidkoncentration	(CO ₂) > 5%	520
Syrgaskoncentration	(O ₂) < 15%	420

Brand i klädförråd - brandgaslagrets höjd i tvättstugan



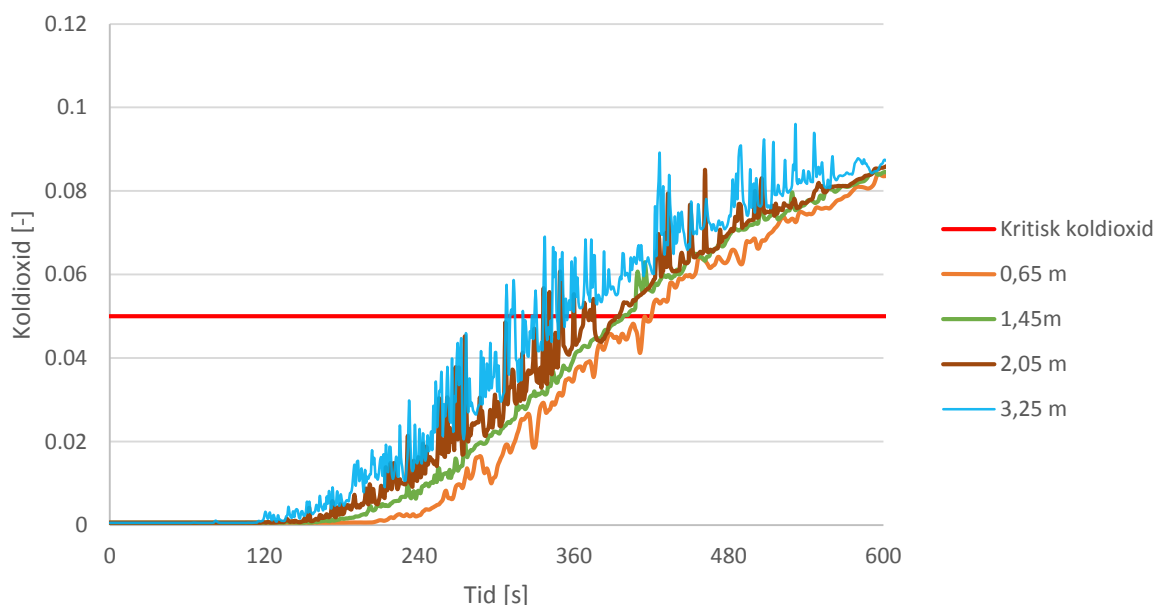
Figur 41. Brandgaslagrets höjd i tvättstugan samt den kritiska höjden utmärkt.

Brand i klädförråd - syre i tvättstugan



Figur 42. Visar syrgasnivåer på olika höjd i tvättstugan.

Brand i klädförråd - koldioxid i tvättstugan



Figur 43. Visar koldioxidkoncentration i tvättstugan.

I tvättstugan uppnås de kritiska förhållandena efter 180 sekunder.

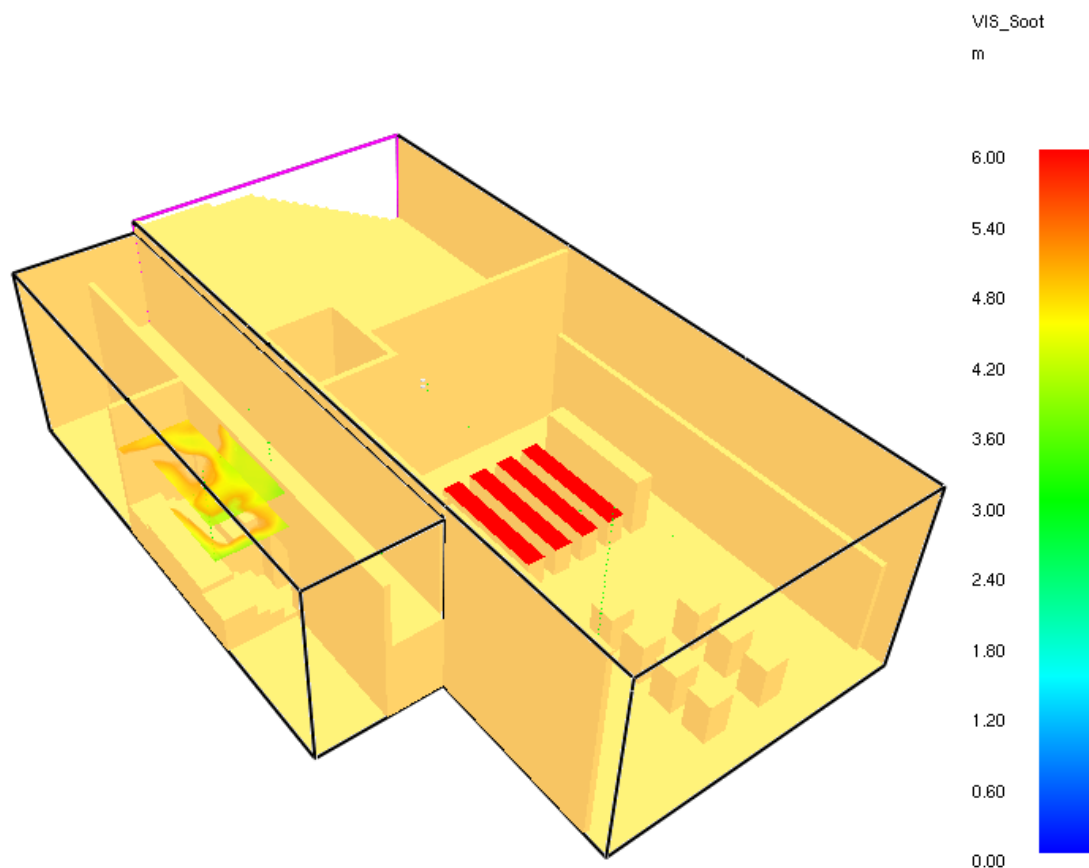
9.3.5 Tid till kritiska förhållanden för trapphus

Med resultat från de genomförda simuleringarna för brand i klädförråd tas tid till kritiska förhållanden fram för trapphuset som binder samman verkstadsområdet med studierumskorridoren. I Tabell 18 kan de skadekriterierna som gäller för trapphuset ses, värdena på dessa samt efter vilken tid kriterierna överskrids. I Figur 44 visas en ögonblicksbild med en horisontell skiva för sikt i trapphuset. Skivorna som är placerade två meter ovanför platån i trapphuset samt två meter ovanför översta trappsteget. Skivorna blir synliga och får färg så fort sikten är kortare än fem meter. Det går därför att urskilja att sikten i trapphuset delvis har mindre än fem meters sikt redan vid 190 sekunder.

Tabell 18. Visar tiden till kritiska förhållanden i trapphuset.

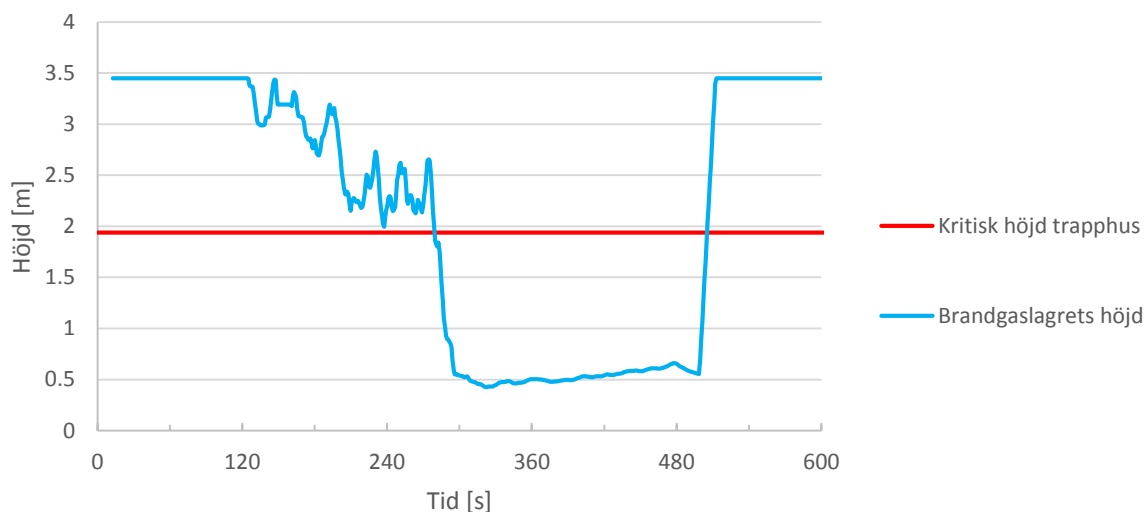
Skyddskriterier	Kritiskt förhållande för utrymmet	Tid till kritiskt förhållande [s]
Brandgaslagrets nivå ovan golv	Två meter från golv	150
Siktbarhet	Minst 5 meter	225
Värmestrålning	2,5kW max 60kJ	-
Temperatur	80 °C	235
Kolmonoxidkoncentration	(CO) > 2000 ppm	Uppnås aldrig
Koldioxidkoncentration	(CO ₂) > 5%	Uppnås aldrig
Syrgaskoncentration	(O ₂) < 15%	Uppnås aldrig

Som kan utläsas i Tabell 18 uppstår kritiska förhållanden efter 150 sekunder då brandgaslagrets nivå når två meter över golvet. Värt att notera är att detta förhållande pulserar mellan kritiskt och acceptabelt. Först vid 200 sekunder börjar röklagret bli konstant under kritiskt förhållande i trapphuset. I Figur 45 försvinner brandgaslagret nästan momentant strax innan 500 sekunder. Detta beror på att vid den tiden i simuleringen har brandgaserna svalnat till rumstemperatur. Det bör ta längre tid, men då väggarnas temperatur inte höjs i denna simulering är värmeförlusterna till väggar högre än i verkligheten. Detta påverkar egentligen endast den senare delen av simuleringen. Höjden är mätt från mellanvåningen på trappan, det vill säga där man kommer in och ut från byggnad F.



Figur 44. Ögonblicksbild vid 190 sekunder. I trapphuset finns slicefile för sikt trunkerad på fem meter.

Brand i klädförråd - brandgaslagrets höjd i trapphus

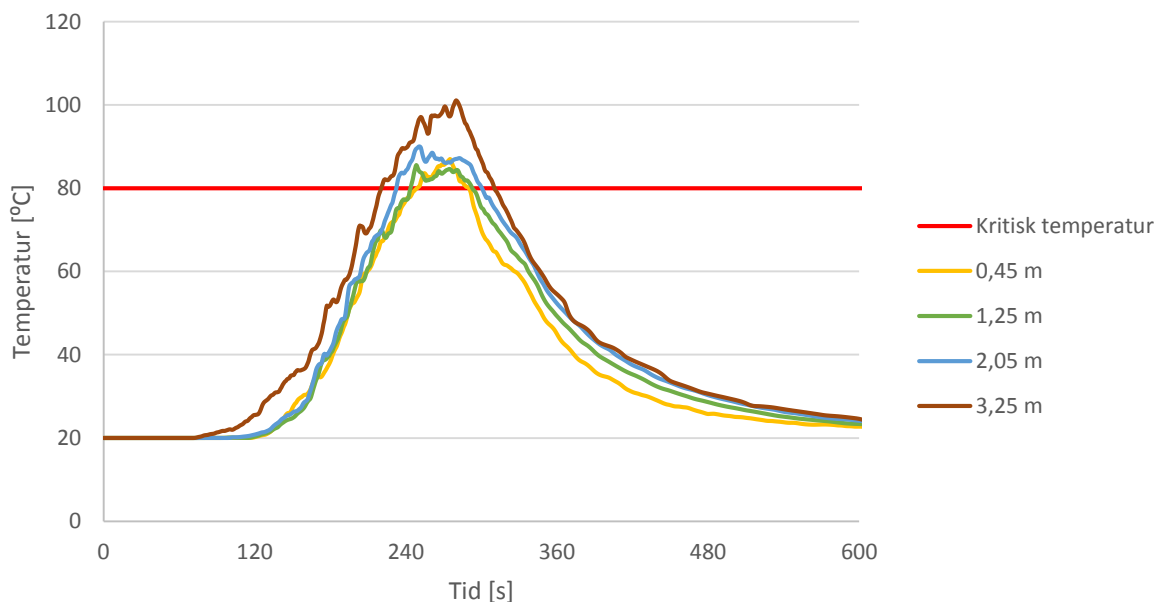


Figur 45. Brandgaslagrets uppmätta höjd, ett medelvärde av höjden i trapphuset samt kritisk höjd.

Som kan ses i Figur 46 överstiger den kritiska temperaturen på 80 grader i trapphuset efter 235 sekunder. Koncentrationerna av koldioxid, kolmonoxid och syre når aldrig de kritiska nivåerna och grafer över dessa kan ses i Bilaga E.

Den tid det tar för att kritiska förhållanden ska uppstå i trapphuset vid en brand i klädförrådet är 150 sekunder.

Brand i klädförråd - temperatur i trapphuset



Figur 46. Temperatur i trapphus vid brand i klädförrådet.

9.3.6 Tid till kritiska förhållanden för studierumskorridoren

Med resultat från de genomförda simuleringarna tas tid till kritiska förhållanden fram för studierumskorridoren vid brand i klädförrådet. I Tabell 19 kan de skadekriterierna som gäller för korridoren, värdena på dessa samt efter vilken tid kriterierna överskrids.

Tabell 19. Visar tiden till kritiska förhållanden i korridoren.

Skyddskriterier	Kritiskt förhållande för utrymmet	Tid till kritiskt förhållande
Brandgaslagrets nivå ovan golv	Två meter från golv	Uppnås aldrig
Siktbarhet	Minst 5 meter	Uppnås aldrig
Värmestrålning	2,5 kW max 60kJ	-
Temperatur	80 °C	Uppnås aldrig
Kolmonoxidkoncentration	(CO) > 2000 ppm	Uppnås aldrig
Koldioxidkoncentration	(CO ₂) > 5%	Uppnås aldrig
Syrgaskoncentration	(O ₂) < 15%	Uppnås aldrig

Inga kritiska nivåer uppnås enligt simuleringen i studierumskorridoren. Däremot kan man ifrågasätta rimligheten i detta då det enda som skiljer korridoren och klädförrådet åt är skyddsglas. Som kan ses i Figur 38 når brandgaserna temperatur över tre hundra grader i höjd med andra våningen. Beroende på hur glaset blir uppvärmt alternativt spricker kan scenariot förändras mycket snabbt. Det är därför viktigt att fönstret har tillräckligt hög brandskyddsklassning.

Dock finns det endast en utrymningsväg som leder ut till trapphuset som binder samman korridoren med verkstadsområdet och resterande delar av byggnad F. I trapphuset uppstår kritiska förhållanden efter 150 sekunder vilket gör att utrymning av korridoren inte är möjlig efter denna tid. Tiden till kritiska förhållanden i studiekorridoren blir därför 150 sekunder vilket är samma som för trapphuset vid brand i klädförrådet.

10. Utrymning

Vid en utrymningsövning som utförts på anstalten har problem med utrymning av korridoren med studierum upptäckts då denna del av anstalten endast har en utrymningsväg. I följande stycke kommer olika utrymningsituationer för byggnad F utredas.

10.1 Utrymningstid

Utrymningstiden är den tid det tar från att ett utrymningslarm går till dess att lokalen är utrymd och går att dela upp i tre delar (Boverket, 2006):

- Varseblivningstid
- Beslut/reaktionstid
- Förflyttningstid

Varseblivningstiden är den tid det tar för personen att bli medveten om branden. Denna tid kan vara olika lång beroende på om personen ser branden eller inte och om det finns ett fungerande utrymningslarm kopplat till ett detektorsystem.

Beslut/reaktionstid är den tid det tar från att personen fått information om att det brinner till dess att ett beslut om utrymning tas. Faktorer som kan ingå i denna tid är t.ex. lyssna och förstå utrymningslarmet, förbereda sig för utrymning genom att avsluta det man håller på med och packa ihop sina saker samt hjälpa andra att utrymma. Beslut/reaktionstiden beror även på om personen är vaken och medveten om sin omgivning eller sovande eller på annat sätt oförmögen att reagera snabbt.

Förflyttningstiden är den tid det tar för personen att ta sig till en säker plats. Tiden det tar att utrymma beror t.ex. på hur bra lokalkännedom personen har eller om personen behöver assistans. Den påverkas även av gånghastighet, köbildning, tydlig skyltning av utrymningsvägar, om utrymning måste ske via trappor och andra faktorer.

För att kunna avgöra om lokalen kan utrymmas på ett säkert sätt jämförs utrymningstiden med tid till kritiska förhållanden. Om tiden till kritiska förhållanden är längre än utrymningstiden kan lokalen anses utrymmas på ett säkert sätt, se Ekvation 2. Är den däremot kortare måste åtgärder vidtas så att antingen tiden till kritiska förhållanden blir längre eller att utrymningstiden minskas.

$$t_{kritisk} > t_{vase} + t_{reaktion} + t_{förflyttning}$$

Ekvation 2

10.2 Beteende vid brand

För att kunna göra en så bra uppskattning som möjligt av utrymningstiden är det viktigt att ha kännedom om hur människor beter sig i händelse av brand. De personer som vanligtvis vistas i lokalerna på Högsboanstalten är personal och interner. Personalen förväntas ansvara för utrymningen och säga åt internerna vad de ska göra. Dock kan interner kanske inte alltid vara villiga att göra som de blir tillsagda. En brand kan vara anlagd av någon anledning för att t.ex. distrahera eller protestera. Vid en sådan utrymning kan det hända att internerna försöker avlägsna sig och kan därför ta risker som att passera genom tjock rök eller nära branden, något en människa normalt sett inte skulle göra.

Det troligaste är dock att internerna litar på personalen och följer deras instruktioner. Viktigt är då att personalen känner sig säkert på sina uppgifter och vet vad som ska göras. Om inte kan det leda till att utrymning tar längre tid och att både internerna och personal utsätts för onödiga risker.

Under vissa tider hålls internerna inlåsta i sina celler eller i andra rum. Det kan vara en otroligt stor mental påfrestning att vara inlåst och inte kunna göra något åt faran utan helt behöva lita på att andra människor. Det är svårt att förutse beteendet hos någon som utsätts för detta då personen kan vara allt ifrån okontaktbar, hysterisk till lugn.

10.3 Befintlig utrymningsproblematik

Personal på Högsboanstalten har identifierat utrymningssvårigheter i byggnad F. Under en utrymningsövning fylldes verkstaden med kallrök vilket resulterade i att hela trapphuset som binder samman tvättstugan och verkstaden med ovanliggande korridor med studierum rökfylldes. En stor mängd rök spreds in i korridoren genom en springa i dörren. Dörren är dessutom är den enda vägen ut från korridoren.



Figur 47. Bilder från utrymningsförsöket med kallrök. Till vänster: Dörren in till studiekorridoren sett från trapphuset. Till höger: studiekorridoren (Lindergren, 2015).

Ett annat befintligt utrymningsproblem är utrymning från 3-4an. Vid utrymning ut till det fria, som tidigare nämnts i 4.8, måste personalen låsa upp utrymningsluckorna utifrån. För att ta sig till de bortre cellerna på 3-4an måste personalen gå runt huvudbyggnaden och byggnad F istället för att gå åt andra hållet och då endast behöva gå runt en liten del av F-byggnaden. Detta är för att staket mellan internernas rastgårdar måste passeras och dessa kan endast låsas upp från ett håll då ett hänglås endast kan låsas upp från ett håll. Dessutom finns ingen grind

från vändplatsen utanför byggnad F och rastgården. Att gå runt tar lång tid vilket gör att utrymningen av cellerna kan ta onödigt lång tid.

På Högsboanstalten finns inte någon problematik att interner vistas med interner från andra avdelningar och det är därför möjligt att utrymma interner till annan avdelning. Om det däremot i framtiden bedöms vara ett problem är det något som personalen bör ha i åtanke vid utrymning och i så fall planera därefter.

10.4 Utrymning natt

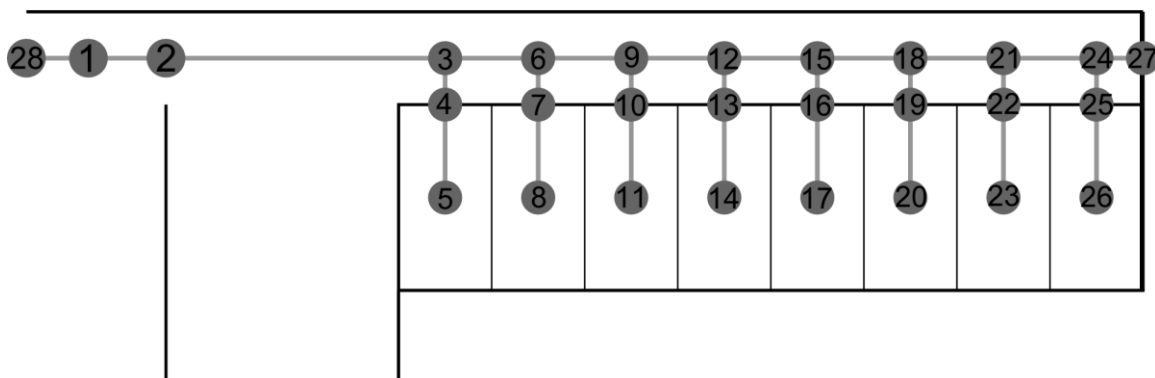
På natten är alla interner inlåsta i sina respektive celler och ingen personal finns på avdelningarna. Vid en brand kommer personalen att behöva hjälpa internerna att utrymma i större omfattning än under dagtid. Varje cell behöver öppnas manuellt och internerna kan komma att behöva assistans ut. På nätterna finns bara två ur personalstyrkan tillgängliga för att assistera vid utrymning vilket gör att tider för utrymning på natten beräknas med hjälp av simuleringsprogrammet ERM. För teori om simuleringsprogrammet se Bilaga B.

