

TEKNISKA LÖSNINGAR FÖR UTFORMNING AV RÄDDINGSHISSAR

Rapport nr 2020/01

Författare: Joakim Sender och Marcus Runefors

Datum: 2020-04-30



Arbetet är finansierat av SBUF Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond

Sammanfattning

I snart tio år har installation av Räddningshiss varit ett krav vid uppförande av byggnader med fler än 10 våningsplan. Införandet av räddningshiss i BBR var en ökning av brandskyddet mot tidigare regelverk med avsikten att underlätta för räddningstjänsten att genomföra insats även i högre byggnader. Insatser avses då främst i form av släckande insats men till viss mån även assisterad utrymning av människor som ej kan ta sig ut på egen hand. Räddningsinsatser i höga byggnader riskerar annars att begränsas av den tid det tar för räddningstjänstens personal att förflytta sig i trapphuset samt att mycket kraft måste läggas på förflyttningen istället för själva insatsen.

Det framgår idag inte i BBR eller något annat regelverk hur räddningshissen är tänkt att användas eller vilka funktionskrav den ska uppfylla, om man bortser från den övergripande avsikten att underlätta en räddningsinsats. Avsaknaden av funktionskrav och en gemensam uppfattning hur räddningshissen förväntas kunna användas tillsammans med övriga byggnadstekniska installationer som finns till för räddningstjänstens insats, gör att möjligheten till analytisk dimensionering och anpassning till de många olika typer av byggnader som uppförs är väldigt begränsad.

De områden som installationen av räddningshiss främst påverkar vid nybyggnation har identifierats till hur kraftmatningen av hissen bör ske samt hur utrymmet framför hissen kan utformas. Detta är dels på grund av att dessa områden potentiellt är förenade med stora kostnader och dels för att de sätter begränsningar i hur byggnader kan utformas utan tydlig koppling till hur de förbättrar insatsmöjligheterna.

Avseende kraftmatning har det identifierats att skillnaden i lösningar ligger i huruvida kraftmatningen utförs som redundant eller icke redundant, samt om nivån på kraftmatningen ska vara densamma för räddningshissen som för dess skyddssystem eller ej. I felträdsanalysen konstateras att om den sekundära kraftmatningen ska skydda mot strömbortfall till följd av brand inom byggnaden är behovet av redundant kraftmatning beroende av tillförlitligheten på den analytiska dimensioneringen.

Avseende utförandet av utrymmet framför räddningshissen har det identifierats flera olika alternativ där utgångsläget är två stycken slagdörrar med dörrstängare mellan räddningshissen och utrymme med brandbelastning. I de alternativa utformningar som har studerats ersätts en av slagdörrarna, eller dörrstängaren på denna, med övertrycksättning av räddningshissens schakt. Det konstateras att ingen av dessa utformningar medför lika hög säkerhetsnivå vid brand som analytisk dimensionering om inte ytterligare kompensatoriska åtgärder vidtas.

I rapporten presenteras två olika principlösningar för hur räddningshissen och dess skyddssystem föreslås utformas beroende på om byggnaden innehåller lokaler i Verksamhetsklass 3

(bostäder), eller någon annan verksamhetsklass enligt BBR. Utformningarna är framtagna för byggnader som har maximalt 16 våningsplan. Utformningarna har verifierats med felträdsanalyser för att jämföra den totala tillförlitligheten hos räddningshissen mot ett utförande helt enligt förenklad dimensionering. Den sammanlagda bedömningen visar att med de föreslagna lösningarna uppnås en minst lika hög skyddsnivå som vid förenklad dimensionering. Samtidigt konstateras det att för att ytterligare förenkla för analytiska dimensionering och ge en jämnare nivå på brandskyddet i olika byggnader rekommenderas att regelverket kring detta förtydligas med både funktionskrav och allmänna råd på hur detta kan uppnås.

Förord

Denna rapport har finansierats av SBUF Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond och utförts av Bengt Dahlgren Brand & Risk och Avdelningen för Brandteknik på LTH i samarbete med NCC, projektnummer 13565. Projektet genomfördes under 2018 - 2020 av i huvudsak Joakim Sender, Bengt Dahlgren Brand & Risk AB samt Marcus Runefors, avdelningen för brandteknik, Lunds tekniska högskola.