10.4.1 Antaganden

Förberedelsetiden får representera den tid det tar för personalen att ta sig till den punkt där utrymningen av cellerna kan påbörjas i simuleringen. Tiden inkluderar den tid det tar för personalen att vakna om de sover samt förflytta sig inom byggnaden. Det är alltså av stor betydelse att förberedelsetiden för simuleringen ansätts till en rimlig tid och tas hänsyn till för att kunna få representativa tider för utrymning.

När cellernas geometri ska representeras i ett koordinatsystem så har ett flertal förenklingar gjorts. Cellerna antas vara 2 meter breda och 4 meter djupa. Korridorernas geometri förenklas till att vara 2 meter bred och 23 meter lång. Gemensam utrymnen representeras av ett utrymme ur vilket personalen i simuleringen börjar.

Nedan i Figur 48 visas geometrin som används för simuleringar i ERM, där (0,0) börjar nere i vänstra hörnet. Nod 1 anger startpunkt i simuleringarna och nod 28 motsvarar en säker zon.



Figur 48. Beskrivning av geometri och noder för simuleringar i ERM.

Då det endast bedöms uppstå kritiska förhållanden innan räddningstjänsten kan vara på plats simuleras endast en utrymning av ett cellben. När cellbenet är utrymt kan räddningstjänsten

därefter hjälpa till med utrymning av det andra cellbenet inom avdelningen. Brandspridning till närliggande brandceller eller ut till det gemensamma utrymnet inom avdelningen bedöms inte kunna ske inom den tid det tar att utrymma det första cellbenet. Mellan avdelningen och cellbenet finns en gräns som är klassificerad för att motstå brand i 30 minuter. Den enda potentiella spridning som kan förekomma är genom ventilationen.

10.4.2 Om simuleringarna

För simuleringar på natten finns två i personalen potentiellt tillgängliga för att genomföra en utrymning. Dock är problematiken på natten att personalen sover och först måste hinna vakna för att kunna reagera på larmet. Därefter är rutinen att en i personalen, kallad personal 2, beger sig till centralvakten där den förbereder för att ta emot räddningstjänsten. Den andra ur personalen, personal 1, beger sig mot cellblocket där detektor aktiverats. Under tiden som personal 1 beger sig mot cellerna kan då personal 2 i centralvakten ta reda på exakt vilken detektor det är som aktiverats och vart den finns placerad.

Problematik kan uppstå om en intern behöver assistans av två ur personalen vid utrymning, något som är omöjligt om inte båda ur personalen direkt beger sig till cellerna för att påbörja utrymning.

I simuleringarna varierar mängden personal som finns tillgänglig för utrymning mellan att använda endast en i personalen för att evakuera de interna till att testa scenarier där båda i personalen beger sig till cellerna för att hjälpa till med evakueringen.

Förberedelsetiden som ansätts är något längre för en i personalen då den befinner sig i en annan byggnad och bedöms således ha 60 sekunder längre förberedelsetid på grund av den längre transportsträckan. Förberedelsetiden för den i personalen som befinner sig närmast förutsatt att den beger sig direkt till cellen bedöms vara 150 sekunder. Tiden för personal 1 är i bästa fall beräknad för att den ska hinna vakna, reagera på vad som ska göras och ta sig till cellblocket. Om den andra ur personalen befinner sig längre bort bedöms tiden för den vara 210 sekunder.

Andra scenarier simuleras också där personal 1 först är på plats vid cellerna efter 300 sekunder och personal 2 är på plats efter 360 sekunder. Detta för att undersöka hur stor effekt personalens förberedelsetid har på den totala utrymningstiden.

Mellan varje evakuerad person bedöms en vilotid på 10 sekunder vara rimlig då personalen kan behöva bedöma vad som ska göras närmast.

Simuleringar med åtta personer som är inlåsta anses vara standardscenario på anstalten sett till hur många celler det i ett cellben. För scenarier där internerna antas behöva eskorteras ut en och en används patienttyp 10 som har en gånghastighet på 41 m/min (0,7 m/s). För scenarier där internerna kan evakueras själva används patienttyp 6A som har en gånghastighet på 64 m/min (1,1 m/s). Tiden personalen spenderar på varje intern sätts till samma tid som förberedelsetiden för en intern. För en potentiellt medvetlös intern som kräver assistans av två personal under hela utrymningen används patienttyp 40. Patienttyp 40 har en gånghastighet på 32 m/min (0,5 m/s) och används också för att representera internen i den cell där brand startat.

Förberedelsetiden för internerna i cellerna inkluderar tiden det tar för personal att låsa upp dörren vilket antas vara 10 sekunder per cell. För scenarier där internen antas vara vaken och redo för evakuering bedöms 10 sekunder vara rimligt. Om internen sover och behöver väckas innan utrymning kan påbörjas bedöms en total förberedelsetid på 40 sekunder per intern. För en intern som behöver assistans av två väktare kombineras detta med en långsammare förberedelsetid som representerar att internerna måste lyftas och bäras ut. Tiden för att förbereda utrymning av patient typ 40 ansätts därför till 40 sekunder.

10.4.3 Scenarier

Simuleringar i ERM sker för vad som bedöms vara representativa förhållanden och möjliga scenarier. Antaganden om ingående parametrar och resonemangen kring dem redovisas i avsnitt 10.4.2. Geometrin för simuleringarna är identiskt för alla scenarier och vilotiden mellan varje evakuerad intern är 10 sekunder oavsett scenario.

I listan nedan förklaras vad respektive scenario i ERM ska representera, i Tabell 20 nedan redovisas de olika förberedelsetiderna personalen och internerna har i respektive scenario. Vilken patient typ som representerar internerna i ett visst scenario beskrivs i Tabell 20.

1. Intern vaken, eskorteras ut av personal.
2. Intern behövs väckas, eskorteras ut av personal.
3. Intern vaken, eskorteras ut av personal. En intern assisteras av båda i personalen för utrymning.
4. Intern vaken, eskorteras ut av endast personal 1.
5. Intern behövs väckas, eskorteras ut av endast personal 1.
6. Intern vaken, evakuerar ut själv när personal 1 låst upp cell.
7. Intern behövs väckas, evakuerar ut själv när personal 1 låst upp cell.
8. Längre förberedelsetid på personal. Intern vaken, eskorteras ut av personal.
9. Längre förberedelsetid på personal. Intern vaken, eskorteras ut av endast personal 1.
10. Längre förberedelsetid på personal. Intern vaken, evakuerar ut själv när personal 1 låst upp cell.
11. Längre förberedelsetid på personal. Intern behövs väckas, eskorteras ut av personal.

Tabell 20. Indata för de olika scenarierna där förberedelsetid för personal samt internerna och vilka patienttyper som används.

Scenario	Personal 1, förberedelsetid [s]	Personal 2, förberedelsetid [s]	Intern, typ 10	Intern, typ 6A	Intern, typ 40	Intern, förberedelsetid [s]
1	150	210	8	0	0	10
2	150	210	8	0	0	40
3	150	210	7	0	1	10
4	150	Används inte	8	0	0	10
5	150	Används inte	8	0	0	40
6	150	Används inte	0	8	0	10
7	150	Används inte	0	8	0	40
8	300	360	8	0	0	10
9	300	Används inte	8	0	0	10
10	300	Används inte	0	8	0	10
11	300	360	8	0	0	40

10.4.4 Utrymningstid natt

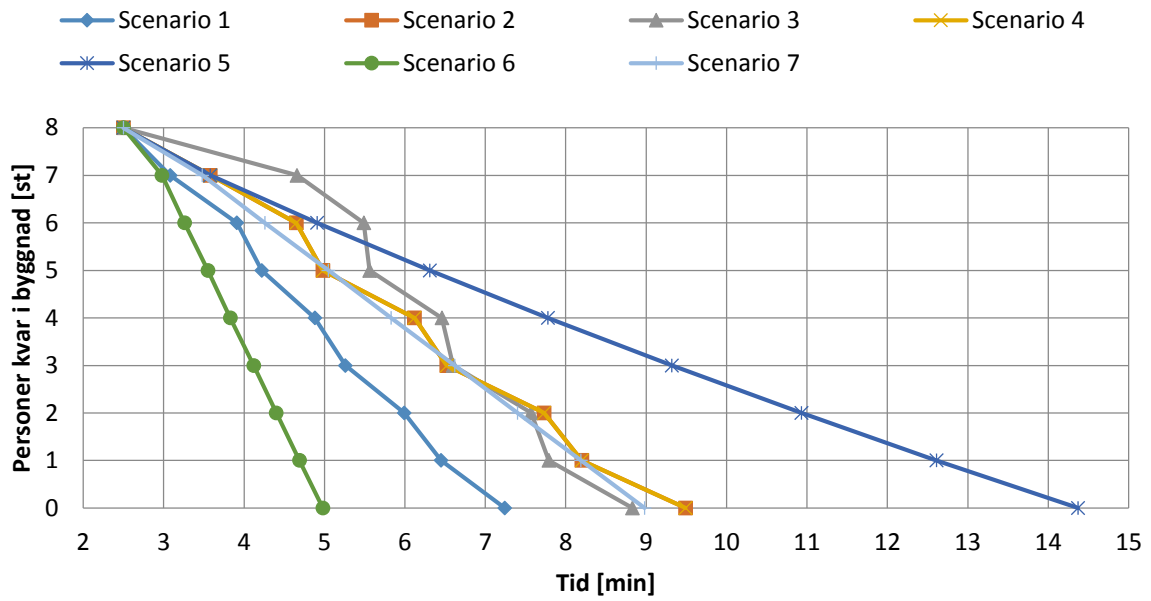
I Tabell 21 redovisas resultatet från simuleringarna i ERM och förflyttningstiden för respektive scenario.

Tabell 21. Resultatet i form av förflyttningstid och total utrymningstid från simuleringar i ERM.

Scenarionummer	Förflyttningstid [min]	Total evakueringstid [min]
1	4.7	7.2
2	7.0	9.5
3	6.3	8.8
4	7.9	10.4
5	11.9	14.4
6	2.5	5.0
7	6.5	9.0
8	4.7	9.7
9	7.9	12.9
10	2.5	7.5
11	7.0	12.0

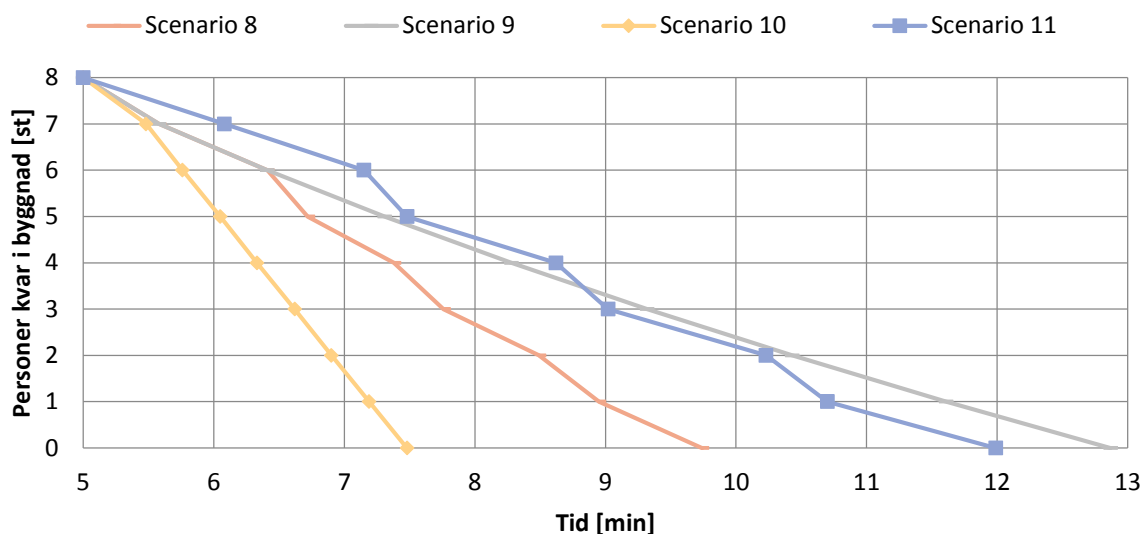
I Figur 49 och Figur 50 som följer illustreras utrymningsförlopp för samtliga scenarier med avseende på antalet personer som fortfarande befinner sig i cellbenet. Figurerna är uppdelade på kort respektive längre förberedelsetid. Observera att x-axeln inte börjar på noll i figurerna nedan.

Utrymning natt - kort förberedelsetid



Figur 49. Evakueringsförlopp för simuleringar med 2,5 minuters förberedelsetid på personal 1 i ERM. Observera att x-axeln startar på 2 minuter.

Utrymning natt - längre förberedelsetid



Figur 50. Evakueringsförlopp för simuleringarna med 5 minuters förberedelsetid på personal 1 i ERM. Observera att x-axeln startar på fem minuter.

Extern evakuering simuleras inte då det skulle ge likvärdiga tider för utrymningsförloppet då geometrin för korridoren är identisk och endast gångvägen skulle vara annorlunda. Däremot skulle den totala tiden bli längre då det tar tid att gå till centralvakten för att hämta nycklar och därefter ta sig till utrymningsluckorna. Det resulterar i en längre tid innan utrymning kan påbörjas än tiden som simulerats för utrymning internt i byggnaden.

Sett till den tid som krävs för utrymning bedöms scenario 6 ge mest representativa tider om internerna vaknat av utrymningslarmet. Scenariot 7 ses som mest representativt om internerna sover när utrymning ska ske.

I Bilaga G finns indata för ERM redovisat efter de olika parametrarna och hur dessa matats in i en indatafil. I Bilaga H återfinns en handberäkning av gånghastigheten för kontroll och rimlighet av resultatet i ERM.

10.5 Utrymning dag

Under dagtid är internerna inte inlåsta i sina celler utan kan befinna sig i uppehållsrum, celler, kök eller på andra platser så som tvättstuga eller studierum. Eftersom det inte är speciellt många personer som behöver utrymmas vid en eventuell brand anses inga köbildningar att uppstå. Därför används handberäkning istället för simuleringsprogram vid beräkning av utrymningstiden. Utrymningstiden beräknas genom att med beräkningar och uppskattningar ta fram varseblivningstiden, beslut/reaktionstiden och förflyttningstiden, se avsnitt 10.1.

10.5.1 Utrymningstid cellblock

På dagtid kan internerna förväntas kunna röra sig fritt mellan cellerna, allrummen, köket och mellan avdelningarna på 3-4an. På dagtid sker utrymning i första hand internt inom byggnaden. Vid brand i en cell utryms alla som befinner sig i brandcellen, alltså en avdelning, till intilliggande brandcell. Brinner det i en cell på en av avdelningarna 3 eller 4 sker utrymning till den andra avdelningen.

I en avdelning bor 16 interner och dagtid finns minst två ur personalen på plats per avdelning. Totalt sett kan 18 personer komma att behöva utrymma vid en eventuell brand.

Varseblivningstiden, beslut/reaktionstiden, förflyttningstiden samt den totala utrymningstiden kan ses i Tabell 22.

Tabell 22. Varseblivningstiden, beslut/reaktionstiden, förflyttningstiden samt den totala tiden för utrymning av en avdelning på dagen.

	Avdelning dag [min]
Varseblivningstid	0,2
Beslut/reaktionstid	2,5
Förflyttningstid	0,5
Total utrymningstid	3,2

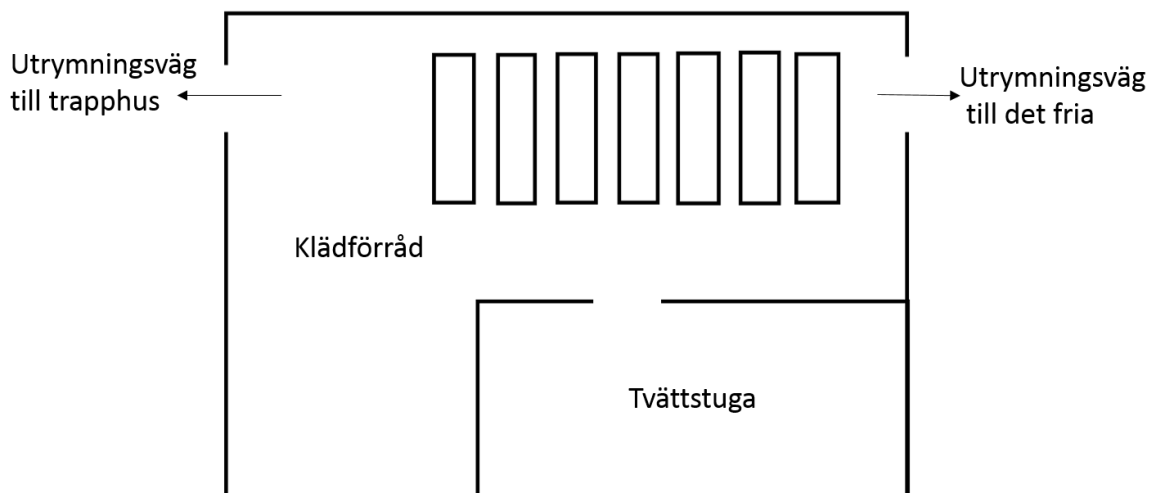
Varseblivningstiden kan anses vara den tid från att en brand startar tills dess att en detektor löser ut och aktiverar utrymningslarmet. Tiden tas fram genom simuleringar i CFAST till 0,2 minuter, se avsnitt 9.1.2.

Beslut/reaktionstiden kan sägas vara undersökningstiden för personalen. Det blir alltså tiden från att centralvakten tar emot larmet och identifierat vilken deckare som löst, till dess att personalen har undersökt och tagit beslut om att utrymma. Centralvakten har 2 minuter på sig att kvittera larmet, vilket därför känns som en rimlig tid att anta att det tar innan personal ombeds att undersöka vad som orsakat larmet. Avdelningarna är inte så stora och det finns alltid två personal på plats vilket gör att tiden det tar att undersöka anses inte ta längre än 30 sekunder. Efter det kan utrymning påbörjas. Beslut/reaktionstiden blir därför 2,5 minuter.

Förflyttningstiden är den tid det tar för internerna att gå från platsen de befinner sig på till ett säkert utrymme. Förflyttningstiden är sträckan personen måste färdas för att komma till säkerhet, dividerat med gånghastigheten. En normal person har en gånghastighet på 1,4 m/s (Trafikverket, 2002). Den längsta sträckan som en person måste färdas anses vara från bortersta cellen i ett cellben, vilket motsvarar ca 40 m. Förflyttningstiden beräknas därför ta ca 30 sekunder.

10.5.2 Utrymningstid verkstadsområde

Den mest kritiska utrymningssituationen uppstår om det börjar brinna i klädförrådet när personer befinner sig i tvättstugan. Maximalt arbetar två interner i tvättstugan. Det kan inte uteslutas att internerna vistas ensamma eller obevakade, om än för kortare stunder i tvättstugan. Utrymningstiden kommer därför att räknas som om att ingen personal finns i lokalen när larmet går. Det finns endast en väg ut från tvättstugan vilken leder till klädförrådet. Från klädförrådet finns en låst utrymningsväg ut till det fria som endast kan öppnas utifrån samt en väg ut till trapphuset som binder samman verkstaden och klädförrådet till resterande delar av byggnad F. Denna dörr är också låst men kan öppnas av personal. En översiktlig skiss av klädförrådet och tvättstugan, utrymningsvägarna är markerade över tvättstugan och klädförrådet kan ses i Figur 51 nedan.



Figur 51. Översiktlig skiss av klädförrådet och tvättstugan där utrymningsvägarna är markerade.

Ovanför verkstaden och klädförrådet ligger en korridor med två rum där olika typer av studieverksamhet bedrivs. Som beskrivits i avsnitt 10.3 har svårigheter med utrymning därifrån redan identifierats. I korridoren vistas maximalt 8 interner och 2 ur personalen. Den enda utrymningsväg som finns leder ut i trapphuset där man sedan antingen kan fortsätta vidare in i byggnad F eller ner till verkstaden eller klädförrådet.

Utrymning från både verkstaden, klädförrådet samt ovanliggande korridor måste ske med hjälp av personal eftersom låsta dörrar måste passeras. Utrymningstiderna från tvättstugan och studiekorridoren finns presenterade i Tabell 23.

Tabell 23. Varseblivningstiden, beslut/reaktionstiden, förflyttningstiden samt den totala utrymningstiden för utrymning av tvättstugan samt korridoren med studierum på dagen.

	Tvättstuga [min]	Studiekorridor [min]
Varseblivningstid	0,4	0,4
Beslut/reaktionstid	3,2	2,7
Förflyttningstid	0,6	0,6
Total utrymningstid	4,2	3,7

Varseblivningstiden blir som i föregående avsnitt tiden från dess att branden uppstått till dess att en detektor löser ut. Denna tid fås med hjälp av en simulering i FDS till 0,4 min, se avsnitt 9.3.2. Tiden för varseblivning blir lika för de båda utrymningsfallen.

Beslut/reaktionstid samt förflyttningstid beräknas på olika sätt för de två olika utrymningsscenarierna, utrymning av tvättstuga och utrymning av studierumskorridor. Framtagandet av dessa tider förklaras i avsnitt 10.5.3-10.5.4.

10.5.3 Utrymning av tvättstuga

Beslut/reaktionstiden blir i det här fallet något längre än i fallet med utrymning av en avdelning. Det kan förekomma att internerna vistas ensamma i tvättstugan och att ingen personal finns i studiekorridoren ovanför. Närmsta personal behöver då ta sig från en avdelning till lokalen där deckaren har löst ut för att undersöka om det brinner. För att ta sig till den lösta deckaren antas personalen behöva göra följande tidskrävande aktiviteter:

- Gå en sträcka på ca 50 m
- Gå ner/uppför en trappa på ca 5 m
- Passera genom 3 låsta dörrar

Personalens gånghastighet sätts till 1,4 m/s (Trafikverket, 2002) och till 0,6 m/s uppför i trappor (Boverket, 2006). För att passera genom en låst dörr måste personalen ta fram nycklarna, hitta rätt nyckel, låsa upp och stänga dörren bakom sig. Personalen anses ha god kännedom om vilken nyckel som ska användas och därför uppskattas tiden det tar att passera en låst dörr till ca 10 sekunder. Tiden det tar att undersöka beräknas därför till 1,2 minuter. Den totala beslut/reaktionstiden blir då 3,2 minuter för beräkning, se Bilaga F.