En referensgrupp har bestått av följande deltagare:

Thomas Järphag, NCC

Fabian Ardin, Boverket

Thomas Fagergren, Brandskyddslaget

David Tonegran, Bricon

Sebastian Thuns/Henrik Greiff, Räddningstjänsten Syd

Mattias Strömdahl, KONE

Per Strömdahl, KONE

Nicklas Nilsson, ALT

Gert Ericsson, PEAB

Lars Jensen, LTH

Johan Walter, OTIS

Ola Carlén, Storstockholms brandförsvär

Stefan Sköldin, Skanska

Ingemar Sandberg, Kamac

Alla medverkande samt finansiären SBUF tackas varmt för sitt engagemang i arbetet.

Malmö 2020-04-30

Innehållsförteckning

I	INLEDNING.....	8
1.1	Bakgrund.....	8
1.2	Syfte och mål.....	8
1.3	Avgränsning.....	9
1.4	Metod	9
2	REGLER OCH KOSTNADER FÖR RÄDDNINGSHISSAR	10
2.1	BBR.....	10
2.2	SS-EN 81-72	11
2.3	Räddningshissar i andra länder	13
2.4	Kostnader för räddningshissar	15
3	UTFORMNING AV BRANDSLUSS.....	19
3.1	Regler kring brandslussar.....	19
3.2	Brandslussens funktion.....	20
3.3	Förenklad dimensionering	21
3.4	Analytisk dimensionering.....	23
4	KRAFTMATNING	28
4.1	Funktionskrav.....	28
4.2	Möjliga tekniska lösningar	28
4.3	Risikanalys	29
5	KVANTITATIV RISKANALYS	32
5.1	Felfunktioner och indata	32
5.2	Felträd för bostäder (Vk 3)	35
5.3	Felträd för andra verksamheter än bostäder.....	40
5.4	Kompletterande analyser.....	42
6	SLÄCKVATTENHANTERING.....	48
7	FÖRSLAG PÅ TEKNISKA LÖSNINGAR	50
7.1	Teknisk lösning för bostäder (Vk 3)	50
7.2	Teknisk lösning för andra verksamhetsklasser.....	52
8	SLUTSATSER.....	53
9	REFERENSER.....	54
	BILAGA A – FÖRSLAG PÅ ÄNDRINGAR AV BBR	56
A.1	Förslag på funktionskrav	56
A.2	Förslag på allmänt råd	57

BILAGA B – FÖRSÖK MED INSATS I HÖGA HUS.....	59
B.1 Metod.....	59
B.2. Resultat och diskussion	60
B.3. Slutsats.....	62
 BILAGA C – SIMULERING AV OLIKA SLUSSAR	 63
C.1. Metod.....	63
C.2. Resultat och diskussion.....	64
C.3. Slutsats	65
 BILAGA D – KÄNSLIGHETSANALYS	 66

I INLEDNING

I.1 Bakgrund

Som en följd av den fortsatta urbaniseringen och i syfte av att skapa landmärken byggs det allt fler riktigt höga hus även i Sverige. I takt med att byggnaderna blir högre så ökar också behovet av att underlätta för räddningsinsatser då det både blir för fysiskt krävande och tar för lång tid för räddningstjänsten att använda trapporna. För dessa fall behövs någon form av hissar som är säkra för räddningstjänsten att använda vid räddningsinsatser. Fram till BBR19 reglerades inte insatskraven uttryckligen i byggreglerna, men eftersom byggnader över 16 våningar kräver analytisk dimensionering finns kravet att beakta insatsmöjligheterna indirekt även i tidigare byggregler. Det finns dock flera äldre byggnader (t.ex. Kronprinsen i Malmö på 27 våningar) som saknar hissar anpassade för räddningsinsats.

När de höga byggnaderna blev fler så upplevde Boverket ett behov av att mer tydligt föreskriva både när en räddningshiss behövdes och hur en sådan skulle vara utförd. Boverket valde att kravet skulle infalla efter 10 våningar med hänvisning till att det vid denna byggnadshöjd krävdes mer än en hiss och att man då ansåg att en av dessa kunde utformas som räddningshiss (Boverket, 2011).