Den längsta sträckan internerna i tvättstugan kan tänkas färdas är ca 12,5 m vilket motsvarar rummets längd, följt av ca 5 m trappor. För att komma ut till intilliggande brandcell krävs att två låsta dörrar passeras. Förflyttningstiden blir därför 0,6 minuter för beräkning, se Bilaga F.

10.5.4 Utrymning av studierumskorridor

Beslut/reaktionstiden blir kortare i det här fallet jämfört med utrymning av tvättstugan eftersom när internerna vistas i korridoren finns alltid personal på plats. När personalen ombeds undersöka platsen där deckaren löst ut behöver följande tidskrävande aktiviteter göras:

- Gå en sträcka på ca 10 m vilket är halva korridorens längd
- Gå ner/uppför en trappa på 10 m
- Passera uppskattningsvis 2 låsta dörrar

Gånghastigheterna sätts till samma som i föregående fall till 1,4 m/s på plan mark och 0,75 m/s nedför trappor (Boverket, 2006). Undersökningstiden blir då ca 0,7 minuter. Den totala beslut/reaktionstiden blir 2,7 minuter, för beräkningar se Bilaga F.

Den längsta sträckan internerna kan behöva gå är ca 10 m om de befinner sig längst ner i korridoren i ett studierum. För att komma i säkerhet måste även en trappa på ca 5 m och två låsta dörrar passeras. Den totala förflyttningstiden blir ca 0,6 minuter, för beräkningar se Bilaga F.

11. Sammanställning av resultat

I följande avsnitt presenteras tiderna från det att branden startat tills dess att kritiska förhållanden uppstår samt tiden det tar för att utrymma för de utvalda brandscenarierna. Dessa tider jämförs sedan för att bedöma om utrymning kan ske på ett säkert sätt.

11.1 Brand i cell

Här presenteras en jämförelse av tiden från det att branden startat tills dess att kritiska förhållanden uppstår och utrymningstiden vid en brand i en cell som kan inträffa antingen på dagen eller natten. Tiderna går att se i Tabell 24.

Tabell 24. Tid till kritiska förhållanden och utrymning vid brand i cell.

Utrymme	Tid till kritiska förhållanden [s]	Utrymningstid dag [s]	Utrymningstid natt [s]
Cell	20	190	300
Korridor	120	190	300

Om en brand i en cell skulle inträffa under dagtid går det att utläsa ur Tabell 24 att tiden till kritiska förhållanden i både cellen och korridoren är mindre än tiden det tar att utrymma. Detta skulle medföra att en säker utrymning inte kan ske och att åtgärder måste vidtas. Dock är det orimligt att tro att en intern skulle stanna kvar i cellbenet om rök från en brand börjar spridas i korridoren och in till cellerna. En vaktkur är dessutom placerad direkt utanför cellbenet som är avskilt från de allmänna utrymna med en glasdörr. Dessutom är det minst åtta personer i personalstyrkan på avdelningarna dagtid. Börjar det brinna i en cell kommer personal troligtvis upptäcka det innan kritiska förhållanden uppstår. Så länge inga brandgaser kan sprida sig vidare in till den andra avdelningen anses säker utrymning kunna ske vid brand i cell under dagtid.

Om en brand skulle inträffa under natten tar det enligt beräkningar i ERM 170 sekunder innan utrymning kan påbörjas. Jämförs denna tid med tiden till kritiska förhållanden kan det konstateras att säker utrymning inte kan genomföras. Även fast den kortaste troliga tid personalen behöver innan utrymning kan påbörjas har använts har inte cellbenet utrymms innan kritiska förhållanden uppstått i korridoren. Åtgärder behöver därför vidtas för att kunna säkerställa utrymning på natten vid brand i cell.

11.2 Brand i pentry

Här presenteras en jämförelse av tiden från det att branden startat tills dess att kritiska förhållanden uppstår och utrymningstiden vid en brand i pentryt som kan inträffa antingen på dagen eller natten. Tiderna går att se i Tabell 25 nedan.

Tabell 25. Tid till kritiska förhållanden och utrymning vid brand i pentry.

Utrymme	Tid till kritiska förhållanden [s]	Utrymningstid dag [s]	Utrymningstid natt [s]
Cell	155	190	300
Korridor	100	190	300

Jämförs tiden till kritiska förhållanden för brand i cell med tiden det tar att utrymma går det att utläsa ur Tabell 25 att säker utrymning inte kommer kunna ske. Detta är för att tiden till kritiska förhållanden är kortare än tiden det tar att utrymma. Dock finns mycket personal på en avdelning under dagtid och som beskrivits för scenariot brand i cell är en vaktkur belägen nära ett cellben. Det känns därför osannolikt att branden inte kommer upptäckas i tid för att cellbenet ska kunna utrymmas innan kritiska förhållanden uppstår. Så länge personalen reagerar snabbt och inga brandgaser sprids till den andra avdelningen anses säker utrymning kunna ske under dagtid vid brand i pentry.

Om en brand skulle inträffa på natten kommer säker utrymning inte kunna ske. Det är för att även om den kortaste tiden beräknad med ERM används är utrymningstiden betydligt längre än tiden till kritiska förhållanden. Åtgärder måste därför vidtas för att utrymning ska kunna ske säkert.

11.3 Brand i klädförråd

Här presenteras en jämförelse av tiden från att branden startat till dess att kritiska förhållanden uppstår och utrymningstiden vid en brand i klädförrådet på dagen. Tiderna går att se i Tabell 26.

Tabell 26. Tid till kritiska förhållanden och utrymning vid brand i klädförrådet.

Utrymme	Tid till kritiska förhållanden [s]	Utrymningstid dag [s]
Klädförråd	40	250
Trapphus	150	-
Korridor med studierum	150	220

I klädförrådet nås kritiska förhållanden efter 40 sekunder. Jämförs det med tiden det tar för utrymning som är 250 sekunder så är det tydligt att utrymning inte kan ske innan kritiska förhållanden uppnåts. Även fast detta scenario sker under dagtid är det inte säkert att personal finns i närheten och risken att branden inte upptäcks i tid eller att internerna inte hinner utrymmas ökar.

I studierumskorridoren tar utrymning 220 sekunder och tid till kritiska förhållanden är 150 sekunder. Även i det här fallet är tiden för utrymning längre än tiden till kritiska förhållanden vilket medför att säker utrymning inte kan ske. Här är internerna alltid med personal vilket gör att de potentiellt kan utrymma, men eftersom trapphuset snabbt fylls med rök och är dessutom enda utrymningsvägen är det osäkert hur vida de hinner utrymma eller inte. Åtgärder måste därför genomföras för att säker utrymning ska kunna genomföras både från studierumskorridoren och klädförrådet.

12. Känslighetsanalys

Vid simuleringarna har många antaganden gjorts, både när det gäller tid till kritiska förhållanden och utrymningstid. För att få en uppfattning hur mycket osäkerheten i de olika parametrarna påverkar resultatet görs en känslighetsanalys.

I samtliga scenarier varierar aktiveringstiden för detektorerna beroende på vilket sätt tiderna beräknas på. I Tabell 27 nedan redovisas hur mycket längre tid det kan ta för detektorerna att aktiveras i de olika scenarierna.

Tabell 27. Sammanställer tidsspannet för när rökdetektorerna aktiveras i de olika scenarierna.

Brandscenario	Lägst aktiveringstid [s]	Högst aktiveringstid [s]	Skillnad [s]
Cell	10	50	40
Pentry	10	70	60
Klädförråd	25	110	85

12.1 Brand i cell

Mängden möbler och annat brännbart i cellen varierar inte mycket då det är strikt begränsat vad internerna får ha tillgång till. Det är osäkert om rätt maximal effektutveckling används eller om rätt brandförlopp valts för cellen. Eftersom utrymmet är så pass litet och det sannolikt inte finns tillgång till obegränsad mängd syre kommer branden bli ventilationskontrollerad. Så även om utrymmet har en högre brandbelastning kommer branden inte komma upp i en högre maximal effekt då syret skulle ta slut innan dess. Det innebär att uppskattad brandbelastning inte påverkar brandförloppet nämnvärt. Om brandförloppet skulle vara långsammare är det möjligt att maxeffekten blir lägre, då det förbrukats mer syre för samma effekt. Detta kontrolleras genom att göra en ny simulering av cellen i CFAST med stängd dörr där α -värdet för långsam tillväxt ($0,003 \text{ kW/s}^2$) används. Värdet långsam väljs för att en flamskyddsbehandlad madrass har denna tillväxthastighet (Karlsson & Quintiere, 2000). Resultatet jämförs tillsammans med aktiveringstemperatur i Tabell 28.

Tabell 28. Visar tidspåverkan för brand i cell vid brandförloppshastigheten medium och snabb samt tidsskillnaden.

Händelse	Aktivering	Tid för snabb tillväxt [s]	Tid för långsam tillväxt [s]	Skillnad tid till utrymning [s]
Detektoraktivering	Brandgaserna ökar $5 \text{ }^\circ\text{C}$	10	35	25 kortare
Detektoraktivering	Optisk densitet överstiger 0,39	50	130	80 kortare
Brandgaslagrets höjd	Sjunker under höjden 1,9 m	20	30	10 längre
Temperatur	Överstiger $80 \text{ }^\circ\text{C}$	50	65	15 längre

Resultatet från tabellen blir att en brand med långsam tillväxt ger en kortare tid för utrymning. Det visar på att detektionsmodellen inte är tillförlitlig och att problematik kring användandet av den finns.

12.1.1 CFAST

För att få fram mängden sot, koldioxid och kolmonoxid har värden för en resår madrass som brinner används. Eftersom brandbelastningen i cellen även består av andra material kan dessa egenskaper skilja sig från verkligheten. En resår madrass av polyuretan har i regel sotig rök vilket sannolikt innebär att vi valt konservativa värden.

12.1.2 Utrymning dag

När branden upptäckts har betydelse för utrymningen. En brand på dagen bör upptäckas tidigt då det är gott om personal i byggnaden. Kanske kan undersökningstiden bli annorlunda vid en snabbare upptäckt och detektion. Den tiden som antagits är konservativ och kan vara kortare. Kortare beslut/reaktionstid ger ett snabbare utrymningsförlopp.

12.1.3 Utrymning natt

De parametrar som påverkar utrymningstiden på natten är främst tiderna det tar för personalen att påbörja utrymningen och hur många ur personalen som kan hjälpa till. Nedan i Tabell 29 sorteras resultatet från simuleringar i ERM efter förflyttningstid och i Tabell 30 finns den totala utrymningstiden för att kunna bedöma vilken effekt variabler har på resultatet.

Tabell 29. Förflyttningstider i ERM sorterade från snabbaste förflyttningstiden till den längsta.

Scenarionummer	Förflyttningstid [min]
6	2.5
10	2.5
1	4.7
8	4.7
3	6.3
7	6.5
2	7.0
11	7.0
4	7.9
9	7.9
5	11.9

Tabell 30. Totala evakueringstider i ERM sorterade från lägsta totala evakueringstiden till den längsta.

Scenarionummer	Total evakueringstid
6	5.0
1	7.2
10	7.5
3	8.8
7	9.0
2	9.5
8	9.7
4	10.4
11	12.0
9	12.9
5	14.4

Utrymningstiden kan dock ta något längre tid om internerna måste evakueras till en annan avdelning istället för att endast evakueras från cellbenet till gemensamhetsutrymmet.

I simuleringen för ERM påvisas det att simuleringarna med intern som evakuerar själv, typ 6A, i scenario 6 och 10 har snabbast förflyttningstid.

Scenario 5 avviker då internen sover och det spenderas 40 sekunder per intern med att väcka den för att därefter eskortera internen till säker zon. Interner av typ 10 ger långsamma förflyttningstider på 8 minuter i scenario 4 och 9 med en personal och 5 minuter för scenario 1 och 8 med två av personalen. Dessa scenarier ger tider som inte anses ge representativt resultat. Det är däremot värt att notera att utrymningstider av interner som behöver eskorteras av personal eller bevakas efter utrymning, kommer bli längre. Detta är något personalen måste vara medveten om och förberedd på.

Simulering av utrymning där internerna sover bedöms som väldigt konservativ. Om intilliggande cellerna börjar utrymmas antas de bredvid också vaknar. Simulering för scenario 7 bedöms därmed som konservativt då färre förmodligen behövs väckas.

12.2 Brand i pentry

Effektutvecklingen av branden i pentryt beror på vart i utrymmet branden startar. I simuleringarna antas både pentryköket och soffan brinna. Detta är inte ett speciellt troligt scenario utan antingen brinner soffan eller köket. En brand i soffan hade gett en högre maximal effekt. Tillförseln av syre påverkas om dörren ut mot gemensamhetsutrymmet är öppen eller stängd. Är dörren öppen är det inte bara en större tillgång av syre utan dessutom kan personal upptäcka branden tidigare.

Även hastigheten av effektutvecklingen kan tänkas påverka tiderna i simuleringarna. Därför simuleras detta scenario igen med ett brandförlopp med hastigheten medium. Tiden för detektering och brandgaslagrets höjd för olika utrymmen presenteras i Tabell 31.

Tabell 31. Visar tidspåverkan för olika utrymmen vid brandförloppshastigheten medium och snabb samt tidsskillnaden.

Händelse	Aktivering	Tid för snabb tillväxt [s]	Tid för medium tillväxt [s]	Skillnad tid till utrymning [s]
Detektoraktivering i pentryt	Optisk densitet överstiger 0,39	66	200	134 kortare
Detektoraktivering i pentryt	Brandgaserna ökar 5 °C	12	20	8 kortare
Brandgaslagrets höjd i cellen	Sjunker under höjden 1,9 m	155	160	5 längre
Brandgaslagrets höjd i korridoren	Sjunker under höjden 1,9 m	95	100	5 längre

Resultaten i tabellen ovan visar att det tar längre tid för brandgaslagret i cellen och korridoren att nå den kritiska höjden. Tiden till att en detektor aktiveras i pentryt förkortas över två minuter när medium tillväxt används. Temperaturen i brandgaslagret i pentryt når kritiskt värde åtta sekunder snabbare med medium tillväxt.

Genom känslighetsanalysen då olika tillväxtfaktorer används kan det påvisas att det endast blir en relevant skillnad i tid för detektion av den optiska densiteten.

12.3 Brand i klädförråd

För att hitta de parametrar som påverkar resultaten mest för en brand i klädförrådet genomförs först en simulering i FDS med halverad cellstorlek. Resultatet från simuleringen med en cellstorlek på 10 cm jämför sedan med resultatet från den ursprungliga simuleringen med en cellstorlek med 20 cm för att se vilken påverkan cellstorleken har på resultatet.

När cellstorleken halveras i FDS dubblas kvoten av $D^*/\partial x$ vilket rekommenderas vid en känslighetsanalys av cellstorleken (Nystedt & Frantzich, 2011).

D^*/dx för 10 cm kuber = 12,65 (2000 kW)

D^*/dx för 20 cm kuber = 6,33 (2000 kW)

Kvoten fördubblas och alltså är kriterierna för en känslighetsanalys av cellstorleken uppfylld. Sedan kontrolleras att resultatet inte förändras mer än 10 % vid simulering med den mindre cellstorleken jämfört med den större.

Resultatet i klädförrådet samt trapphuset från simuleringen med halverad cellstorlek redovisas i de fyra tabellerna som följer och i Tabell 32 visas tider tills att kritiska förhållanden uppstår i klädförrådet.

Tabell 32. Simulerade tider till kritiska förhållanden uppstår i klädförrådet med två olika cellstorlekar.

Skyddskriterier	Kritiskt förhållande för utrymmet	Tid till kritiskt förhållande 20cm [s]	Tid till kritiskt förhållande 10cm [s]
Brandgaslagrets nivå ovan golv	Två meter från golv	40	40
Siktbarhet	Minst 5 meter	130	120
Värmestrålning	2,5kW max 60kJ		
Temperatur	80 °C	130	130
Kolmonoxidkoncentration	(CO) > 2000 ppm	Uppnås aldrig	Uppnås aldrig
Koldioxidkoncentration	(CO ₂) > 5%	255	260
Syrgaskoncentration	(O ₂) < 15%	240	240

När resultaten från simuleringen med en mindre cellstorlek jämförs med den ursprungliga simuleringen blir tiden för siktbarhet 10 sekunder kortare. Tiden till att den kritiska koncentrationen för koldioxidhalten inträffar blir 5 sekunder längre men inga andra tider förändras mellan simuleringarna. I

Tabell 33 nedan visas tiderna till att kritiska förhållanden uppstår i trapphuset.

Tabell 33. Simulerade tider till kritiska förhållanden uppstår i trapphuset med två olika cellstorlekar.

Skyddskriterier	Kritiskt förhållande för utrymmet	Tid till kritiskt förhållande 20cm [s]	Tid till kritiskt förhållande 10cm [s]
Brandgaslagrets nivå ovan golv	Två meter från golv	150	180
Siktbarhet	Minst 5 meter	225	180
Värmestrålning	2,5kW max 60kJ		
Temperatur	80 °C	235	255
Kolmonoxidkoncentration	(CO) > 2000 ppm	Uppnås aldrig	Uppnås aldrig
Koldioxidkoncentration	(CO ₂) > 5%	Uppnås aldrig	Uppnås aldrig
Syrgaskoncentration	(O ₂) < 15%	Uppnås aldrig	Uppnås aldrig

Tider till kritiskt förhållande får en noterbar skillnad jämfört med den tidigare simuleringen för trapphuset. Dels ökar tiden till att kritisk höjd på brandgaslagret nås från 150 till 180 sekunder, samtidigt som den kritiska sikten minskar från 225 till 180 sekunder. Eftersom brandgaslagrets höjd inte stabiliserade sig under två meter förrän kring 200 sekunder anses cellstorlekens påverkan vara av mindre betydelse. Sikten är starkt kopplad till brandgaslagret vilket betyder att höjden knappt påverkas. Sikten påverkas inte så länge brandgaserna skiktat sig på grund av temperaturskillnaden med luften. Det innebär att tiden till kritiskt förhållande uppnås i trapphuset fördröjs med 30 sekunder.

I Tabell 34 nedan visas tiderna till att kritiska förhållanden uppstår i studierumskorridoren.

Tabell 34. Simulerade tider till kritiska förhållanden uppstår i studierumskorridoren med två olika cellstorlekar.

Skyddskriterier	Kritiskt förhållande för utrymmet	Tid till kritiskt förhållande 20cm [s]	Tid till kritiskt förhållande 10cm [s]
Brandgaslagrets nivå ovan golv	Två meter från golv	Uppnås aldrig	Uppnås aldrig
Siktbarhet	Minst 5 meter	Uppnås aldrig	Uppnås aldrig
Värmestrålning	2,5kW max 60kJ		
Temperatur	80 °C	Uppnås aldrig	Uppnås aldrig
Kolmonoxidkoncentration	(CO) > 2000 ppm	Uppnås aldrig	Uppnås aldrig
Koldioxidkoncentration	(CO ₂) > 5%	Uppnås aldrig	Uppnås aldrig
Syrgaskoncentration	(O ₂) < 15%	Uppnås aldrig	Uppnås aldrig

Som ses i tabellen uppnås inga kritiska förhållanden varken med 10 eller 20 cm cellstorlek i studierumskorridoren. I Tabell 24 nedan visas tiderna till att kritiska förhållanden uppstår i trapphuset.

Tabell 35. Simulerade tider till kritiska förhållanden uppstår i tvättstuga med två olika cellstorlekar.

Skyddskriterier	Kritiskt förhållande för utrymmet	Tid till kritiskt förhållande 20cm [s]	Tid till kritiskt förhållande 10cm [s]
Brandgaslagrets nivå ovan golv	Två meter från golv	180	170
Siktbarhet	Minst 5 meter	225	230
Värmestrålning	2,5kW max 60kJ	-	
Temperatur	80 °C	250	250
Kolmonoxidkoncentration	(CO) > 2000 ppm	Uppnås aldrig	Uppnås aldrig
Koldioxidkoncentration	(CO ₂) > 5%	520	510
Syrgaskoncentration	(O ₂) < 15%	420	440

Tiderna till att kritiska förhållanden nås som presenteras i tabellen ovan, visar att ingen större förändring sker när cellstorleken minskar.

När cellstorleken ändras är det inga större skillnader av tiderna för kritiska förhållanden i klädförrådet eller tvättstugan. Att de utrymmenas resultat knappt förändrats beror troligtvis på att dörrspringorna i första simuleringen utgörs av en cell men i andra simuleringen utgörs de istället av åtta celler. Då beräknas flödet genom hålet mer detaljerat i den andra simuleringen. En simulering med en ännu mindre cellstorlek skulle möjligtvis ge en mindre förändring av tiderna men en sådan simulering skulle bli för resurskrävande att göra.

FDS är skapad för simuleringar av strömning med låga hastigheter och för att modellen ska vara giltig bör den dimensionslösa effekten Q^* hållas inom intervallet 0,3 och 2,5. Q^* beskriver effektutvecklingens förhållande till den ytan som brinner. I de genomförda

simuleringarna blir värdet av Q^* vid effekten 3 MW endast 0.09. Det betyder att för låg effekt i förhållande till den brinnande ytan har använts i modellen. I detta fall innebär det att plymen har för låg temperatur och mer luft blandas då in. Resultatet blir därför att volymen med brandgaser blir större vilket är konservativt men inte helt representativt. Detta påverkar även koncentrationen av sot och andra restprodukter då de befinner sig i en större volym. Temperaturen skulle kunna bli kritisk snabbare då mindre kall luft blandas in.

De textilier som i simuleringarna brinner i klädförrådet antas vara av bomull men kan bestå av andra material. Om det faktiska bränslets egenskaper skiljer sig från bomull kan det påverka både brandförlopp, rökutveckling och toxicitet. Vid en korrekt angiven förbränning i FDS kan koncentrationen av syrgas och koldioxid vid välventilerade förhållanden beräknas. Eftersom branden blir ventilationskontrollerad och det kan finnas textilmaterial av annan sort än det antagna ska resultat av syrgas, koldioxid och sot tas med tillförsikt.

Vid en glödbrand för bomull aktiverar en detektor senast vid en optisk densitet på 0,46 per meter (Nilsson & Holmstedt, 2008). Enligt standardrökdetektorn i FDS går värdet vid 3,24 % per meter, vilket gör att aktivering sker 25 sekunder efter brandens start. Därför blir det ett intervall från 25-110 sekunder då detektorn kan tänkas aktivera. Detta är ett mycket stort tidsspänn även om 110 sekunder anses mycket konservativt.

Tiden till att kritiska förhållanden uppstår i studierumskorridoren påverkas av hur hög temperatur som de befintliga fönstren mot klädförrådet klarar. Utan information om brandklassningen av dessa fönster är det osäkert hur tiderna påverkas

13. Åtgärder

I följande avsnitt diskuteras olika åtgärdsförslag för de scenarier som inte anses ge tillräckligt med tid för att säker utrymning ska kunna ske. Åtgärdernas för och nackdelar diskuteras och vägs mot varandra. I slutet ges i punktform en lista på åtgärder som ska genomföras för att byggnaden ska bli säker samt en lista med åtgärder som bör genomföras för ökat skydd mot brand.

13.1 Diskussion av åtgärder

De scenarier där åtgärder anses behöva genomföras för att utrymning ska kunna ske på ett säkert sätt innan kritiska förhållanden är följande:

- Brand i cell, natt
- Brand pentry, natt
- Brand klädförråd, utrymning av tvättstuga, dag
- Brand i klädförråd, utrymning studierumskorridor, dag

Förslag på åtgärder som kan genomföras för att ovanstående scenarier ska bli acceptabla beskrivs i avsnitt 13.1.1-13.1.10.

13.1.1 Brandgasventilation i tvättstuga/verkstad

På grund av densitetskillnaden mellan de varma och kalla gaserna vid en brand uppstår en tryckskillnad där gas från högre tryck söker sig mot lägre tryck. Detta är den vanligaste anledningen till att brandgaser sprider sig i en byggnad när det brinner (Karlsson & Quintiere, 2000, s. 82).

I de rum där kritiska förhållanden nås är det brandgaslagrets höjd som blir kritiskt först. För se till att brandgaslagret inte sjunker under kritisk nivå i klädförrådet och att hindra brandgaser från att spridas vidare till andra utrymmen i byggnaden behöver brandgaserna ventileras bort. Detta kan exempelvis göras med de befintliga brandgasluckorna om dessa är tillräckligt stora. För att det inte ska byggas upp ett för högt tryck är det viktigt att utrymmet har ett bra flöde av luft till och från branden. Detta innebär att det måste finnas tillräckligt bra ventilation in till klädförrådet. En simulering med en brand i klädförrådet då de befintliga brandgasluckorna används görs. De befintliga luckorna är konstruerade att öppnas manuellt i nuläget vilket kräver att det finns personal på plats för det ska fungera. En bättre lösning är istället att koppla luckorna till detektionssystemet.

I simuleringen används samma geometri som tidigare men skillnaden är att vid 25 sekunder efter att branden startas bildas två hål i taket som motsvarar brandgasluckorna. Eftersom det kommer finnas en större tillgång av syre antas branden kunna växa till 10 MW. Enligt de tidigare simuleringarna i FDS blev brandgaslagrets höjd i klädförrådet kritiskt efter 40 sekunder. Med brandgasluckorna kopplade till detektionssystemet nås den kritiska höjden först efter 60 sekunder. Trycket uppmätt utanför dörren mot trapphuset är i princip alltid lägre än vad det är längre in i trapphuset, vilket innebär att luft sugas in i klädförrådet från trapphuset. Detta minimerar brandgasspridningen till trapphuset och inga kritiska förhållanden uppstår i trapphuset. För att kompensera att brandgasluckorna inte kan öppnas helt antas luckorna ha en annan area som finns presenterad i Tabell 36. Arean som antas är då 60 % av den faktiska

arean av luckorna. Tiden till att de kritiska förhållandena nås i klädförådet redovisas i Tabell 37. Eftersom längsta tillgängliga tid för utrymning är 330 sekunder har simuleringslängden reducerats till 570 sekunder för att minska simuleringstiden. Under den kortare simuleringstiden uppnås inte några kritiska förhållanden i de övriga utrymmena.

Tabell 36. Brandgasluckornas mått anpassade till att luckorna inte går att öppna helt.

Rum	Längd [m]	Bredd [m]
Klädföråd	1,0	1,2
Tvättstuga	1,0	1,2

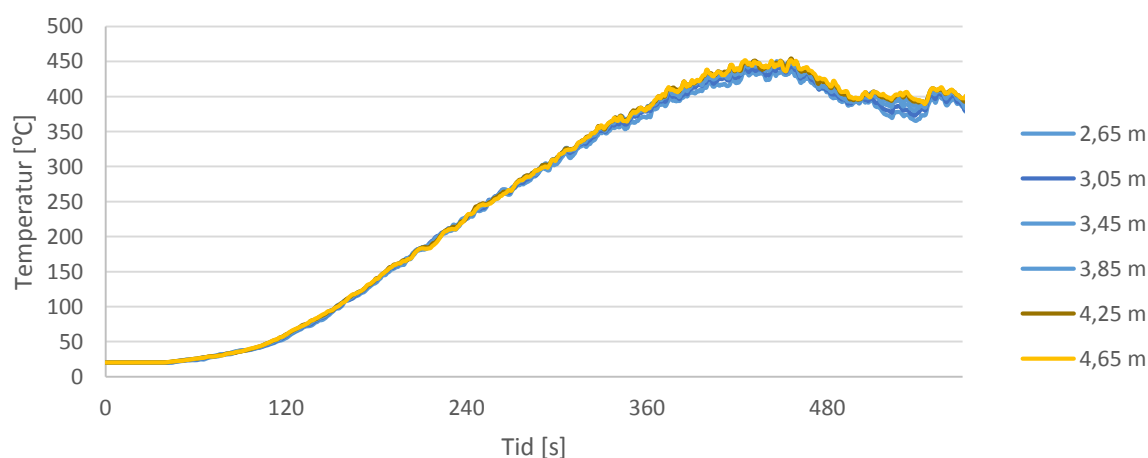
Tabell 37. Tider till kritiska förhållanden i klädförådet med öppna brandgasluckor.

Skyddskriterier	Kritiskt förhållande för utrymmet	Tid till kritiskt förhållande [s]
Brandgaslagrets nivå ovan golv	Två meter från golv	60 närmast trapphuset
Siktbarhet	Under fem meter	120
Värmestrålning		
Temperatur	80 grader	150
Kolmonoxidkoncentration		uppnås ej
Koldioxidkoncentration		320
Syrgaskoncentration	Under 15 %	290

När simulering med brandgasluckorna kopplade till detektionssystemet görs blir temperaturen högre i klädförådet. Detta beror på att branden har en högre effekt och är nackdelen med att ha brandgasventilation.

Hur hög temperatur glaset mellan klädförådet och studierumskorridoren klarar behöver tas med i beräkningarna om åtgärden med brandgasventilation ska fungera. Temperaturen vid glasrutorna finns presenterad i Figur 52 nedan.

Brand i klädföråd med brandgasluckor - Temperatur vid glasrutorna



Figur 52. Visar temperaturen på olika höjder vid glasrutorna som skiljer klädförådet och korridoren med studierum.

13.1.2 Sprinkler

I stort sett det enda sättet att skydda internen i cellen i vilken en brand startar vore genom att installera sprinkler i samtliga celler.

Enligt figur 2.5 i Dimensionering av sprinklersystem, fås aktivering av sprinkler efter 100 sekunder för bulb med aktiveringstemperatur på 59 °C och RTI-värde på 30. För en bulb med aktiveringstemperatur på 68 °C med samma RTI-värde fås en aktiveringstid på 120 sekunder. För brand med snabb tillväxtkurva fås ett ännu snabbare brandförlopp och vid 120 sekunder är temperaturen i brandgaslagret 370 °C, vilket går att jämföra med kurvan i kompendiet där en temperatur på 200 °C först uppnås efter 180 sekunder (Jensen, Dimensionering av sprinklersystem, 2002).

Test i CFAST där en sprinkler sätts in i mitten av celltaket med RTI-värde på 30 och aktiveringstemperatur på 59 °C ger en aktiveringstid på 81 sekunder. En sprinkler med RTI-värde på 30 och aktiveringstemperatur på 68 °C ger en aktiveringstid på 87 sekunder.

Test av RTI-värde på 60 och aktiveringstemperatur på 59 °C ger en aktiveringstid på 98 sekunder, en aktiveringstemperatur på 68 °C ger en aktiveringstid på 106 sekunder.

Jämfört med kritisk syrgasnivå för medvetlöshet på 10 % som nås efter ca 120 sekunder, så skulle installation av sprinkler undvika att sådana förhållanden inträffar och säkerställa att internen i cellen kan överleva. Det bygger på antagande om att kritiska förhållanden i cell inte förvärras efter aktivering av sprinkler. Mer information om effekter vid sänkt syrgasnivå återfinns i Bilaga J.

Vid lägre tillväxthastighet skulle sprinkler aktivera långsammare och endast 100 °C uppnås efter 170 sekunder. För test med simulering med långsam tillväxtkurva med ett RTI-värde på 30 och aktiveringstemperatur på 59 °C ger simulering i CFAST en aktiveringstid på 183 sekunder. Då kritiska förhållanden tar längre tid att uppnås, bedöms förhållandena för branden i cellen inte vara lika kritiska och trots långsammare sprinkleraktivering bedöms den fortfarande ha god effekt för att förhindra att förhållanden uppnås vid vilken internen skulle bli medvetlös eller avlida.

För att minska riskerna med att ha vattenfyllda rör i cellerna skulle pre-action system kunna vara ett alternativ. I pre-action system släpps vatten först på till rören när detektor i cellen aktiverar, varpå en bulb i cellen fortfarande behöver aktiveras. Fördel är att tiden till aktivering av systemet fortfarande hålls låg då den kombineras med en konventionell bulb längst ut som aktiverar som vanligt. Fördel är att risken för vattenskadorna som följd av oönskad aktivering minskas. Nackdel ligger i att systemet kräver mer underhåll än ett konventionellt sprinklersystem på grund av att det har fler delar där det kan bli fel (Fleming, 2002).

Ett annat alternativ är att använda ett deluge-system om snabb aktivering av sprinklersystemet behövs. Det uppnås genom att direktkoppla sprinklersystemet till detektionssystemet, i kombination med att använda öppna sprinkler och att det börjar spruta vatten i cellen direkt vid detektion. Så länge sprinklersystemet är korrekt dimensionerat och aktiverar kommer det med sin snabbare aktiveringstid säkerställa att kritiska förhållanden aldrig nås. På grund av en större risk för felaktivering med potentiella vattenskadorna som följd är det inte ett rekommenderat system (Fleming, 2002).

Vid aktivering kommer korrekt dimensionerade sprinkler för den uppskattade brandeffekten att slå ned branden och på så sätt förbättra förhållanden i cellen.

Syftet med att installera sprinkler är att det vore det snabbaste alternativet för att potentiellt rädda livet på personen i cellen där branden startar och är även det effektivaste sättet att skydda internerna i angränsande celler. Sprinkler har också fördelen att förhållandena i korridoren och cellen förbättras för att eventuellt kunna utrymmas utan att personal får räddningstjänstens hjälp.

En nackdel med sprinkler är att brandgaserna kommer kylas ner och tryckas ner mot golvet vilket riskerar att skapa en omrörning av brandgaserna i cellen. Detta gör att förhållandena i cellen förvärras för en kort stund men är ett bättre alternativ till att sprinkler inte installeras.

En risk med att installera sprinkler som har exponerade sprinklerhuvuden är att interner kan använda dessa för självmordsförsök och sabotage. För att undvika det bör sprinklern vara monterad och dold bakom nät eller galler, alternativt ha ett försänkt sprinklerhuvud med smältbläck något som dock resulterar i fördröjd aktivering.

Ett alternativ är ett vattendimsystem som har vissa fördelar jämfört med traditionella sprinklersystem. Vattendimma fungerar som ett traditionellt sprinklersystem men genom ett högre tryck och andra typer av munstycken minskas vattendropparnas storlek. Det har då lättare för att absorbera energi vilket leder till att mängden vatten som används kan minskas avsevärt. Med mindre vattenförbrukning minskas risken för vattenskador samt att rör med mindre dimensioner kan användas som underlättar arbetet med att installera systemet. Däremot behöver rörsystemet klara av ett högre tryck samt att det antagligen behövs en dyrare pump som klarar av att trycksätta systemet. Vattendimsystem kan vara olämpligt i klädförrådet om det finns risk att de små vattendropparna hinner förångas innan de når ner till hyllorna (Mawhinney & Gerard, 2002).

Om sprinkler ska kombineras med brandgasluckor måste sprinklern aktivera innan brandgasluckorna öppnas, då det annars finns risk för fördröjd eller utebliven sprinkleraktivering eftersom de varma brandgaserna ventileras bort (Drysdale D. , 2011).

Ytterligare något som bör tas i beaktande är att sprinkler inte är en garanti för att nå överallt i cellen och om det brinner under säng eller skrivbord kanske inte sprinklers kan släcka branden helt.

13.1.3 Brandcellsindelning

En åtgärd mot brand i cell eller pentry är att göra varje cell till en egen brandcell. Då sprider sig inte brand och rök från cellen där branden startat eller in från korridoren utanför. Detta gör att personer i resterande celler kan utrymma säkert eller att de är säkra i sina celler tills räddningstjänsten anländer. Detta alternativ garanterar inte att personen i cellen där branden startat kan räddas. Om brandcellsgränsen bryts, exempelvis genom att dörren öppnas riskeras brand och brandgasspridning.

En nackdel med att göra varje cell till en egen brandcell är att det kan bli en omfattande ombyggnad. Dock uppfyller troligtvis väggarna mellan cellerna redan EI30 och att göra dessa till EI60 skulle inte kräva allt för stor byggnation. Däremot behövs nya dörrar vilket kan bli

dyrt. I dagens regelverk är det ett krav att varje cell ska vara egen brandcell, men inget som krävdes i gällande regelverk vid byggnadens uppförande.

Att göra pentryt till en egen brandcell är ett sätt att säkerställa utrymning av personer ifall en brand skulle uppstå i pentryt. Det skulle medföra att det tar längre tid tills kritiska nivåer nås i korridor och cellerna skulle då kunna utrymmas säkert. Detta alternativ skyddar internerna endast från brand i pentryt och inte från en brand i en cell vilket inte gör det till den bästa lösningen för att säkerställa utrymning vid brand i pentryt.

13.1.4 Tätning av dörrar

Otäteter i dörrar möjliggör spridning mellan utrymmen vilket medför att tillgänglig tid för utrymning minskar. Detta bör därför åtgärdas.

När det gäller utrymning av verkstadsområdet, korridoren med studierum och tvättstugan, är trapphuset som leder ut till resterande delar av byggnad F ett kritiskt utrymme. Om för mycket brandgaser läcker ut till trapphuset uppnås kritiska förhållanden snabbare än tiden det tar att utrymma studierummen. Täta dörrar in till trapphuset gör att det tar längre tid tills kritiska förhållanden uppstår. Trapphuset är den enda utrymningsvägen från korridoren med studierum vilket innebär att om trapphuset fylls med rök går det inte att utrymma korridoren säkert. För att personer i studiekorridoren ska vara säkra även då utrymning är omöjlig bör dörren ut till trapphuset vara tät så att inga brandgaser kan komma igenom. Vid besöket uppmärksammades en springa på cirka 0,5 centimeter i dörren mellan trapphuset och korridoren.

För att undvika spridning av brandrök från celler till korridoren utanför är det viktigt att celldörrarna är täta. Vid besöket gavs information om att interna rev bort tätningssystemen på dörrarna för att få mer ventilation under somrarna. För att minska tid för kritiska förhållanden i korridoren bör läckage från cellerna minska. Detta förutsätter att brandgaser inte kan spridas genom ventilationssystemet.

13.1.5 Magnetuppställda dörrar

Brandcellsgränser måste upprätthållas för att brandskyddet ska uppfyllas och således behövs åtgärder som säkerställer att brandcellsgränser förblir intakta. För att undvika att dörrar mellan brandceller ställs upp med hjälp av till exempel en kil, kan magnetuppställare monteras. Magnetuppställda dörrar är ett bra alternativ för att underlätta användning och tillgänglighet genom utrymmen, men också för att kunna garantera att branddörrar stängs vid en eventuell brand. Med hjälp av magnetuppställningen stängs dörren automatiskt när utrymningslarmet aktiveras. Om dörren endast är självstängande kan det finnas tillfällen då användarna ställer upp dörren på andra sätt och då sätts det strukturella brandskyddet ur spel.

13.1.6 Öppningsbara fönster

Ett alternativ för att kunna säkerställa utrymning av cellerna är att göra fönstren öppningsbara med nyckel från utsidan. Detta skulle medföra att ingen utrymning skulle behöva ske genom att öppna celldörren så tiden tills dess att kritiska förhållanden i korridoren uppstår blir då längre. Förslaget är bra sett till säkerhet vid brand men inte när det gäller andra aspekter gällande fängelsesäkerhet. Nackdelen blir att hål måste göras i skalskyddet vilket blir ett stort ombyggnadsprojekt samt att fler potentiella rymningsvägar uppstår. Att ha öppningsbara

fönster från utsidan i cellerna anses därför inte vara en bra åtgärd för att kunna säkerställa utrymning från cellerna.

13.1.7 Bemanning

Hur mycket personal som finns på anstalten spelar stor roll gällande utrymningstid. Det är endast personal som kan passera genom låsta dörrar och därmed genomföra en utrymning. Dagtid anses det finnas tillräckligt med personal på avdelningarna om en utrymning skulle behöva ske på grund av brand i cell eller pentry. Om en brand istället skulle uppstå på natten anses antalet personal på plats vara en kritisk faktor. Beroende på hur mycket assistans internerna behöver kan minst antal personal på plats bestämmas. En medvetlös intern behöver minst två ur personalen för att utrymma. Dessutom känns det inte säkert för en ensam personal att själv utrymma ett cellblock på 8 interner. Det anses därför nödvändigt att två ur personalen direkt beger sig till cellerna för att påbörja utrymning.

Den nuvarande rutinen att en ur personalen beger sig till centralvakten för att ta emot och instruera räddningstjänsten. Om rutinen för räddningstjänsten ändras kan istället två ur personalen påbörja utrymning inne i byggnaden. Skulle detta inte bedömas fungera bör istället personalstyrkan utökas med en person under natten.

Den största orsaken till att utrymning av cellerna på natten tar lång tid är personalens förberedelsetid. Denna kommer att vara konstant oberoende hur många från personalen det finns på plats. Ett sätt att minska förberedelsetiden är att placera en ur personalen nära avdelningarna eller att alltid ha en ur personalen som är vaken utöver den i centralvakten.

Ett sätt att minska utrymningstiden från tvättstugan vid brand i klädförrådet under dagtid är att se till att internerna aldrig lämnas obevakade. Antingen bör personal finnas på plats i tvättstugan, eller i korridoren med studierum ovanför. Detta gör att beslut/reaktionstiden för personalen minskas från 73 till 40 sekunder. Total utrymningstid blir då 160 sekunder vilket är något mer än tid till kritiska förhållanden, men med kombination av andra åtgärder som till exempel rökgasluckor minskas tiden till kritiska förhållanden uppstår. Internerna kan då utrymmas säkert innan tiden till kritiska förhållanden uppstår.

13.1.8 Utbildning och övning

Hur lång tid det tar att utrymma beror till stor del på personalen. För att utrymningstiden ska bli så kort som möjligt är det viktigt att personalen känner sig säkra på och vet vad de ska göra i en utrymningssituation. Detta är framförallt viktigt på natten då endast tre ur personalstyrkan finns på plats. I den genomförda enkätundersökningen svarar 40 % att de inte känner sig säkra på vad de ska göra i en utrymningssituation.

Det är också viktigt att personalen vet hur den befintliga släckutrustningen fungerar. Om de vet hur inomhusbrandposter och handbrandsläckare fungerar och känner sig säkra på att använda dem kan de göra en tidig insats vilket frigör mer tid till utrymning. I enkätundersökningen svarade 50 % att de hade erfarenhet att använda inomhusbrandposter och handbrandsläckare. 40 % endast handbrandsläckare och 10 % inget av dem.

Internerna spelar också en stor roll vid utrymning. Det är viktigt att de är väl informerade om vad som förväntas av dem vid ett brandtillbud, vilka utrymningsvägar som ska användas, vad de ska göra om utrymningslarmet går med mera. Eftersom internerna byts ut med jämna

mellanrum är det viktigt att det förekommer regelbundna utbildningar för internerna. Dessutom måste en nyintagen under sin första dag bli informerad om brand och utrymning.

För personalen är det av största vikt att de känner sig säkra på vad de ska göra om en brand uppkommer i byggnaden. Det är därför viktigt att de får en brandutbildning i början av sin anställning. För att personalen ska känna sig säkra vid användandet av släckutrustning och Högsboanstaltens utrymningsrutiner kan regelbundna interna utbildningar på anstalten hållas. Utbildningen kan innehålla genomgång av släckutrustning och när dessa ska användas, genomgång av utrymningsvägar och rutiner vid utrymning så som vilka nycklar som ska användas och vart dessa finns. Det räcker inte med endast en utbildning utan det är något som måste genomföras regelbundet.