När det gällde utförandet så valde man att, likhet med andra områden i bygglagstiftningen, huvudsakligen hänvisa till den europeiska standarden inom området som i detta fall heter SS-EN 81-72 (SIS,2015), och som fastställdes första gången 2003. Bygglagstiftningen anger även att det krävs en brandsluss framför räddningshissen och eftersom detta många gånger är svårt att få till planlösningsmässigt så har många alternativa utföranden av brandslussen presenterats. I många fall har det dessutom inte genomförts någon verifiering att dessa lösningar ger samma säkerhetsnivå som den lösning enligt förenklad dimensionering som finns beskriven i byggreglerna.

Detta har, tillsammans med den osäkerhet som ofta följer när ny komplex teknik införs, medfört ett behov av att systematiskt analysera olika utföranden och vilken tillförlitlighet och säkerhet det ger. Ett utförande som är likt mellan olika fastigheter har även ett stort värde för räddningstjänsten då de inte kan förväntas kunna sätta sig in i speciella lösningar för olika fastigheter.

I.2 Syfte och mål

Syftet med projektet är att undersöka vanligt förekommande tekniska lösningar avseende räddningshissar och de tekniska system som dessa involverar. Dessa jämförs med de direkta kraven i BBR och mot utförande enligt SS-EN 81-72 för att undersöka om dessa ger motsvarande säkerhetsnivå.

Målet är att projektet ska leda till tydliga tekniska lösningar som kan användas över hela landet och ger både robusta och ekonomiska räddningshissar över byggnadens livslängd.

1.3 Avgränsning

Eftersom många av reglerna för räddningshissar i bygglagstiftningen finns på föreskriftsnivå så är möjligheterna till alternativa utföranden delvis begränsade. Detta arbete syftar inte till att undersöka vad som är tillåtet att bygga enligt lagstiftningen utan det antas att samtliga identifierade typlösningar uppfyller bygglagstiftningen.

Syftet är inte heller i första hand att identifiera hur räddningshissar bör vara utformade för att på bästa sätt underlätta räddningsinsats utan det antas att den tekniska lösning som föreskrivs enligt förenklad dimensionering är tillfyllest. Vissa ändringar i bygglagstiftningen som bedöms öka ändamålsenligheten har ändå identifierats under arbetets gång och dessa presenteras i bilaga A.

1.4 Metod

Ett antal tekniska lösningar som nyttjas för att uppfylla föreskrifterna i BBR, och i förlängningen även SS-EN 81-72, har valts ut. Urvalet av hur området i anslutning till räddningshissen utformas har skett utifrån de råd och rekommendationer som har getts ut av Boverket och Räddningstjänsterna i storstadsregionerna (Boverket, 2018; Storstockholms brandförsvär, 2016; Räddningstjänsten Storgöteborg, 2017; Räddningstjänstens Syd, 2018). Val av lösningar diskuterades vid arbetets första referensgruppsmöte för att fånga in eventuella ytterligare lösningar som skulle kunna vara aktuella.

Gällande vilka installationer som krävs till följd av installation av räddningshiss, identifierades dessa utifrån de områden som specificeras i SS-EN 81-72. Efter att de identifierats gjordes en bedömning av vilken, eller vilka, av dessa som kan ses som kostnadsdrivande för ett projekt.

Utifrån ovan urval har sedan ett antal tekniska lösningar presenterats och beräknats. Genom felfunktionsanalys har den totala funktionssannolikheten för lösningarna beräknats och de föreslagna lösningarna jämförts med en lösning helt enligt förenklad dimensionering enligt BBR.

2 REGLER OCH KOSTNADER FÖR RÄDDNINGSHISSAR

I detta kapitel görs en genomgång av de regler som finns för räddningshissar i Sverige och internationellt samt hur dessa kan tillämpas. Det har även gjorts en bedömning hur detta påverkar kostnaderna i ett projekt beroende på vilka tekniska lösningar som väljs.

Kapitlet avser främst att redovisa hur reglerna är utformade som en förutsättning för det vidare arbetet. Reflektioner kring regelverkets utformning och hur dessa skulle kunna utvecklas för att öka möjligheten till verifierbara analytiska dimensioneringar har samlats i bilaga A.