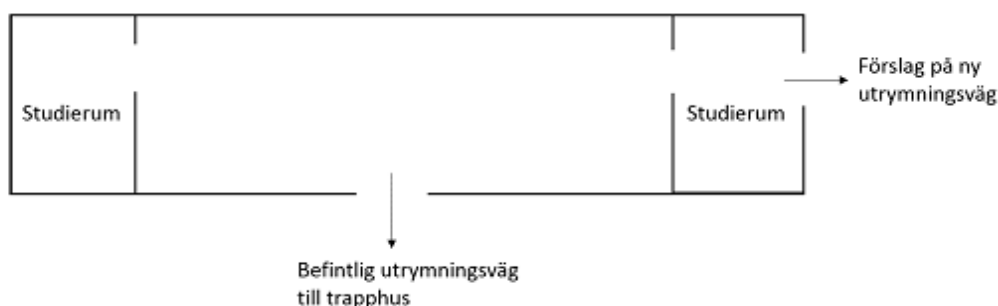
Övningar är också ett bra sätt att få personal och interner att känna sig säkra på sina uppgifter vid en utrymning. Under övningar kan problem rörande utrymning upptäckas och åtgärdas innan det sker på riktigt. Enligt brandskyddsdocumentationen ska brandövningar hållas minst en gång per år.

13.1.9 Utrymningsvägar

Två av varandra oberoende utrymningsvägar måste enligt lagkrav finnas tillgängliga från studierumskorridoren för att kunna säkerställa utrymning. Simuleringar för brand i klädförråd påvisar behovet av en alternativ utrymningsväg då det finns en risk för rökspridning till trapphuset vilket leder till att den enda utrymningsvägen från korridoren blockeras. Personal har upplevt obehag att arbeta efter en genomförd utrymningsövning då det läckte rök upp i korridoren vilket är ett ytterligare incitament till att ytterligare utrymningsväg bör uppföras.

En lösning vore exempelvis att installera en utrymningslucka i studierummet ovanför tvättstugan. Då kommer dock det maximala gångavståndet till den nödutgången att överskridas och måste därför diskuteras gällande sin lämplighet. Sträckan till den föreslagna utrymningsvägen skulle bli cirka 35 meter vilket endast är en liten överskridning av lagkravet på 30 meter. Dock anses detta som den enda lösningen och ger betydligt bättre utrymningsmöjligheter än om bara en utrymningsväg finns tillgänglig.

Varför utrymningsluckan placerats i det högra studierummet är för att det anses vara den bästa placeringen, se Figur 53. En utrymningsväg där leder direkt ut till det fria och påverkas inte av var i verkstadsområdet branden startar utan kommer alltid att kunna användas för utrymning. Dock kommer det att ta tid innan utrymning kan ske genom luckan eftersom den måste öppnas utifrån. Förutsättning är att ingen rök sprids in i korridoren så anses personerna kunna vistas där till dess att luckan öppnas. Det andra alternativet hade varit att placera utrymningsluckan i det vänstra studierummet ut till verkstaden. Detta ses inte som en lämplig lösning eftersom om en brand uppstår i verkstaden kan göra att båda utrymningsvägarna blir blockerade.



Figur 53. Förslag på placering av utrymningslucka från korridoren med studierum.

Om utvändigt utrymning måste ske från någon av avdelningarna på 3-4an måste personalen gå onödigt långt för att kunna låsa upp. Ett förslag är att montera en grind i staketet vid tvättstugan och verkstaden och se till så att alla grindar kan låsas upp från båda håll. Detta skulle minska tiden för utvändigt utrymning.

Enligt lagkrav får inga lösa föremål eller brännbart material får förvaras i utrymningsvägar. Utrymningsvägen ut till det fria från klädförrådet och verkstaden måste därför rensas på saker. Denna väg är dessutom en av räddningstjänstens angreppsvägar in i byggnaden.

13.1.10 Ventilation

Då brandgaser lätt kan spridas genom ventilationssystemet är en kontroll av systemet viktigt. Genom att få uppgifter om det befintliga systemet kan beräkningar och simuleringar göras så att ett bra brandskydd kan upprätthållas. Eventuellt kan åtgärder behövas för skydda de interna samt personal på anstalten. Ett alternativ till förbättring kan vara att istället för att fläktsystemet stängs av låta det fortsätta vara i drift vid en eventuell brand. Då skulle risken endast bli att brandgaserna kan spridas via tilluftssystemet. Ett andra alternativ är att sätta backventiler eller brandgasspjäll i tilluftsflödet och ha en frånluftsfläkt som klarar höga temperaturer igång. Nackdelen med detta är att branden får ett större tillskott med luft men fördelen är att spridningen till närliggande celler kan förhindras.

13.2 Krav på åtgärder

Med stöd i diskussionen av förslag på åtgärder väljs vilka som måste genomföras för att en säker utrymning ska kunna garanteras.

Lista över vilka åtgärder som ska genomföras följer:

- Öppning av rökgasluckorna i verkstadsområdet ska ske automatiskt med koppling till detektionssystemet. Detta garanterar att luckorna öppnas vid brand vilket gör att tiden till dess att kritiska förhållanden blir längre framförallt i trapphuset.
- Interner ska inte vistas ensamma i klädförrådet. Personal ska alltid finnas i närheten då interner vistas där. Det innebär att de antingen ska vara i klädförrådet eller i studierumskorridoren ovanför.
- Ytterligare en utrymningsväg från korridoren med studierum ska finnas. Detta krav finns dessutom redan som ett föreläggande från räddningstjänsten.
- Utrymningsvägen från klädförrådet och verkstaden måste tömmas på material. Detta är ett lagkrav som måste uppfyllas och dessutom är det en av angreppsvägarna för räddningstjänsten.
- Brandcellsgränserna måste upprätthållas. En lösning på det problemet är att alla dörrar mellan brandceller förses med magnetuppställare. Detta för att förhindra brand och rökgasspridning mellan brandceller.
- Rutinen för utrymning på natten ska ändras så att två personer kan påbörja en utrymning direkt. Detta genom att antingen ha rutinen att räddningstjänsten hämtar nycklar och påbörjar räddningsinsatsen utifrån. Annars bör personalstyrkan utökas med en person till på natten.
- Utrymningsövningar ska genomföras minst en gång per år. Enligt brandskyddsdocumentationen ska utrymningsövningar hållas minst en gång per år.

13.3 Rekommenderade åtgärder

Det finns även en del åtgärder som bör införas för att förbättra brand och utrymningssäkerheten på Högsboanstalten.

Nedanstående är en lista på alla åtgärder som bör genomföras:

- Varje cell bör göras till en egen brandcell eller sprinklas. Detta för att kunna rädda internerna i som inte befinner sig i cellen där branden startade. Installeras sprinkler ökar chansen att även internen i cellen med branden överlever.
- Personalen bör utbildas regelbundet. Utbildning för personal i användandet av släckutrustning samt regelbunden uppdatering om anstaltens utrymningsplaner är rekommenderat.
- Samtliga grindar bör vara öppningsbara från båda håll. Detta för att minska utrymningstiden till det fria.
- Stigarledning bör installeras vid atriumgården. Skulle räddningstjänsten använda atriumgården som angreppsväg med hjälp av stegbil behövs en stigarledning där. Att använda denna angreppsväg skulle minska tiden till att en släckinsats kan påbörjas vid en brand i någon av avdelningarna.

14. Diskussion

I denna rapport har säkerheten vid utrymning utvärderats och resultaten visar på att åtgärder måste vidtas för att byggnad F ska kunna utrymmas på ett säkert sätt. De flesta antaganden som gjorts har varit konservativa vilket medför att även de framtagna resultaten blir det. Viktigt att tänka på är att de presenterade resultaten är framtagna för värsta troliga scenarier och förhållanden som kan uppstå. Osäkerheter kring resultatet uppstår även i samband med att den enda informationen om byggnaden var den som samlades in under platsbesöket. Inga ritningar över byggnaden har varit tillgängliga så endast några få dokument har funnits att tillgå.

När det gäller brandscenarierna brand i cell och brand i pentry så visar resultatet att en säker utrymning inte kan garanteras varken på dagen eller på natten. Tiderna som ansats gällande beslut och reaktionstiden för att uppmärksamma en brand i ett cellben känns osannolikt höga för dagtid när personal finns tillgängliga på avdelningen. Tiderna för utrymning dagtid blir också mycket konservativa då en intagen som befinner sig i anslutning till branden också kan antas ha förnuft nog att röra sig därifrån och alltså bedöms en säker utrymning kunna ske dagtid. Utmaningen är däremot om en intagen befinner sig i sin cell och har dörren stängd eller på något sätt inte observerar att brand utbrutit. Vid ett sådant scenario skulle en intagen potentiellt kunna vara i sin cell och få utrymningsvägen genom korridor och pentry blockerad. Rutinen bland personal att kontrollera och räkna om samtliga intagna har evakuerats kan däremot förhindra att det inträffar.

På natten finns det stora osäkerheter i de många uppskattningar som gjorts. Exempelvis hur lång förberedelsetid personalen behöver innan utrymning kan påbörjas är uppskattat. I verkligheten är rutinerna att två ur personalen ska närvara vid utrymning för att de inte ska behöva hantera de intagna ensamma. Däremot har några simuleringar och scenarier gjorts i ERM där endast en i personalen genomför utrymningen. De simuleringar som görs är för att jämföra skillnaden och effekten av antalet personer som genomför utrymningen samt vilken effekt det har på den totala utrymningstiden. I cellerna under natten används BBRADs rekommendationer på värden till kritiska förhållanden.

Eftersom cellerna är så pass små kommer framför allt sikt och brandgaslagrets höjd uppnås snabbt vilket gör att tiden till kritiska förhållanden blir omöjlig att dimensionera efter. Istället hade man kunnat titta på andra kriterier som exempelvis tid till dess att dödliga förhållanden uppstår. Internerna klarar sig länge i cellerna även fast det snabbt blir mycket rök, varför det kan vara mer relevant att titta på dödliga förhållanden. Det går att jämföra med syrgaskoncentrationer, återfinns i Bilaga J, gällande effekt på människor vid olika koncentrationer. När man kollar på dödliga doser och koncentrationer är det möjligt att räkna ut dödlig dos och upptag för exponering utifrån information från simulering med avseende på koldioxid, kolmonoxid och vätecyanid (Purser, 2002).

Inget scenario simuleras när internerna utryms genom utrymningsluckorna ut till det fria. Detta då det är svårt att uppskatta hur lång tid det tar för personalen att öppna dessa. Tiden som krävs för att hämta nycklar i centralvakten och öppna luckorna anses vara betydligt längre än vad personalens förberedelsetid är vid en utrymning inom byggnaden. Därför simuleras inte ett sådant scenario.

Då en säker utrymning av internen i cellen där branden börjat inte kan genomföras innan de kritiska förhållandena uppstår måste slutsatsen dras att internen antingen omkommer eller skadas. Den säkra utrymningen avser då endast internerna i de intilliggande cellerna. Detta är för att kritiska förhållanden uppstår så pass snabbt i cellen där branden startat att det enda som kan rädda internen är att införa sprinkler.

Förutom de två kostsamma åtgärdsförslagen att sätta upp sprinkler eller att göra varje cell till en egen brandcell är att se till att rutiner för utrymning på natten ändras. Alternativet till ändrade rutiner är att personalstyrkan utökas på natten med ytterligare en person. Detta medför att utrymningen kan påbörjas direkt utan onödiga väntetider men är även det en kostnadsfråga.

Avseende brand i klädförrådet kommer det svåraste vara att utrymma tvättstugan och klädförrådet innan kritiska förhållanden uppstår. I beräkningarna är beslut/reaktionstiden för personalen det som tar längst tid. Detta kan vara en konservativ tid ifall personal befinner sig i vaktkuren mellan klädförråd och verkstad eller uppe i studierumskorridoren. Om personal befinner sig i något av de två utrymmena har de kortare förflyttningstid till dörren i trapphuset samt att de potentiellt kan se att brand startat.

När det gäller brandförloppet är det svårt att hitta en åtgärd som tillfredsställande förlänger tiden till kritiska förhållanden uppstår i klädförrådet. Automatiskt öppnande brandgasluckor vid detektion fungerar enligt simuleringen väl för att hindra att kritiska förhållanden i trapphuset och tvättstugan uppstår. Det anses ändå inte lämpligt att påstå att tvättstugan är säker då det inte finns en separat utrymningsväg. Om det blåser utanför riskerar brandgaser att sugas tillbaka in genom luckan i tvättstugan. Det tas inte med i beräkningarna att den ökade tillströmningen av luft vid brandgasventilationen gör att brandens omfattning ökar.

Simuleringen bygger på att tilluft säkras genom att dörren mellan klädförråd och tvättstuga är öppen så ena brandgasluckan fungerar som tilluftsflöde. Någon lösning för tilluft måste säkras. Nackdelen med att öka tilluft är att branden har möjlighet växa och nå maxeffekt om den blir bränslekontrollerad. Eftersom det blir en högre effektutveckling på grund av en ökad ventilation finns det en större risk att branden sprider sig. En osäkerhet viktig att påpeka är skyddet mellan klädförråd och korridor. En korrekt brandklassning av glaset är viktigt då brandgaserna blir varmare med öppna brandgasluckor.

De slutsatser som kan dras från diskussionen är att en säker utrymning endast kan ske om de krav på åtgärder som ställs genomförs.

15. Referenser

- Alvord, D. M. (1985). *Status report on the Escape and Rescue Model and the fire and emergency evacuation simulation for multifamily buildings.*
- Arbetsmiljöverket. (2013). *Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om arbetsplatsens utformning. AFS 2009:2.* Arbetsmiljöverket.
- Arnevall, P., Cornelius, D., Danielsson, T., Hanner, A., Nilsson, M., Norberg, M., . . . Ödén, M. (2013). *BIVs stöd för tillämpning vid brandteknisk dimensionering.* Lund: BIV.
- Babrauskas, V. (2002). Heat Release Rates. In National Fire Protection Association NFPA, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition* (pp. 3–1 - 3–37). Quincy, Massachusetts.
- Beyler, C. L., & Hirschler, M. M. (2002). Thermal Decomposition of Polymers. In National Fire Protection Association NFPA, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition* (pp. 1–110 - 1–131). Quincy, Massachusetts.
- Boverket. (1995, 06 01). BFS 1995:17, BBR 94:3. *Boverkets föreskrifter om ändring av verkets byggregler. BFS 1995:17, BBR 94:3.* Boverket.
- Boverket. (2006). Utrymningsdimensionering. Karlskrona.
- Boverket. (den 18 6 2013). BBRAD 3, BFS 2013:12. *Boverkets författningssamling, Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27), BBRAD 3, BFS 2013:12.*
- Boverket. (2014, 6 17). BBR 21, BFS 2014:3. *Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler. BFS 2014:3, BBR 21.* Boverket.
- Drysdale, D. (2011). *An Introduction to Fire Dynamics.* John Wiley & Sons ltd.
- Drysdale, D. D. (2002). Thermochemistry. In National Fire Protection Association NFPA, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering Third Edition* (pp. 1–90 - 1–98). Quincy, Massachusetts.
- Emmons, H. W. (2002). Vent Flows. In National Fire Protection Association NFPA, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition* (pp. 2–32 - 2–41). Quincy, Massachusetts.
- Fleming, R. P. (2002). Automatic Sprinkler System Calculations. In National Fire Protection Association NFPA, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition* (pp. 4–73 - 4–87). Quincy, Massachusetts.
- Flynn, J. D. (March 2010). *Prisons and Jails.* Hämtat från National Fire Protection Association, NFPA.org: <http://www.nfpa.org/research/reports-and-statistics/fires-by-property-type/prisons-and-jails/prisons-and-jails> den 25 02 2015
- Hietaniemi, J., Mangs, J., & Hakkarainen, T. (2001). *Burning of Electrical Household Appliances, An Experimental Study.* Espoo: Otamedia Oy.
- IKEA. (2015, 02 27). *Fyndig.* Retrieved from IKEA: <http://www.ikea.com/se/sv/search/?query=modul+k%C3%B6k>

- IKEA. (2015, 02 27). *Malm*. Retrieved from IKEA:
<http://www.ikea.com/se/sv/catalog/products/60214159/>
- IKEA. (2015, 02 27). *Nornäs*. Retrieved from IKEA:
<http://www.ikea.com/se/sv/catalog/products/20280943/>
- Jensen, L. (1998). *Brandgasspridning via ventilationssystem*. Lund.
- Jensen, L. (2002). *Dimensionering av sprinklersystem*. Institutionen för byggande och arkitektur, Avdelningen för installationsteknik. Lund: Lunds tekniska högskola.
- Karlsson, B., & Quintiere, J. G. (2000). *Enclosure fire dynamics*. Florida: CRC Press LLC.
- Kriminalvården. (2015, 02 20). *www.kriminalvarden.se*. Retrieved from
<http://www.kriminalvarden.se/hitta-och-kontakta/verksamhet/anstalt/hogsbo#om>
- Lindergren, R. (2015, 02 13). Säkerhetsansvarig. (S. Vallentin, Interviewer)
- Lusthusexperten. (2015). *Lusthus Carmen 4*. Retrieved 03 06, 2015, from Lusthusexperten:
<http://www.husochstuga.se/sv/articles/2.46.17764/lusthus-carmen-4>
- Mawhinney, J. R., & Gerard, G. B. (2002). Water Mist Fire Suppression Systems. i National Fire Protection Association NFPA, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition* (ss. Tabel 3, 1.16). Quincy, Massachusetts.
- McGrattan, K., Hostikka, S., McDermott, R., Floyd, J., Weinschenk, C., & Overholt, K. (2015). *NIST Special Publication 1019, Sixth Edition, FDS User Guide*. National Institute of Standards and Technology.
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2015, 02 25). *MSB*. Retrieved from
<http://ida.msb.se/ida2#page=a0109>
- National Fire Protection Association. (2002). Fuel Properties and Combustion Data, APPENDIX C. In *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition* (pp. A-34 - A-42). Quincy, Massachusetts.
- Nelson, H. E., & Mowrer, F. W. (2002). Emergency Movement. In National Fire Protection Association NFPA, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering Third Edition* (pp. 3-367 - 3-380). Quincy, Massachusetts.
- Nilsson, D., & Holmstedt, G. (2008). *Kompendium i aktiva system - detektion*. Lund: Department of Fire Safety Engineering and Systems Safty.
- NIST. (2015, 03 24). *NIST*. Retrieved from
http://www.nist.gov/el/fire_research/fds_smokeview.cfm
- Nystedt, F., & Frantzich, H. (2011). *Kvalitetsmanual för brandtekniska analyser vid svenska kärntekniska anläggningar, Report 3160*. Lund: Lunds tekniska högskola.
- Peacock, R. D., Forney, G. P., & Reneke, P. A. (2013). *CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6) Technical Reference Guide*. National Institute of Standards and Technology. Hämtat den 15 03 2015

- Proulx, G. (2002). Movement of People: The Evacuation Timing. In National Fire Protection Association NFPA, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition* (pp. 3–342 - 3–366). Quincy, Massachusetts.
- Purser, D. A. (2002). Toxicity Assessment of Combustion Products. In National Fire Protection Association NFPA, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering Third Edition* (pp. 2–84 - 2–171). Quincy, Massachusetts.
- SP. (2015, 03 9). SP Fire Database. *Sofa, Import ID: 657*. Borås: Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
- SP. (2015, 03 9). SP Fire Database. *Chair, Import ID: 663*. Borås: Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
- Staffansson, L. (2010). *Selecting design fires*. Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lunds tekniska högskola.
- Statistikdatabasen, M. (2015, 02 20). *msb.se*. Retrieved from Statistikdatabasen: <http://ida.msb.se/ida2#page=a0109>
- Särdqvist, S. (1993). *Initial fires*. Lund: Lund university, department of fire engineering.
- Tewarson, A. (2002). Generation of Heat and Chemical Compounds in Fires. In National Fire Protection Association NFPA, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition* (pp. 3–82 - 3–161). Quincy, Massachusetts.
- Tien, C. L., Lee, K., & Stretton, A. J. (2002). Radiation Heat Transfer. In National Fire Protection Association NFPA, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition* (pp. 1–73 - 1–89). Quincy, Massachusetts.
- Trafikverket. (2002). Grundvärden för gående och cyklister.
- Trollhättans Emballage Renoveringar AB. (2015). *EUR-pall*. Retrieved 03 06, 2015, from Terab: <http://www.terab.se/wms.php?page=13>
- Wendt, J. (2015, 02 13). Objektsbesök. (S. Vallentin, Interviewer)

Bilaga A. Beräkning av effektutvecklingskurvor

I följande bilaga redovisas antaganden och beräkningar som gjorts för att kunna ta fram effektutvecklingskurvorna för scenario 13, 12, 4, 5 och 6.

Brand i cell

Inga värden på maximal effekt hittades för TV-bänk och skrivbord. De räknades istället fram med Ekvation 3 från boken "Enclosure fire dynamics" (Karlsson & Quintiere, 2000):

$$\dot{Q} = A_f \cdot \dot{m}'' \cdot \Delta H_{eff} \quad \text{Ekvation 3}$$

\dot{Q} = Effektutveckling [kW]

A_f = Horisontellt brinnande yta [m²]

\dot{m}'' = Massavbrinning per ytenhet [kg/m²s]

ΔH_{eff} = Effektiv heat of combustion [kJ/kg]

Både skrivbordet, TV-bänken och garderoben består av trä och därför sattes massavbrinningen per ytenhet till 0,003 kg/m²s och effektiv förbränningsenergi till 17 MJ/kg (Karlsson & Quintiere, 2000). Med hjälp av IKEAs produktkatalog uppskattades skrivbordets horisontella area till 1,5 m² (IKEA, 2015) och TV-bänkens area till 0,5 m² (IKEA, 2015). Garderoben uppskattades från minnesbilder från besöket till 4,7 m². Effektutvecklingen från föremålen beräknades sedan med Ekvation 3.

För att beräkna brandens tillväxt från antändning till maximal effekt användes följande formel (Karlsson & Quintiere, 2000):

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2 \quad \text{Ekvation 4}$$

\dot{Q} = Effektutveckling [kW]

α = Brandens tillväxthastighet [kW/s²]

t^2 = Tid från antändning [s]

Brandens tillväxthastighet sätts till fast alltså 0,047 kW/s².

Om branden har tillgång till tillräckligt med syre under hela förloppet blir den bränslekontrollerad. Maximal mängd frigjord energi räknas ut för varje föremål i cellen för att få fram total mängd energi och kan ses i Tabell 38.

Tabell 38. Mängd frigjord energi uppdelat på respektive föremål i en cell.

Föremål	Frigjord energi [MJ]	Källa
Säng	480	Uppskattad som arean under grafen (Särdqvist, 1993), sid Y6/10-12
TV-bänk	85	Beräknad med Ekvation 5
Skrivbord	425	Beräknad med Ekvation 5
Garderob	1360	(Babrauskas, 2002) Table 3-1.16

Maximal energi som kan frigöras beräknas med Ekvation 5 för TV-bänken samt skrivbordet:

$$E = m \cdot \Delta H_{eff} \quad \text{Ekvation 5}$$

\dot{Q} = Effektutveckling [kW]

ΔH_{eff} = Effektive heat of combustion [kJ/kg]

Tiden till dess att branden nått sin maximala effekt beräknas enligt Ekvation 4:

$$t = \sqrt{\frac{2300}{0,047}} = 220 \text{ s}$$

Energien som frigjorts under tillväxtfasen beräknas till:

$$E = \alpha \int_0^{220} t^2 dt = \frac{220^3}{3} \cdot 0,047 \cdot 10^3 = 170 \text{ MJ}$$

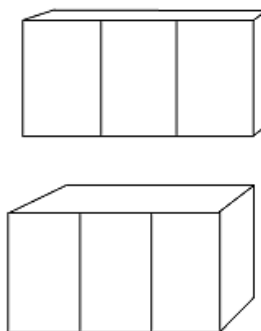
Tiden då branden anses avta beräknas som:

$$2300 \cdot 10^3 \cdot (t_{slut} - 220) = 2000 \cdot 10^6$$
$$t_{slut} = 870 \text{ s}$$

Brand i pentry

Inga värden på maximal effekt hittades för pentryköket och bordet. Dessa beräknades istället fram med hjälp av Ekvation 5. Både köket och bordet består av trä och därför sätts massavbrinningen per ytenhet till $0,003 \text{ kg/m}^2\text{s}$ och effektiv förbränningsenergi till 17 MJ/kg (Karlsson & Quintiere, 2000).

Bordets horisontella area uppskattas till $0,5 \text{ m}^2$ (IKEA, 2015). Pentrykökets ungefärliga mått kan ses i Figur 54. De markerade ytorna är de som används vid beräkningen av den maximala effektutvecklingen.



Figur 54. Skiss av pentryköket i ett cellben.

För att beräkna brandens tillväxtkurva från antändning till maximal effekt används Ekvation 4. Tillväxthastigheten kan sättas till medium eftersom det är ett vanligt värde att använda vid bränder i allmänna utrymmen (Karlsson & Quintiere, 2000). α blir då $0,012 \text{ kW/s}^2$.

Den totala tiden branden varar beräknas med hjälp av total mängd avgiven energi. För bordet och pentry-köket beräknas avgiven energi med hjälp av effektiv förbränningsenergi för trä (17 MJ/kg) och massan för respektive möbel. Bordet anses väga ca 10 kg och pentry-köket ca 85 kg .

$$E(\text{bord}) = 17 \cdot 10 = 170 \text{ MJ}$$

$$E(\text{pentrykök}) = 17 \cdot 85 = 1445 \text{ MJ}$$

Energien från soffan och fåtöljerna tas från SPs databas, 700 MJ (SP, 2015) respektive 630 MJ (SP, 2015). Totalt frigörs 2900 MJ . Med hjälp Ekvation 5 tiden till maximal effekt till 550 sekunder. För att få fram tiden för hela brandförloppet integreras först tillväxtkurvan från 0 till 550 s .

$$E = \alpha \cdot \int_0^{550} t^2 dt = 665500000 \text{ J}$$

Tiden till dess att branden slocknar fås genom att ställa upp följande ekvation:

$$\text{maxeffekt} \cdot (t_{\text{tot}} - 550) = \text{Total energi} - \text{energi}_{\text{tillväxt}}$$

$$(x - 550) \cdot 3700 \cdot 10^3 = 2900 \cdot 10^6 - 665500000$$

$$x \approx 1150 \text{ s} \approx 20 \text{ min}$$

Brand i tvättstuga

Brandförloppets totala tid beräknades med hjälp av avgiven energimängd. Avgiven energi per tvättmaskin togs ur Hietaniemi Js rapport (2001) *Burning of Electrical Household Appliances, An Experimental Study*. Ett medelvärde av hans tre experimentellt framtagna värden beräknades till $32,2 \text{ MJ/kg}$. Varje maskin anses väga 100 kg och totalt finns 7 maskiner.

$$E_{\text{tot}} = 7 \cdot 100 \cdot 32,2 = 22540 \text{ MJ}$$

Med hjälp av Ekvation 4 beräknas tillväxthastigheten fram. Tiden till maxeffekt var ca 1300 s (Hietaniemi, Mangs, & Hakkarainen, 2001) och total effekt 2800 kW vilket gav $\alpha = 0,0017 \text{ kW/s}^2$. Med ett känt α -värde beräknades brandens tillväxtkurva upp till maximal effektutveckling. Genom att integrera brandens tillväxtkurva fås mängd energi som frigörs under denna fas.

$$E_{\text{tillväxt}} = \alpha \cdot \int_0^{1300} t^2 dt = 1245000000 \text{ J}$$

Förloppets totala tid beräknas sedan till $2,5$ timmar enligt följande:

$$\text{maxeffekt} \cdot (t_{\text{tot}} - 1300) = \text{Total energi} - \text{energi}_{\text{tillväxt}}$$

$$(x - 1300) \cdot 2800 \cdot 10^3 = 22540 \cdot 10^6 - 1245000000$$

$$x \approx 8900 \text{ s} \approx 2,5 \text{ h}$$

Brand i stora klädförrådet

Vikten av kläderna uppskattades genom att ta volymen av ett hyllplan och därmed få fram den volym kläder som kan förvaras på hyllan. Det är totalt 7 hyllplan på en hylla och volymen av en hylla $2,4 \text{ m}^3$.

Volymen av alla sju hyllorna $33,6 \text{ m}^3$.

Hyllorna antas vara fyllda till 80 %.

Då blir det en total volym kläder på 30 m^3 .

Densitet för bomull är 13 kg/m^3 .

Energiinnehåll bomull 16 MJ/kg (Drysdale D. D., 2002).

Totala massan av kläder blir då:

$$m_{kläder, totalt} = 30 \text{ m}^3 \cdot 13 \text{ kg/m}^3 = 390 \text{ kg} \approx 400 \text{ kg}$$

Total energi bomull beräknas till

$$\frac{16 \text{ MJ}}{\text{kg}} \cdot 400 \text{ kg} = 6400 \text{ MJ}$$

Alla sidor av räbblocket förutom botten av vilken de sju hyllorna förenklats till.

$$2(lh + bh + \frac{1}{2}bl) = 2(6\text{m} \cdot 1,5\text{m} + 4\text{m} \cdot 1,5\text{m} + \frac{1}{2}4\text{m} \cdot 6\text{m}) = 54\text{m}^2$$

l = längd [m]

b = bredd [m]

h = höjd [m]

Sedan beräknas maxeffekten med **Ekvation 6** nedan.

$$\dot{Q}_{max} = A_m \cdot \dot{Q}''_{max} \quad \text{Ekvation 6}$$

Där

A_m = Mantelarea [m^2]

\dot{Q}''_{max} = Maximal effektutveckling per ytenhet [$\frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$]

Detta blir då enligt **Ekvation 6**:

$$54 \cdot 450 = 24300 \text{ kW}$$

Tiden till maxeffekt blir då:

$$t = \sqrt{\frac{24300}{0,047}} = 720 \text{ s}$$

Energien som frigjorts under tillväxtfasen beräknas till:

$$E = \alpha \int_0^{720} t^2 dt = \frac{720^3}{3} \cdot 0,047 \cdot 10^3 = 5800 \text{ MJ}$$

Kvarvarande energi från kläder efter tillväxtfasen:

$$6400 \text{ MJ} - 5800 \text{ MJ} = 600 \text{ MJ}$$

Denna energi motsvarar 37 kilo kläder vilket antas förbrännas under tiden som effekten sjunker till effekten av trähyllorna som.

Effekt av trähyllorna består av den horisontella arean av fyra hyllor vilket är

$$0,6 \text{ m} \cdot 4 \text{ m} \cdot 4 = 10 \text{ m}^2$$

Sedan multipliceras detta med maxeffekten från en hög med pallar med höjden 1,5 fot.

Brand i verkstad

Med hjälp av Ekvation 4 beräknas brandens tillväxtkurva fram till maximal effektutveckling ut. α sätts till fast, $0,047 \text{ kW/s}^2$ (Karlsson & Quintiere, 2000). Tid till maximal effektutveckling fås till:

$$t = \sqrt{\frac{15000}{0,047}} = 565 \text{ s}$$

Energien som frigjorts under tillväxtfasen beräknas till:

$$E = \alpha \int_0^{565} t^2 dt = \frac{565^3}{3} \cdot 0,047 \cdot 10^3 = 2800 \text{ MJ}$$

Total mängd energi som kan frigöras beräknas till:

$$E_{tot} = 1000 \cdot 17 = 17000 \text{ MJ}$$

Tiden då branden anses avta beräknas som:

$$15000 \cdot 10^3 \cdot (t_{slut} - 565) = (17000 - 2800) \cdot 10^6$$
$$t_{slut} = 1500 \text{ s}$$

Bilaga B. Teori om simuleringsprogram

Brandmodeller som används idag kan delas in i handberäkningar, zonmodeller samt fältmodeller (Nilsson & Holmstedt, 2008). För datorsimuleringar används vanligast zonmodeller och fältmodeller. Zonmodeller har fler begränsningar än fältmodeller men kräver betydligt mindre datorkraft. För effektivisera arbetet används det minst resurskrävande alternativet i de fall då det är lämpligt. I regel används en zonmodell initialt för att ta fram data som sedan används i fortsatta simuleringar. En kort beskrivning av en zonmodell och en fältmodell kan ses i nedanstående avsnitt.

CFAST

CFAST är en tvåzonsmodell utvecklad av National Institute of Standards and Technology. Programmet delar upp alla utrymmen i en övre varm zon samt en nedre zon med samma temperatur som omgivningen. I respektive zon råder homogena förhållanden vilket innebär att temperatur och masskoncentration är densamma. Energi och massa transporteras från brandkällan via en plymmodell till den övre zonen och den värms upp momentant.

Detta är en förenkling av verkligheten och kan därför i mer avancerade geometrier som t.ex. långa korridorer ge missvisande resultat. Det är för att brandgaserna avger i verkligheten energi till väggar och tak och kyls därför ner ju längre från brandkällan de transporterats vilket minskar homogeniteten i zonen. Detta kan kompenseras delvis med inställningen corridor som fördröjer flödet från plymen till brandgaslagret. Kontroll av dimensionernas giltighet måste därmed göras enligt kriterier som är specificerat enligt manualen (Peacock, Forney, & Reneke, 2013)

Branden skapas genom att massavbrinning till pyrolysgaser ställs in i programmet vilka sedan reagerar med syret. Om det är ett slutet utrymme minskar effekten när syrgaskoncentrationen närmar sig den nedre brännbarhetsgränsen, men modellen kommer fortfarande ha massavbrinning enligt den förbestämde effektkurvan. Vid en ventilationskontrollerad brand måste därför hänsyn tas till att modellen kan ha producerat en för stor mängd pyrolysgaser. Detta går att kompensera genom att använda effektutvecklingen från den första genomförda simuleringen i en ny simulering.

Den senaste versionen av CFAST är 6.2.0 och används samtliga fall.

Begränsningar med CFAST

Om kvoten längd/bredd överstiger ett värde på 5 används en flödes-algoritm i CFAST. Flödesalgoritmen tar hänsyn till en tidsfördröjning för plymen från dess att den kommer in i utrymmet, till dess att tillräckligt med rökgaser finns tillgängliga för att strömma in i angränsande utrymmen. Flödesalgoritmen är baserad på numeriska simuleringar i LES-modell, FDS. (Peacock, Forney, & Reneke, 2013, ss. 54, 61-62) I Tabell 39 nedan redovisas villkor för giltighet för simuleringar i CFAST.

Tabell 39. Villkor för giltighet i CFAST (Peacock, Forney, & Reneke, 2013, s. 41)

Kriterier	Acceptabelt	Kräver bedömning	Korridorflödesalgoritm
Längd/Bredd	$L/B < 3$	$3 < L/B < 5$	$L/B > 5$
Längd/Höjd	$L/H < 3$	$3 < L/H < 6$	$L/H > 6$
Bredd/Höjd	$B/H > 0.4$	$0.2 < L/B < 0.4$	$L/B < 0.2$

FDS

Fire Dynamics Simulator, förkortat FDS, är ett simuleringsprogram som används för flöden med låg hastighet där fokus ligger på rök och värmetransport från bränder. Smokeview är ett visualiseringsprogram som används för att producera visuell utdata från simuleringar i FDS samt CFAST. Båda programmen är mestadels utvecklat av The National Institute of Standards and Technology (NIST, 2015). Fortsatta simuleringar kommer använda den senaste versionen av FDS vilket är 6.1.2.

Pyrosim är ett kommersiellt tillägsprogram för FDS och tillför ett grafiskt gränssnitt för att lättare bygga upp geometrin för varje modell.

För att simuleringarna inte ska ta för lång tid och för att underlätta uppbyggnaden av modellerna görs förenklingar av verkligheten. Geometrin förenklas så att man bara behåller de delar som påverkar flödet i modellen.

FDS delar upp modellen i kubformade celler. De fungerar ungefär som pixlar i en digitalkamera där mindre och fler pixlar oftast ger bättre bild, men kräver mer resurser. FDS beräknar konserveringsekvationerna i cellernas sidor vilket gör att beräkningsytorna i en modell ser ut som ett tredimensionellt rutnät.

För att dra nytta av dagens moderna datorer med flerkärniga processorer kan modellen delas upp i olika rutnät som fortsättningsvis kallas mesh. Varje mesh kan fördelas på varsin kärna och för att processorn ska arbeta effektivt bör varje mesh ha ungefär lika många celler. Detta för att en simulering aldrig kan gå snabbare än den långsammaste meshen. Cellstorleken bör därför anpassas efter hur stor meshen är för att undvika att simuleringarna blir olika långa. En svårighet är att veta hur fin mesh man ska ha. I FDS-manualen kan ekvation 6.1 användas för att beräkna fram ett värde på D^* . Det beräknade värdet bör ligga mellan 4 och 16 för att meshen ska ge verifierade resultat. (McGrattan, o.a., 2015)

Begränsningar med FDS

Ekvationerna i FDS sker i cellgränserna varför objekt som placeras inuti en cell kan orsaka fel. Det innebär att geometrin man bygger upp inte kan bli mer detaljerad än cellstorleken, vilket gör att geometrin förenklas ju större cellstorleken är. Inte heller de turbulenta strömningar som kan bildas vid brand blir mindre än cellstorleken. För att få med de mindre turbulenta strömningarna används en sub-grid modell. Det innebär att man från empiriska studier programmerat egenskaper. Data från de empiriska studierna kan vara från helt annorlunda förhållanden vilket innebär att tillförlitligheten för egenskaperna kan bli relativt låg. Ju mindre cellstorlek man har desto mindre andel av beräkningarna sker sub-grid. Vid öppningar det strömmar ur bör man lägga till utrymme så att turbulensen hinner stabilisera sig.

Strålning från flammor i FDS är diskret uppdelad vilket innebär att det är ett bestämt antal strålar som skjuter ut från flammen. Det innebär att objekt kan hamna precis mellan strålarna och resulterar i att objektet inte bestrålas trots att det egentligen gör det. Detta gör att i vissa fall är inte strålningsresultaten tillförlitliga. Strålningsberäkningarna använder också beräkningsresurser varför det inte är rimligt att ställa in ett stort antal strålar från flammen.

ERM

Programmet Escape and Rescue Model, ERM är ett simuleringsprogram som är speciellt anpassad för utrymning av vårdanläggningar. Programmet beräknar tiden för utrymning med hänsyn till gångtider, prioritering och patientens hjälpbehov. Programmet är tillämpligt på fångelser då interner behöver assistans och inte kan utrymma på egen hand, vilket innebär att ERM är lämpligt för beräkningar av utrymningstid även för fångelser. Fortsättningsvis kommer patienter och vårdare benämnas som interner respektive personal för att anpassas till fångelsets verksamhet.

För att skapa en simulering sätts geometrin in som punkter i ett koordinatsystem där punkterna kallas för noder. I programmet anges en eller fler noder som är en säker zon till vilken interner kommer evakueras. Det anges i programmet hur noderna är sammankopplade, vilka noder som interner och personal startar i varpå programmet räknar på utrymning genom kortaste sträckan genom angivna noder. Programmet väljer alltid det kortaste avståndet mellan de noder interner och personal har placerats. Den totala sluttiden fås när alla interner och personal lämnat utrymmet och befinner sig i säkra noder (Alvord, 1985).

Interner respektive personal kan ges ingångsvärden som representerar reaktionstider, beslutstider, gånghastighet och andra egenskaper. Den största faktorn som påverkar slutresultatet är de antaganden för beslut och reaktionstider som ställs in av användaren.

Begränsningar med ERM

I programmet är det inte möjligt att ta hänsyn till faktorer som personalens reaktion när de kommer i kontakt med branden, hur de väljer att inhämta information och bildar sig en uppfattning av branden samt annat agerande som kan uppstå.

Andra begränsningar är att programmet beräknar tid med hjälp av gångtid på interner och personal, något som manuellt går att ställa in och variera, samt att det finns olika typer av interntyper som har olika egenskaper och beteenden vid utrymning. Typer som baseras på internens hjälpbehov för att kunna evakuera, exempelvis om assistans krävs vid evakuering via trappor.

Modellen baseras på att man matar in reaktionstider för personal innan utrymning påbörjas samt reaktionstider för internerna från det att de notifieras om utrymning ska påbörjas till att de börjar utrymma. Ytterligare matar man in i programmet prioriteringar för utrymning gällande vilken intern som börjar utrymmas först och i vilken ordning som utrymning av internerna ska ske.

Programmet tar inte hänsyn till utrymningsvägars kapacitet och bredd på dörrar i förhållande till antal människor som vill utrymma genom dörren samtidigt och tar således inte heller

hänsyn till om någon köbildning uppstår. Inte heller hänsyn till människors påverkan av brand och rök eller deras beteende av sådana aspekter.

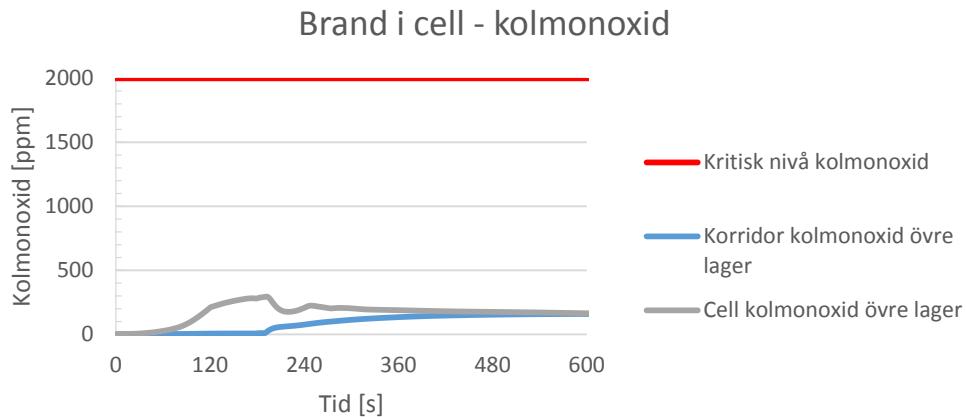
Programmet har även en begränsning i max antalet interna, personal och noder för att programmet ska fungera. Version som används har kompilerats av Bjarne Husted för kompatibilitet med moderna operativsystem och har begränsning på 30 stycken i personal (STAFF), 150 stycken interna (Residents) och 250 stycken noder (Spatial nodes).

Bilaga C. Simulering brand i cell

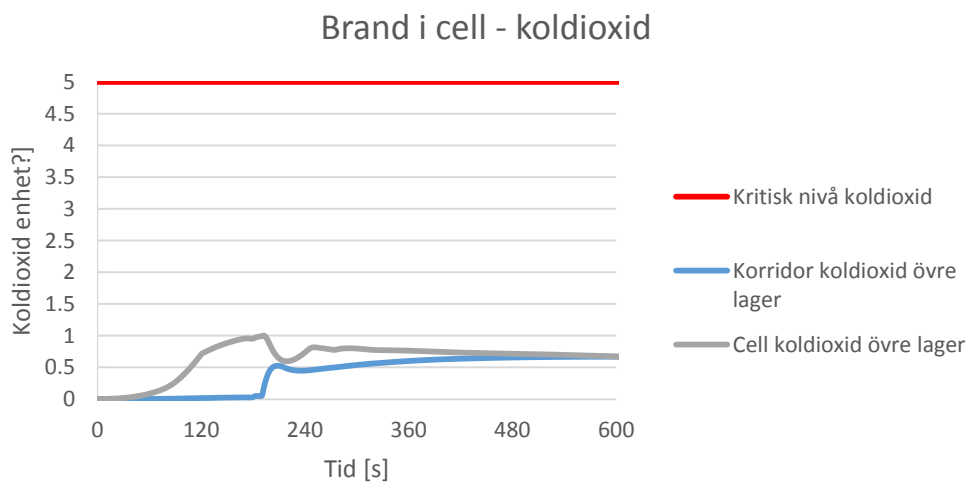
I följande bilaga kan diagram på från simuleringarna för brand i cell ses.