2.1 BBR

Räddningshissar infördes i byggreglerna i Sverige i samband med den större revidering som skedde 2011 vid publiceringen av BBR 19. Detta var, enligt den konsekvensutredning som togs fram i samband med publiceringen (Boverket, 2011), en höjning av brandskyddet mot tidigare nivå. Föreskrift och allmänt råd kring räddningshissar har varit densamma sedan dess. Hur en räddningshiss ska vara utformad regleras i kapitel 5:734 i BBR och föreskriftstexten lyder:

”I byggnader som har fler än tio våningsplan ska minst en räddningshiss finnas. Hissen får endast förbindas med andra utrymmen genom brandsluss. Hisschaktet till räddningshissen ska utgöra egen brandcell.”

Trots att BBR har som ambition att vara funktionsbaserad finns ingenting i föreskriften som beskriver just vilken funktion det är räddningshissen ska fylla eller hur den kan förväntas användas. I konsekvensutredningen till BBR 19 (Boverket, 2011) anges att hissen ska utgöra hjälpmedel för att räddningstjänsten ska kunna genomföra insats mer effektivt även i högre byggnader och korta den totala insatstiden.

Det allmänna rådet till föreskriften ovan lyder:

”Räddningshissen kan utformas enligt SS-EN 81-72. De brandceller som krävs enligt SS-EN 81-72 bör utformas i motsvarande klass som gäller för brandcellsskiljande delar i övrigt. Minst två räddningshissar bör installeras om våningsplanets area överstiger 900 m².

Hiss som utformas som räddningshiss bör kunna rymma en sjukbår enligt mått i avsnitt 3:144.

Regler om hissar och andra lyftanordningar finns i avsnitt 3:144 och i Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2011:12) om hissar och vissa andra motordrivna anordningar”

Att fler än en räddningshiss krävs i byggnader med våningsplan större än 900 m² förklaras i konsekvensutredningen till BBR 19 (Boverket, 2011) med att större våningsantal ger en potentiellt högre personbelastning vilket i sin tur kan förlänga insatstiden för räddningstjänsten.

Hänvisningen i det allmänna rådet till kapitel 3:144 i BBR och boverkets föreskrifter och allmänna råd om hissar påverkar ej den brandtekniska utformningen och behandlas därför inte vidare i denna rapport. Hänvisningen till europastandard SS-EN 81-72 är dock väldigt central i sammanhanget och diskuteras i kapitlet nedan.

2.2 SS-EN 81-72

Europastandard SS-EN 81-72 (nedan benämnd "standarden") är ett omfattande dokument som i relativ detaljnivå styr hur en räddningshiss ska vara utformad. Då standarden hänvisas till i BBR på allmänt råd nivå finns dock alltid möjlighet att utforma hissen på annat sätt om det kan påvisas att detta medför en minst lika hög säkerhetsnivå. En sådan analytisk dimensionering behöver även ligga till grund för besiktningen av hissen då avvikelser mot standarden även i detta fall behöver motiveras. Detta kapitel innehåller inte en sammanställning av samtliga krav i standarden utan endast de områden som bedöms ha störst påverkan på själva byggnaden, och även kan betraktas som kostnadsdrivande.

De områden som behandlas av standarden kan generellt delas upp enligt följande:

- Brandcellsindelning
- Styrning
- Evakuering från hisskorg
- Brandgashantering
- Släckvattenhantering
- Kraftmatning

Brandcellsindelning behandlas inte vidare i detta kapitel då beskrivningen enligt standarden i stort stämmer överens med BBR, även om benämningarna är något annorlunda. Styrning behandlas ej heller då detta levereras av hisstillverkaren och sällan kan påverkas i separata projekt.

Självutrymning (evakuering) av brandmän från hisskorg ska kunna ske genom en lucka i hisskorgens tak och stege som finns monterad i eller på hisskorgen. Detta medför att personer som är inne i hisskorgen kan evakueras på egen hand om så behövs, vilket är en förutsättning för att räddningstjänstpersonal inne i hisskorgen inte ska riskera att bli en belastning för insatsen i övrigt. I denna rapport är utformningen av denna främst intressant då det ger en fingervisning om hur räddningshissen bör användas.

I standarden anges att brandcellen utanför räddningshissen (brandsäkert utrymme) ska skydda hissen mot direkt brandpåverkan. Hissen ska även skyddas mot inträngning av brandgaser. En lösning kan vara att installera flera brandgastäta dörrar i serie med varandra (d.v.s. en sluss). En annan lösning kan, enligt standarden, utgöras av övertryckssystem .

I standarden anges att elektronik som placeras inne i hisschaktet ska klara av att fungera inom temperaturintervallet 0-40°C då det ska kunna förutsättas att normal temperatur råder i schaktet, d.v.s. temperaturerna i schaktet ska vid brand inte avvika från de vid normal användning. Detta bekräftas även av hissleverantörer (Strömdahl, 2018; Nilsson, 2018) att om temperaturen avviker från detta kan den inte garanteras att fungera, och vissa installationer utförs även med en termobrytare som stänger av elektroniken vid temperaturer som avviker från detta för att skydda den från permanenta skador. Som visas i bilaga C medför detta således att om ett hisschakt övertrycksätts med utomhusluft behöver fläktens placering samordnas med elektronikens placering då temperaturen, vid vintertemperaturer, kommer att variera kraftigt inom schaktet.

Enligt standarden ska det släckvatten som används i bygganden i samband med en insats beaktas så att detta inte riskerar att sätta räddningshissen ur spel. Detta kan ske genom dels att golvet utanför hissen dimensioneras så att vattnet leds åt ett annat håll, dels genom att elinstallationerna inne i hisschaktet utförs IP-klassade, samt att det vatten som tränger in i hisschaktet evakueras därifrån automatiskt.

I standarden anges, dels att samtliga kraftmatningskablar till en räddningshiss ska vara brand-skyddade till samma utsträckning som hisschaktet är avskiljande. Dels att hissen ska vara utrustad med en sekundär kraftkälla och att denna ska vara dimensionerad för att driva hissen under "en lämplig period". Hur detta säkerställs är helt beroende på vilken typ av sekundär kraftmatning som väljs (se senare kapitel).

Enligt Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2011:12) om hissar och vissa andra motordrivna anordningar ska Räddningshissar genomgå en första besiktning innan de tas i bruk och sedan revisionsbesiktigas varje år. Varje sådan besiktning utgår från standarden och i standardens inledning anges att följande ska vara beaktat för att standarden ska anses uppfyllt:

- *Hisschaktet och området runt hissen är konstruerade så att intrång av brand, värme och rök till hisschaktet maskinutrymmen och brandsäkra utrymmen begränsas.*
- *Byggnadskonstruktionen begränsar vattenflödet in i hisschaktet.*
- *Brandbekämpningshissen används inte som utrymningsväg.*
- *Hisschaktet och området runt hissen är brandsäkra till minst samma nivå som resten av byggnadsstrukturen.*
- *Strömförsörjningen är säker och pålitlig.*
- *De elektriska kablar som strömförsörjer hissen är brandsäkra till samma brandklassning som hisschaktet*
- *En lämplig underhålls- och kontrollplan upprättas.*

I kapitel 6 i standarden anges till vilken omfattning respektive delar av standarden som ska provas, t.ex. okulär inspektion, mätning eller provning. Det är dock inte klart vem som ska utföra respektive test och det kan uppstå oklarheter då det sällan är en och samma leverantör av

samtliga delar av hissens skyddssystem. Behovet av samordnad provning runt en räddningshiss är således tydligt. Detta behandlas inte vidare i rapporten då provningen inte har med hissens utformning att göra. Värt att notera är dock att skyddssystem utöver de som anges i strecksatserna ovan inte ingår i besiktning eller provning enligt standarden. System som kan vara vitala för räddningshissens faktiska funktion, som övertrycksättning eller släckvattenevakueringskan därmed undgå provning och återkommande besiktning.

2.3 Räddningshissar i andra länder

Innan man börjar diskutera utformningen av räddningshissar i Sverige i detalj så kan det finnas ett värde i att översiktligt beskriva hur det ser ut i vissa andra länder. En sammanställning återfinns i nedanstående tabell.

Tabell 2-1 Sammanställning av krav avseende räddningshissar i bygglagstiftningen i ett antal olika länder.