Brand i cell

Följande diagram visar på koncentrationerna av de giftiga gaserna koldioxid och kolmonoxid i cellen respektive korridoren vid simulering av brand i cell. Koncentrationen kolmonoxid når aldrig över gränsvärdet på 2000 ppm, varken i cellen eller korridoren, se Figur 55. Halten koldioxid når heller aldrig över gränsvärdet i något av utrymmena, se Figur 56.



Figur 55. Mängd kolmonoxid i cellen respektive korridoren där kritisk nivå finns utmarkerad.



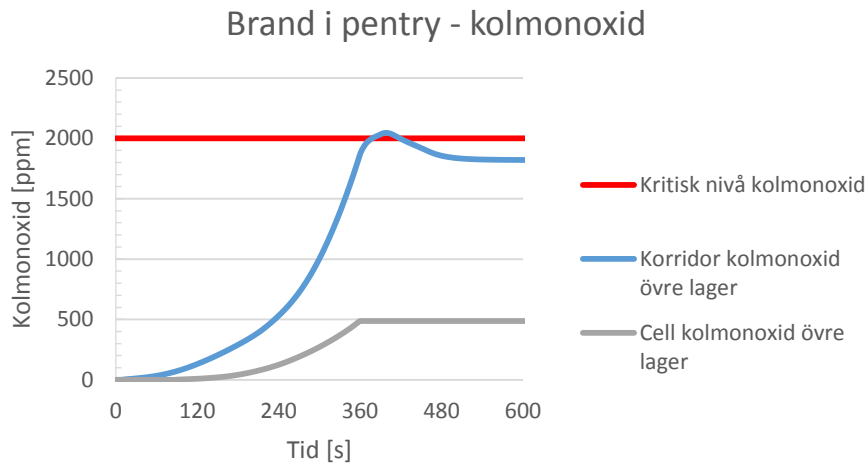
Figur 56. Halt koldioxid i cellen respektive korridoren där kritisk nivå finns utmarkerad.

Bilaga D. Simulering brand i pentry

I följande bilaga kan diagram på fråån simuleringarna för brand i pentryt ses.

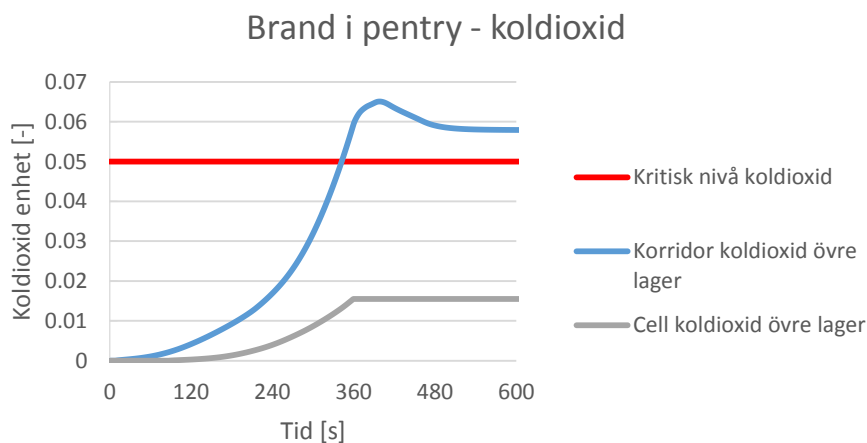
Följande diagram visar på koncentrationerna av de gaserna koldioxid och kolmonoxid i korridoren vid simulering av brand i pentry. Halterna i cellen överstiger aldrig gränsvärdena.

I Figur 57 nedan kan koncentration av kolmonoxid i korridoren vid olika tidpunkter utläsas. Den kritiska nivån av kolmonoxid är 2000 ppm uppnås efter 380 sekunder.



Figur 57. Halten kolmonoxid i korridoren och cellen vid simulering av brand i pentry.

Halten koldioxid i korridoren kan avläsas i Figur 58. Andelen koldioxid i korridoren överstigen 5 procent efter 340 sekunder.



Figur 58. Halten kolmonoxid i korridoren och cellen vid brand i pentryt.

Bilaga E. Simulering brand i klädförråd

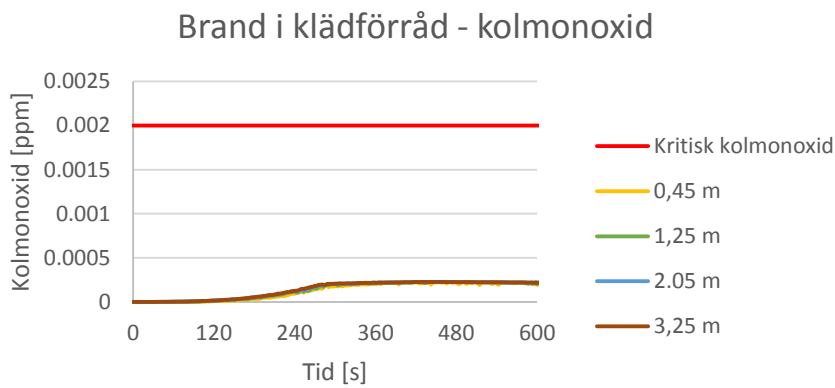
I följande bilaga kan diagram och ekvationer som berör simuleringarna för brand i klädförrådet ses.

$$D_L = -\frac{1}{L} \cdot \ln\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

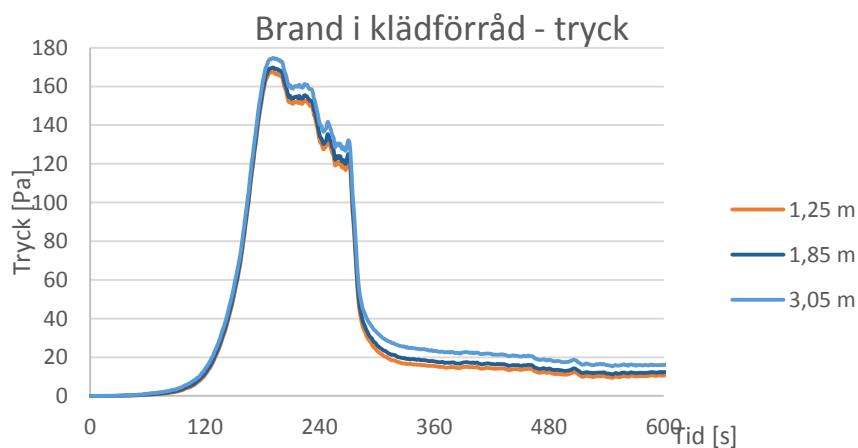
Ekvation 7

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

Ekvation 8

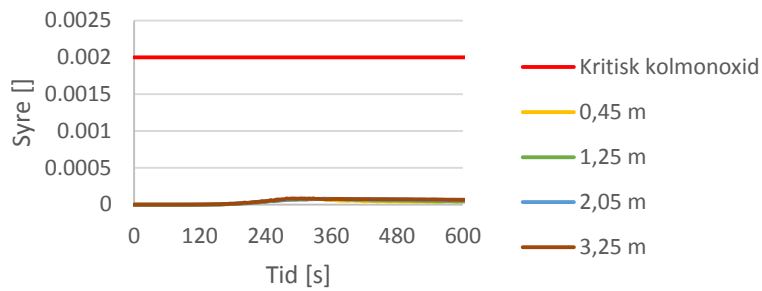


Figur 59. Kolmonoxidhalten i klädförrådet.



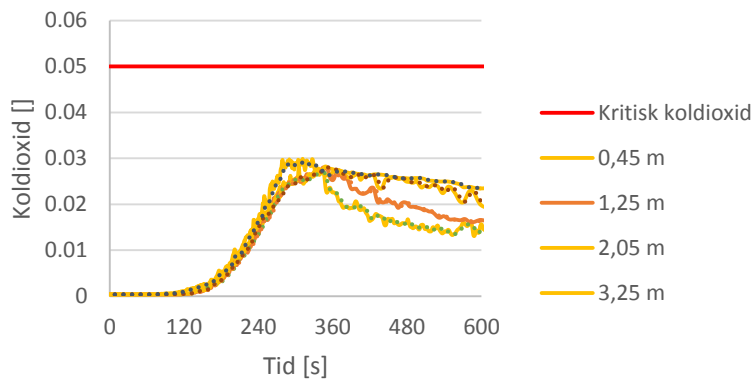
Figur 60. Tryckupbyggnad i klädförråd.

Brand i klädförråd - kolmonoxid i trapphuset



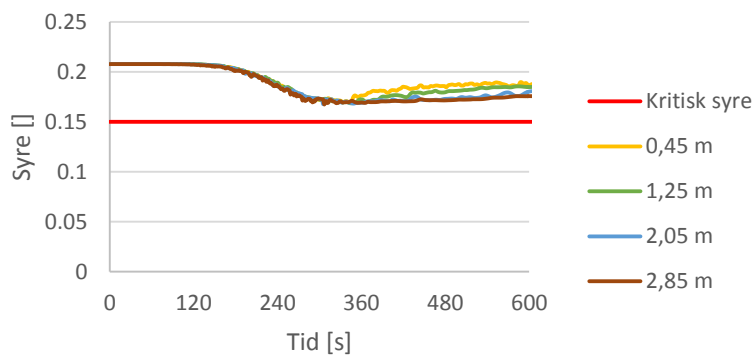
Figur 61. Kolmonoxidhalten i trapphuset.

Brand i klädförråd - koldioxid i trapphus



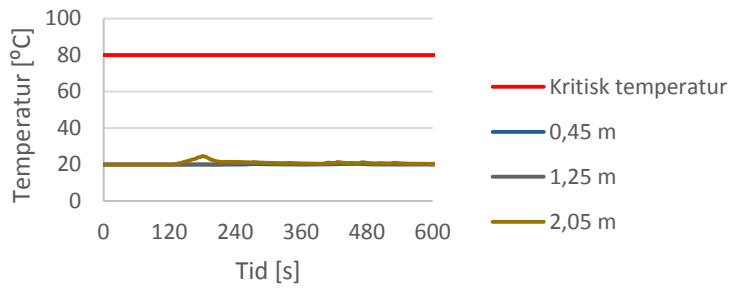
Figur 62. Koldioxidhalten i trapphuset.

Brand i klädförråd - syre i trapphus



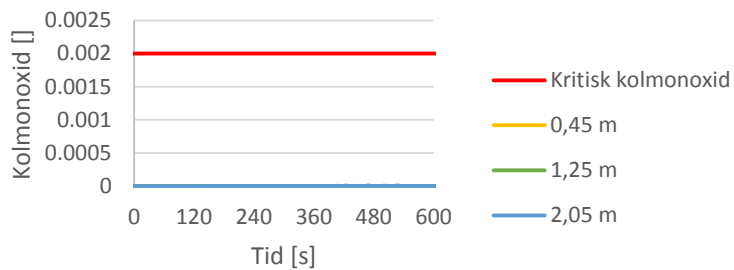
Figur 63. Syrekoncentrationen i trapphuset.

Brand i klädföråd - temperatur i korridor



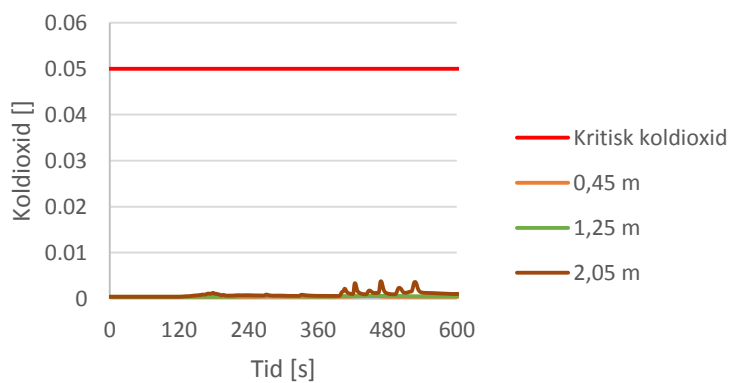
Figur 64. Temperaturen i studierumskorridoren.

Brand i klädföråd - kolmonoxid i korridor



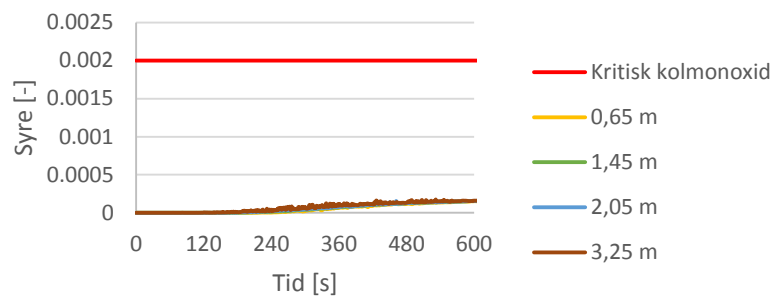
Figur 65. Kolmonoxidkoncentrationen i studierumskorridoren.

Brand i klädföråd - koldioxid i korridor



Figur 66. Koldioxidhalten i studierumskorridoren.

Brand i klädföråd - kolmonoxid i tvättstugan



Bilaga F. Handberäkning av utrymningshastigheter dagtid

För utrymning under dagtid beräknas utrymningstiderna för hand. I denna bilaga beskrivs beräkningsgången för de olika scenarierna.

Tabell 40. Gånghastigheter på plan mark och i trappor.

	Hastighet [m/s]	Källa
Plan mark	1,4	Trafikverket, 2002
Uppför trappa	0,6	Boverket, 2006
Nerför trappa	0,75	Boverket, 2006

Tiden det tar för en person att förflytta sig en viss sträcka beräknas med följande formel:

$$t = \frac{s}{v} \quad \text{Ekvation 9}$$

där,

t = tid [s]

s = sträcka [m]

v = hastighet [m/s]

Utrymning cellblock

Maximal sträcka uppskattas till 40 m. Hastigheten tas från Tabell 40 till 1,4 m/s. Beräkning med Ekvation 9 ger förflyttningstiden:

$$t = \frac{40}{1,4} = 29 \text{ s} \approx 0,50 \text{ min}$$

Utrymning tvättstuga

Maximal sträcka personal behöver gå för att undersöka platsen där en detektor löst ut uppskattas till 50 m. För att komma dit behöver även 5 m trappor passeras samt ca 3 låsta dörrar. Gånghastigheten tas från Tabell 40. Passera en låst dörr anses ta 10 sekunder. Tid från vaktkur till plats där detektor löst beräknas med Ekvation 9:

$$t_{plan} = \frac{50}{1,4} = 35 \text{ s}$$

$$t_{trappa} = \frac{5}{0,6} = 8 \text{ s}$$

$$t_{dörr} = 3 \cdot 10 = 30 \text{ s}$$

Total undersökningstid för personal blir 73 s.

Förflyttningstiden innefattar en gångsträcka på 12,5 m, trappor 5 m och passage genom ca 2 låsta dörrar. Förflyttningstiden beräknas med hastigheter från Tabell 40 och med hjälp av Ekvation 9:

$$t_{plan} = \frac{12,5}{1,4} = 9 \text{ s}$$

$$t_{trappa} = \frac{5}{0,6} = 8 \text{ s}$$

$$t_{dörr} = 2 \cdot 10 = 20 \text{ s}$$

Total förflyttningstid blir ca 40 sekunder.

Utrymning av studiekorridor

Maximal sträcka personal behöver gå för att undersöka platsen där en detektor löst ut uppskattas till 10 m. För att komma dit behöver även 10 m trappor passeras samt ca 2 låsta dörrar. Gånghastigheten tas från Tabell 40. Tid från vaktkur till plats där detektor löst beräknas med Ekvation 9:

$$t_{plan} = \frac{5}{1,4} = 4 \text{ s}$$

$$t_{trappa} = \frac{10}{0,75} = 14 \text{ s}$$

$$t_{dörr} = 2 \cdot 10 = 20 \text{ s}$$

Total undersökningstid för personalen blir ca 40 s.

Förflyttningstiden innefattar en gångsträcka på 5 m, trappor 5 m och passage genom ca 2 låsta dörrar. Förflyttningstiden beräknas med hastigheter från Tabell 40 och med hjälp av **Ekvation 9**:

$$t_{plan} = \frac{5}{1,4} = 4 \text{ s}$$

$$t_{trappa} = \frac{5}{0,75} = 7 \text{ s}$$

$$t_{dörr} = 2 \cdot 10 = 20 \text{ s}$$

Total förflyttningstid blir ca 30 s.

Bilaga G. Indata till ERM

Tabell 41. Första raden med parametrar under "BATCH, Standard-scenario. Scenario1, GENERAL INFORMATION FOR THE RUN" i ERM.

Skala som används i ERM	Skriver ut noder	Skriver ut kortast väg från varje nod till utrymningsplats	Skriver ut exakt process vid utrymning
1	0	0	0

Tabell 42. Andra raden med parametrar under "BATCH, Standard-scenario. Scenario1, GENERAL INFORMATION FOR THE RUN."

Antal personal	Antal interna	Antal noder	Fördröjning för notifiering av typ 6A	Vilotid på personal mellan evakuerad patient [s]	Egen inställning av hastighet på patient [m/min]
2	8	28	0	10	0

Tabell 43. Parametrar under "STAFF INFORMATION FOR THE RUN."

Nummer	Startposition personal, nodnummer	Fördröjningstid [s]
1	1	150
2	1	210

Tabell 44. Parametrar under "RESIDENT INFORMATION FOR THE RUN."

Nummer på patient	Startposition patient, nodnummer	Patienttyp	Prioriteringsordning	Fördröjningstid [s]	Kolumn1
1	5	10	1	10	0
2	8	10	2	10	0
3	11	10	3	10	0
4	14	10	4	10	0
5	17	10	5	10	0
6	20	10	6	10	0
7	23	10	7	10	0
8	26	10	8	10	0

Tabell 45. Beskrivning av parametrar under "NODE INFORMATION FOR THE RUN" i ERM.

Nod-nummer	Beskrivning	x	y	z	Antal angränsande noder	Nummer på angränsande noder		
1	HALL	1	7	0	2	2	28	
2	DORR	3	7	0	2	1	3	
3	KORR	9	7	0	3	2	4	6
4	DORR	9	6	0	2	3	5	
5	CELL	9	4	0	1	4		
6	KORR	11	7	0	3	3	7	9
7	DORR	11	6	0	2	6	8	
8	CELL	11	4	0	1	7		
9	KORR	13	7	0	3	6	10	12
10	DORR	13	6	0	2	9	11	
11	CELL	13	4	0	1	10		
12	KORR	15	7	0	3	9	13	15
13	DORR	15	6	0	2	12	14	
14	CELL	15	4	0	1	13		
15	KORR	17	7	0	3	12	16	18
16	DORR	17	6	0	2	15	17	
17	CELL	17	4	0	1	16		
18	KORR	19	7	0	3	15	19	21
19	DORR	19	6	0	2	18	20	
20	CELL	19	4	0	1	19		
21	KORR	21	7	0	3	18	22	24
22	DORR	21	6	0	2	21	23	
23	CELL	21	4	0	1	22		
24	KORR	23	7	0	3	21	25	27
25	DORR	23	6	0	2	24	26	
26	CELL	23	4	0	1	25		
27	DORR	24	7	0	1	24		

Bilaga H. ERM indatafil till Scenario 1

BATCH

Standard-scenario. Scenario1

GENERAL INFORMATION FOR THE RUN.

1 0 0 0

2 8 28 0 10 0

STAFF INFORMATION FOR THE RUN.

1 1 150

2 1 210

RESIDENT INFORMATION FOR THE RUN.

1 5 10 1 10 0

2 8 10 2 10 0

3 11 10 3 10 0

4 14 10 4 10 0

5 17 10 5 10 0

6 20 10 6 10 0

7 23 10 7 10 0

8 26 10 8 10 0

NODE INFORMATION FOR THE RUN.

1 HALL 1 7 0 2 2 28

2 DORR 3 7 0 2 1 3

3 KORR 9 7 0 3 2 4 6

4 DORR 9 6 0 2 3 5

5 CELL 9 4 0 1 4

6 KORR 11 7 0 3 3 7 9

7 DORR 11 6 0 2 6 8

8 CELL 11 4 0 1 7

9 KORR 13 7 0 3 6 10 12

10 DORR 13 6 0 2 9 11

11 CELL 13 4 0 1 10

12 KORR 15 7 0 3 9 13 15

13 DORR 15 6 0 2 12 14

14 CELL 15 4 0 1 13

15 KORR 17 7 0 3 12 16 18

16 DORR 17 6 0 2 15 17

17 CELL 17 4 0 1 16

18 KORR 19 7 0 3 15 19 21

19 DORR 19 6 0 2 18 20

20 CELL 19 4 0 1 19

21 KORR 21 7 0 3 18 22 24

22 DORR 21 6 0 2 21 23

23 CELL 21 4 0 1 22

24 KORR 23 7 0 3 21 25 27

25 DORR 23 6 0 2 24 26

26 CELL 23 4 0 1 25

27 DORR 24 7 0 1 24

28 SAFE 0 7 0 1 1

Bilaga I. Kontrollberäkning av ERM

Gångavstånd från startpunkt utanför korridoren, till cell och tillbaka kan skilja något mellan simulering och handberäkning beroende på vilka tidssteg som har kontrollerats. Skillnad i avstånd till säker zon kan skilja upp till en meter mellan handberäkning och simulering.

Tabell 46. Kontroll av ERM beräkning, gånghastighet kontra simuleringstid.

	Typ 6A	Typ 10	Typ 40	Dagtid
Gånghastighet [m/s]	1.1	0.7	0.5	1.4
Gångavstånd, cell närmast pentry [m]	20	20	20	20
Gångavstånd, cell längst bort i korridor [m]	52	52	52	52
ERM, tid för cell närmast pentry [s]	29	35	-	-
ERM, tid för cell längst bort i korridor [s]	-	76	119	-
Handberäkning, tid för cell närmast pentry [s]	19	29	-	14
Handberäkning, tid för cell längst bort i korridor [s]	-	76	98	37

Skillnader mellan typ 6A i simulering och handberäkning är 10 sekunders förberedelsetid hos internerna och därför bedöms resultatet för simuleringarna med typ 6A som giltigt.