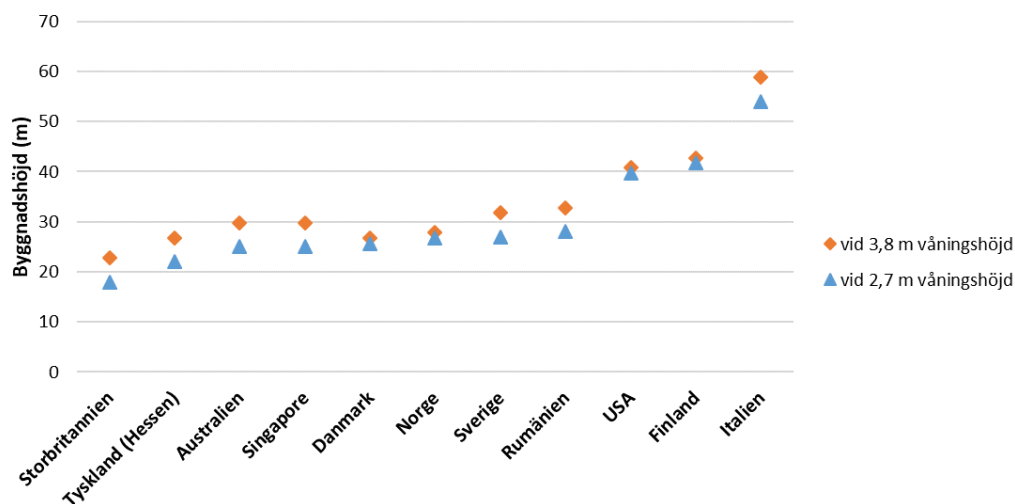
	När krävs det?	När krävs fler?	Standard	Strömmatning	Brandsluss
Sverige	> 10 vån (ca 30-40 m)	Våning >900 m ²	SS-EN 81-72	Delvis redundant	Ja
Danmark	22 meter till golv på översta våningen	Våning >600 m ²	DS-EN 81-72	Reservkraft	Direkt tillgång till trapphus
Norge	23 meter till golv på översta våningen eller >8 våningar	En per brandsektion	NS-EN 81-72	Reservkraft	Ja, brandcell
Finland	38 m till golv på översta våningen eller källarplan på >800 m ² som ligger 14 m under mark	Nej	EN 81- 72	Reservkraft	Ja, brandcell
USA	36m till golv på översta våningen	Två om fler än en personhiss	Nej	Reservkraft	Ja, EI60 samt anslutning till trapphus
Storbritannien	> 18 m (eller 10 m ner)	Våning >900 m ² eller max 60 m vid sprinklad eller 45 m annars	BS EN81-72	Reservkraft	Ja, men inte i bostadshus
Australien	> 25 m <i>eller</i> sjukhus	Vid fler än en personhiss och en per schakt	Nej	Reservkraft	Inga krav
Tyskland (Hessen)	> 22 m	Vid > 50 m insatsväg	Nej	Reservkraft	Ja, övertrycksatt och få dörrar
Italien	> 54 m <i>eller</i> > 24 m för sjukhus (med >25 sängar)	Nej	2014/33 UE	Reservkraft	Ja, övertrycksatt

	När krävs det?	När krävs fler?	Standard	Strömmatning	Brandsluss
Rumänien	> 28 m	Skyskrapor (>45 m)	EN 51-71:2004 (?)	Reservkraft	Ja, EI 120-C vid >45 m
Singapore	8 våningar <i>eller</i> 25 m	Om ej endast boende <i>eller</i> alla över 40 vån	Nej	Reservkraft	Ja, övertrycksatt eller ventilerad

När det gäller **när krav på räddningshissar infaller** finns det en skillnad i hur de formuleras och följande kan konstateras.

- Endast Sverige har ett krav som enbart är baserat på antalet våningsplan.
- Av de som anger en höjd anger 4 av 10 höjden till golvet på översta våningen och övriga anger byggnadshöjd eller motsvarande.
- Två länder (Australien och Italien) har speciella krav för sjukhus

Eftersom de har formulerats olika så är det svårt att jämföra kravnivån, men om man jämför dels för ett bostadshus som kan antas ha 2,7 m i våningshöjd och ett kontor eller motsvarande som kan antas ha 3,8 meter i våningshöjd är jämförelsen enligt nedan. Översta våningen antas utöver våningshöjden vara ytterligare 1 meter hög för takkonstruktionen.



Figur 2-1 Jämförelse mellan byggnadshöjd när krav på räddningshissar infaller för olika våningshöjder

Det totala spannet kan konstateras vara stort med 18-54 meter för 2,7 meter våningshöjd och 22,8-58,8 meter för 3,8 meter våningshöjd. Den svenska kravnivån är dock jämförbar med många andra länder.