För typ 10 är skillnaderna mindre och kan inte direkt förklaras av 10 sekunders förberedelsetid för interner, resultaten anses fortfarande var giltiga, om än att gånghastigheten i ERM kan vara något högre än 0,7 m/s. Typ 10 är redan en väldigt konservativ patienttyp då den kräver eskort av personal under hela utrymningen och ger fortfarande rimligt resultat i rätt storleksordning.

Differensen för typ 40 kan härledas till en fördröjningstid på internerna på 40 sekunder och 60 sekunders fördröjning på personal 2 jämfört med personal 1, således 20 sekunders väntetid för personal 1 vid internen. Resultat i samma storleksordning och bedöms som rimligt.

Som jämförelse går att använda gånghastighet på 1,4 m/s (Trafikverket, 2002) som används för utrymningsberäkningar dagtid, vilket är i samma storleksordning som patienttyp 6A, om än något högre hastighet.

Bilaga J. Syrgaskoncentration

I Tabell 47 nedan redovisas olika gränsvärden för syrgaskoncentrationer och effekterna vid respektive intervall. Fram till 15 % är effekterna försumbara under tidsrymden som är aktuellt under ett brandförlopp, där kritisk syrebrist inträffar vid värden under ca 10 %. Kroppen klarar av att kompensera för mindre minskningar av syrgaskoncentrationen under kortare tidsperiod och det finns således en viss tröghet innan en förändrad syrgaskoncentration får effekt (Purser, 2002).

Tabell 47. Syrgaskoncentration och effekt vid olika koncentrationer (Purser, 2002, s. 321).

Syrgaskoncentration	Konsekvens och effekt
14,4 - 20,9 %	Försumbar effekt.
11,8 - 14,4 %	Ökad andningsfrekvens och puls, försämrad problemlösning och arbetsminne.
9,6 - 11,8 %	Försämrad neurologisk kapacitet, kritisk förmåga, avtrubbade sinnesintryck.
7,8 - 9,6 %	Nedsatt respiratorisk förmåga, medvetlöshet och slutligen dödsfall.

Bilaga K. Enkätformulär

I följande bilaga finns enkätformuläret som skickades ut till de anställda på Högsboanstalten.

Enkät om brand och utrymnings säkerhet

Du kommer nedan att få svara på 8 frågor som berör brand och utrymnings säkerhet på Högsboanstalten. Enkäten är helt anonym och vi uppskattar att du svarar så sanningsenligt du kan på frågorna. Tack för att du tar dig tid att svara!

1. Hur lång tid har du arbetat på Högsboanstalten?

- Mindre än 1 år
- 1-4 år
- Längre än 4 år

2. Har du deltagit i någon brandutbildning efter du börjat din anställning på anstalten?

- Ja, endast en introduktionsutbildning i början av anställningen
- Ja, en introduktionsutbildning och ytterligare utbildning inom brandsäkerhet
- Nej, jag har inte deltagit i någon form av brandutbildning
- Vet ej

3. Har du utbildning eller erfarenhet att använda någon av sakerna nedan?

Kryssa för de alternativ som stämmer

- Handbrandsläckare
- Inomhusbrandpost
- Brandfilt
- Inget av ovanstående

4. Vet du var handbrandsläckarna på anstalten är placerade?

- Ja
- Nej

5. Har du deltagit i någon utrymningsövning på anstalten?

- Ja
- Nej
- Vet ej

Om ja, för hur länge sedan?

6. Känner du dig säker på vad du ska göra i en utrymningssituation?

- Ja
- Nej

7. Har du tagit del av anstaltens utrymningsplan?

- Ja
- Nej
- Vet ej

8. Vet du vart du kan vända dig om du är osäker gällande rutiner för brand och utrymning?

- Ja
- Nej

Har du någon övrig kommentar eller fundering angående brand och utrymningssäkerheten på anstalten?

Tack för ditt svar!

Bilaga L. Indata till FDS

Nedan presenteras indata till FDS simuleringen för klädförråd.

```
&HEAD CHID='COARSE'/
&TIME T_END=900.0/
&DUMP RENDER_FILE='STORAGE_SFPE_COARSE.ge1', DT_RESTART=300.0/

&MESH ID='WASHROOM', FYI='WASHROOM', IJK=32,50,32, XB=-6.4,0.0,0.0,10.0,0.0,6.4/
&MESH ID='CLOTHSTORAGE', FYI='FORRAD', IJK=36,50,32, XB=0.0,7.2,0.0,10.0,0.0,6.4/
&MESH ID='WORKSHOP', FYI='VERKSTAD', IJK=45,50,32, XB=7.2,16.2,0.0,10.0,0.0,6.4/
&MESH ID='INTERLINK', FYI='KORRIDOR', IJK=81,20,30, XB=0.0,16.2,10.0,14.0,0.0,6.0/

&REAC ID='POLYURETHANE_REAC',
  FYI='SFPE Handbook, GM27',
  FUEL='REAC_FUEL',
  C=1.0,
  H=1.7,
  O=0.3,
  N=0.08,
  CO_YIELD=0.004,
  SOOT_YIELD=0.015/

&PROP ID='Acme Smoke Detector',
  QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',
  ACTIVATION_OBSCURATION=3.24,
  LENGTH=1.8/

&SURF ID='SNETAK',
  NO_SLIP=.TRUE./
&SURF ID='burner',
  COLOR='RED',
  HRRPUA=291.67,
  RAMP_Q='burner_RAMP_Q'/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=0.0, F=0.0/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=10.0, F=0.01/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=20.0, F=0.019/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=30.0, F=0.029/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=40.0, F=0.039/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=50.0, F=0.049/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=60.0, F=0.058/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=70.0, F=0.068/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=80.0, F=0.094/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=90.0, F=0.123/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=100.0, F=0.152/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=110.0, F=0.181/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=120.0, F=0.211/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=130.0, F=0.24/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=140.0, F=0.269/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=150.0, F=0.311/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=160.0, F=0.36/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=170.0, F=0.408/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=180.0, F=0.457/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=190.0, F=0.505/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=200.0, F=0.554/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=210.0, F=0.602/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=220.0, F=0.661/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=230.0, F=0.729/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=240.0, F=0.797/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=250.0, F=0.865/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=260.0, F=0.932/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=270.0, F=1.0/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=280.0, F=0.728/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=290.0, F=0.653/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=300.0, F=0.593/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=310.0, F=0.549/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=320.0, F=0.514/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=330.0, F=0.486/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=340.0, F=0.462/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=350.0, F=0.44/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=360.0, F=0.422/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=370.0, F=0.405/
```

&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=380.0, F=0.39/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=390.0, F=0.375/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=400.0, F=0.362/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=410.0, F=0.349/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=420.0, F=0.337/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=430.0, F=0.325/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=440.0, F=0.314/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=450.0, F=0.303/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=460.0, F=0.293/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=470.0, F=0.283/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=480.0, F=0.273/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=490.0, F=0.263/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=500.0, F=0.253/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=510.0, F=0.244/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=520.0, F=0.234/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=530.0, F=0.225/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=540.0, F=0.216/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=550.0, F=0.206/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=560.0, F=0.197/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=570.0, F=0.188/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=580.0, F=0.178/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=590.0, F=0.169/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=600.0, F=0.159/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=610.0, F=0.15/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=620.0, F=0.14/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=630.0, F=0.13/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=640.0, F=0.121/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=650.0, F=0.111/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=660.0, F=0.102/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=670.0, F=0.092/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=680.0, F=0.082/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=690.0, F=0.073/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=700.0, F=0.064/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=710.0, F=0.054/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=720.0, F=0.051/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=730.0, F=0.044/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=740.0, F=0.037/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=750.0, F=0.03/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=760.0, F=0.023/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=770.0, F=0.017/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=780.0, F=0.011/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=790.0, F=0.006/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=800.0, F=0.0/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=810.0, F=0.0/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=820.0, F=0.0/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=830.0, F=0.0/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=840.0, F=0.0/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=850.0, F=0.0/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=860.0, F=0.0/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=870.0, F=0.0/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=880.0, F=0.0/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=890.0, F=0.0/
&RAMP ID='burner_RAMP_Q', T=900.0, F=0.0/

&OBST XB=-5.8,-5.6,0.0,10.0,0.0,6.3, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='INERT'/ WALLBC01
&OBST XB=-5.7,0.0,0.0,0.2,0.0,3.2, SURF_ID='INERT'/ WALLBC02
&OBST XB=0.0,7.2,0.0,0.2,0.0,3.2, SURF_ID='INERT'/ WALLBC03
&OBST XB=7.4,16.2,0.0,0.2,0.0,3.2, SURF_ID='INERT'/ WALLBC04
&OBST XB=-5.7,0.0,9.8,10.0,0.0,6.3, SURF_ID='INERT'/ WALL01
&OBST XB=0.0,0.2,0.0,10.0,0.0,6.3, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='INERT'/ WALL02
&OBST XB=0.2,5.6,9.8,10.0,2.4,6.3, SURF_ID='INERT'/ WALL03
&OBST XB=7.2,7.4,0.0,7.4,0.0,6.2, SURF_ID='INERT'/ WALL05
&OBST XB=0.0,0.2,10.0,11.6,0.0,2.4, SURF_ID='INERT'/ WALL06
&OBST XB=0.0,16.2,11.6,11.8,0.0,4.8, SURF_ID='INERT'/ WALL07
&OBST XB=16.0,16.2,10.0,11.6,0.0,2.4, SURF_ID='INERT'/ WALL08
&OBST XB=8.8,16.2,9.8,10.0,2.4,6.3, SURF_ID='INERT'/ WALL09
&OBST XB=5.6,5.8,7.4,10.0,0.0,6.3, SURF_ID='INERT'/ WALL10
&OBST XB=5.8,8.6,7.4,7.6,0.0,6.3, SURF_ID='INERT'/ WALL11
&OBST XB=8.6,8.8,7.4,10.0,0.0,6.3, SURF_ID='INERT'/ WALL12
&OBST XB=5.6,5.8,10.0,11.6,0.0,2.4, SURF_ID='INERT'/ WALL13
&OBST XB=8.6,8.8,10.0,11.6,0.0,2.4, SURF_ID='INERT'/ WALL14
&OBST XB=4.4,4.6,10.2,11.6,0.0,2.4, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='INERT'/ WALL15
&OBST XB=9.8,10.0,10.2,11.6,0.0,2.4, SURF_ID='INERT'/ WALL16
&OBST XB=4.4,5.6,10.0,10.2,0.0,2.4, SURF_ID='INERT'/ WALL17
&OBST XB=8.8,10.0,10.0,10.2,0.0,2.4, SURF_ID='INERT'/ WALL18
&OBST XB=10.0,10.2,11.8,14.0,0.0,4.8, SURF_ID='INERT'/ WALL19

&OBST XB=-5.6,0.0,3.0,3.2,4.4,4.6, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='SNETAK'/ CEILINGWASH15
 &OBST XB=-5.6,0.0,3.2,3.4,4.4,4.6, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='SNETAK'/ CEILINGWASH16
 &OBST XB=-5.6,0.0,3.4,3.6,4.6,4.8, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='SNETAK'/ CEILINGWASH17
 &OBST XB=-5.6,0.0,3.6,3.8,4.6,4.8, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='SNETAK'/ CEILINGWASH18
 &OBST XB=-5.6,0.0,3.8,4.0,4.8,5.0, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='SNETAK'/ CEILINGWASH19
 &OBST XB=-5.6,0.0,4.0,4.2,4.8,5.0, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='SNETAK'/ CEILINGWASH20
 &OBST XB=-5.6,0.0,4.2,4.4,5.0,5.2, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='SNETAK'/ CEILINGWASH21
 &OBST XB=-5.6,0.0,4.4,4.6,5.0,5.2, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='SNETAK'/ CEILINGWASH22
 &OBST XB=-5.6,0.0,4.6,4.8,5.2,5.4, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='SNETAK'/ CEILINGWASH23
 &OBST XB=-5.6,0.0,4.8,5.0,5.2,5.4, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='SNETAK'/ CEILINGWASH24
 &OBST XB=-5.6,0.0,5.0,5.2,5.4,5.6, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='SNETAK'/ CEILINGWASH25
 &OBST XB=-5.6,0.0,5.2,5.4,5.6, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='SNETAK'/ CEILINGWASH26
 &OBST XB=-5.6,0.0,5.4,5.6,5.8, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='SNETAK'/ CEILINGWASH27
 &OBST XB=-5.6,0.0,5.6,5.8,5.8, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='SNETAK'/ CEILINGWASH28
 &OBST XB=-5.6,0.0,5.8,7.4,5.8,6.0, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='SNETAK'/ CEILINGWASH29
 &OBST XB=-5.6,0.0,7.4,9.8,6.0,6.2, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='SNETAK'/ CEILINGWASH29
 &OBST XB=0.0,16.2,10.0,11.6,2.4,2.6, SURF_ID='INERT'/ FLOOR05
 &OBST XB=0.0,16.2,10.0,11.8,4.8,5.0, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='INERT'/ CEILINGINTERLINK
 &OBST XB=4.2,10.2,11.8,14.0,4.8,5.0, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='INERT'/ CEILINGSTAIRS01
 &OBST XB=4.4,10.0,11.8,12.2,0.0,0.2, SURF_ID='INERT'/ STAIR01
 &OBST XB=4.4,10.0,12.2,12.6,0.0,0.6, SURF_ID='INERT'/ STAIR02
 &OBST XB=4.4,10.0,12.6,13.0,0.0,0.8, SURF_ID='INERT'/ STAIR03
 &OBST XB=4.4,10.0,13.0,14.0,0.0,1.2, SURF_ID='INERT'/ STAIR04
 &OBST XB=5.6,8.8,13.0,14.0,1.2,1.4, SURF_ID='INERT'/ STAIR05
 &OBST XB=6.2,8.2,12.6,13.0,0.8,1.6, SURF_ID='INERT'/ STAIR06
 &OBST XB=6.2,8.2,12.2,12.6,0.6,2.0, SURF_ID='INERT'/ STAIR07
 &OBST XB=6.2,8.2,11.8,12.2,0.2,2.4, SURF_ID='INERT'/ STAIR08
 &OBST XB=1.4,5.4,7.4,8.0,0.0,2.0, SURF_ID='INERT'/ Shelf 1
 &OBST XB=1.4,5.4,6.4,7.0,0.0,1.0, SURF_IDS='burner','INERT','INERT'/ Shelf 2
 &OBST XB=1.4,5.4,5.4,6.0,0.0,1.0, SURF_IDS='burner','INERT','INERT'/ Shelf 3
 &OBST XB=1.4,5.4,4.4,5.0,0.0,1.0, SURF_IDS='burner','INERT','INERT'/ Shelf 4
 &OBST XB=1.4,5.4,3.4,4.0,0.0,1.0, SURF_IDS='burner','INERT','INERT'/ Shelf 5
 &OBST XB=1.4,5.4,2.4,3.0,0.0,1.0, SURF_IDS='burner','INERT','INERT'/ Shelf 6
 &OBST XB=1.4,5.4,1.4,2.0,0.0,2.0, SURF_ID='INERT'/ Shelf 7
 &OBST XB=-5.4,-4.6,5.0,5.8,0.0,1.4, SURF_ID='INERT'/ MACHINE01
 &OBST XB=-4.2,-3.4,5.0,5.8,0.0,1.4, SURF_ID='INERT'/ MACHINE02
 &OBST XB=-3.0,-2.2,5.0,5.8,0.0,1.4, SURF_ID='INERT'/ MACHINE03
 &OBST XB=-1.8,-1.0,5.0,5.8,0.0,1.4, SURF_ID='INERT'/ MACHINE04
 &OBST XB=-5.4,-4.6,3.0,3.8,0.0,1.4, SURF_ID='INERT'/ MACHINE05
 &OBST XB=-4.2,-3.4,3.0,3.8,0.0,1.4, SURF_ID='INERT'/ MACHINE06
 &OBST XB=-3.0,-2.2,3.0,3.8,0.0,1.4, SURF_ID='INERT'/ MACHINE07

 &HOLE XB=9.4,9.6,9.98,10.21,1.8,2.0/ HOLE01
 &HOLE XB=4.8,5.0,9.98,10.21,1.8,2.0/ HOLE02
 &HOLE XB=8.8,9.8,11.59,11.81,-0.02,2.4/ HOLE03
 &HOLE XB=4.6,5.6,11.59,11.81,-0.02,2.4/ HOLE04
 &HOLE XB=-0.02,0.2,6.0,7.0,-0.02,2.0/ HOLE05
 &HOLE XB=7.0,7.2,11.59,11.81,4.2,4.4/ Hole
 &HOLE XB=7.18,7.4,5.8,6.0,-0.02,0.2/ Hole

 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=16.2,16.2,0.0,10.0,0.0,6.4/ Mesh Vent: WORKSHOP [XMAX]

 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', VECTOR=.TRUE., PBX=4.9/
 &SLCF QUANTITY='U-VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=4.9/
 &SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=4.6/
 &SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=3.4/
 &SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', PBZ=4.6/
 &SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', PBZ=4.6/
 &SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', PBZ=4.6/
 &SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', PBZ=3.4/
 &SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', PBZ=3.4/
 &SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', PBZ=3.4/
 &SLCF QUANTITY='TURBULENCE RESOLUTION', VECTOR=.TRUE., PBZ=10.85/
 &SLCF QUANTITY='TURBULENCE RESOLUTION', VECTOR=.TRUE., PBX=4.9/

 &DEVC ID='SD_01', PROP_ID='Acme Smoke Detector', XYZ=4.95,7.05,5.55/
 &DEVC ID='SD_02', PROP_ID='Acme Smoke Detector', XYZ=4.95,7.05,5.75/

 &DEVC XYZ=4.75,7.05,5.55, QUANTITY='THERMOCOUPLE', ID='Brandgaslucka_THCP_1' /
 &DEVC XYZ=4.75,7.05,5.75, QUANTITY='THERMOCOUPLE', ID='Brandgaslucka_THCP_2' /
 &DEVC FYI='Washroom' XYZ=-1.45,7.05,5.75, QUANTITY='THERMOCOUPLE', ID='Brandgaslucka_THCP_3' /

 &DEVC ID='BEAM_1_Storage', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=0.45,5.45,7.05,7.05,5.45,5.45/
 &DEVC ID='BEAM_2_Storage', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=1.45,5.45,9.65,9.65,1.85,1.85/

&DEVC ID='BEAM_3_Trapphus', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=6.15,8.15,12.25,12.25,4.15,4.15/
&DEVC ID='BEAM_4_Trapphus', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=6.15,8.15,13.15,13.15,3.25,3.25/
&DEVC ID='BEAM_5_Korridor', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=3.15,13.15,10.75,10.75,4.45,4.45/
&DEVC ID='BEAM_6_Washroom', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=-1.10,-1.10,5.90,9.9,1.85,1.85/

&DEVC ID='TBEAM_1_Storage', QUANTITY='TRANSMISSION', XB=0.45,5.45,7.05,7.05,5.45,5.45/
&DEVC ID='TBEAM_2_Storage', QUANTITY='TRANSMISSION', XB=1.45,5.45,9.65,9.65,1.85,1.85/
&DEVC ID='TBEAM_3_Trapphus', QUANTITY='TRANSMISSION', XB=6.15,8.15,12.25,12.25,4.15,4.15/
&DEVC ID='TBEAM_4_Trapphus', QUANTITY='TRANSMISSION', XB=6.15,8.15,13.15,13.15,3.25,3.25/
&DEVC ID='TBEAM_5_Korridor', QUANTITY='TRANSMISSION', XB=3.15,13.15,10.75,10.75,4.45,4.45/
&DEVC ID='TBEAM_6_Washroom', QUANTITY='TRANSMISSION', XB=-1.10,-1.10,5.90,9.9,1.85,1.85/

&DEVC FYI='STORAGE 1', ID='LAYER1', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=3.5,3.5,9.1,9.1,0.1,5.95, /
&DEVC FYI='STORAGE 2', ID='LAYER2', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=3.5,3.5,1.1,1.1,0.1,3.1, /
&DEVC FYI='TRAPPHUS', ID='LAYER3', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=6.35,6.35,13.15,13.15,1.45,4.75, /
&DEVC FYI='KORRIDOR', ID='LAYER4', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=6.35,6.35,11.15,11.15,2.65,4.75, /
&DEVC FYI='WASHROOM', ID='LAYER5', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=-1.1,-1.1,3.1,3.1,0.1,4.75, /

&DEVC XYZ=3.5,9.5,0.05, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_1' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,0.25, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_2' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,0.45, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_3' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,0.65, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_4' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,0.85, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_5' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,1.05, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_6' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,1.25, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_7' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,1.45, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_8' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,1.65, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_9' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,1.85, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_10' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,2.05, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_11' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,2.25, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_12' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,2.45, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_13' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,2.65, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_14' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,2.85, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_15' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,3.05, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_16' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,3.25, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_17' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,3.45, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_18' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,3.65, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_19' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,3.85, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_20' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,4.05, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_21' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,4.25, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_22' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,4.45, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_23' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,4.65, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_24' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,4.85, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_25' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,5.05, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_26' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,5.25, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='OXYGEN', ID='Storage_O2_27' /

&DEVC XYZ=3.5,9.5,0.05, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_1' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,0.25, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_2' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,0.45, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_3' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,0.65, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_4' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,0.85, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_5' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,1.05, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_6' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,1.25, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_7' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,1.45, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_8' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,1.65, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_9' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,1.85, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_10' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,2.05, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_11' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,2.25, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_12' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,2.45, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_13' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,2.65, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_14' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,2.85, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_15' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,3.05, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_16' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,3.25, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_17' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,3.45, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_18' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,3.65, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_19' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,3.85, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_20' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,4.05, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_21' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,4.25, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_22' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,4.45, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_23' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,4.65, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_24' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,4.85, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_25' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,5.05, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_26' /
&DEVC XYZ=3.5,9.5,5.25, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON MONOXIDE', ID='Storage_CO_27' /

&DEVC XYZ=3.5,9.5,0.05, QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON DIOXIDE', ID='Storage_CO2_1' /