Om man jämför **antal räddningshissar** är spridningen mellan länderna ännu större. Det är inte bara skillnad på nivåerna utan även vad man anser vara relevant faktor att ta hänsyn till. Två länder (Italien och Finland) anger att det aldrig krävs flera räddningshissar och ett land (Norge)

anger att det krävs ett per brandsektion och det kan antas vara ovanligt att det finns flera brandsektioner i denna typ av byggnad. Därför utesluts dessa tre länder från nedanstående sammanställning

Tabell 2-2 Krav på fler än en räddningshiss

	Våningsstorlek	Insatsväg	Byggnadshöjd	Verksamhet	Flera personhissar
Sverige	Ja, >900 m ²	–	–	–	–
Danmark	Ja, >600 m ²	–	–	–	–
USA	–	–	–	–	Ja
Storbritannien	Ja, >900 m ²	60 m (sprinkler) 45 m (ej sprinkler)	–	–	–
Australien	–	–	–	–	Ja
Tyskland (Hessen)	–	50 m	–	–	–
Rumänien	–	–	>45 m	–	–
Singapore	–	–	>40 våningar	Ej endast boende	–

Kopplingen till insatsväg är relativt intuitiv med hänsyn till säker inträngning och normala längder på manöverslang. När krav infaller p.g.a. byggnadshöjd så kan det bero på eventuellt behov av depå. Hänvisningen till våningsstorlek i Sverige beror på en indirekt koppling till personantal (Boverket, 2011), men i övriga länder är inte kopplingen känd. Antalet potentiellt drabbade vid en brand kan även antas ligga bakom kopplingen till verksamhet i Singapore.

När det gäller **kraftmatning** så anger samtliga länder att det krävs sekundär matning. Det är dock inte klart vad denna innebär eftersom sekundär matning enligt standarden SS-EN 81-72 inkluderar en separat servis från annat nätstation (se Annex C) vilket inte skyddar mot externt strömavbrott. Länder som hänvisar till denna standarden ovan menar sannolikt att detta är en acceptabel nivå medan nivån är mer osäker för länder som anger sekundär kraft, men inte hänvisar till den standarden.

2.4 Kostnader för räddningshissar

Som nämnts tidigare är många av de åtgärder som krävs för att installera en räddningshiss i en byggnad förenade med vissa kostnader. I konsekvensutredningen till BBR 19 (Boverket, 2011) anges dels minskad ytanvändning och dels de ”säkerhetshöjande åtgärder” som de två områden som driver kostnaden för en räddningshiss. Ökad kostnad till följd av att mängden användningsbar yta inom byggnaden minskar är dels väldigt svår att kvantifiera i kronor och det varierar även väldigt stort från projekt till projekt eftersom ibland handlar det enbart om att hissens dimensioner är större för en räddningshiss än för motsvarande annan hiss, och ibland påverkar kravet på räddningshiss indirekt även hur stor slussen framför hissen måste vara. Detta lämnas därför utan vidare analys i denna rapport.

Kostnaderna som är kopplade till en räddningshiss är beroende av hur hög den aktuella byggnaden är, men siffrorna i detta kapitel bedöms vara applicerbara för de flesta byggnader med 11-16 våningsplan. Kostnaderna delas upp i följande områden:

- Hissinstallation
- Kraftmatning
- Släckvattenhantering
- Brandgashantering
- Brandlarm

För att få en uppfattning om de faktiska kostnaderna har olika leverantörer och entreprenörer inom respektive område kontaktats. I praktiken varierar naturligtvis siffrorna beroende på leverantör, entreprenör, ramavtal, mängdrabatter etc., men de siffror som presenteras i Tabell 2-3 är ändå att betrakta som representativa. För att inte enbart se på byggnadens uppförande har det även gjorts en bedömning på om respektive installation även medför en ökad driftskostnad för byggnaden.

Tabell 2-3 Sammanfattning av de ökade kostnader som de respektive installationerna ger upphov till. Samtliga priser är cirkapriser

Område	Lösning	Kostnadsökning	Driftskostnad
Hissinstallation	Installation ska uppfylla krav enligt 81-72	100.000:-	-
Släckvatten-hantering	Höjning av golv om 20 mm i direkt anslutning till Räddningshissen	Kostnaden är kraftig beroende av byggnads-konstruktion och är därför ej relevant att redovisa	-
	Evakueringspump i botten på hisschakt	10.000:- för inköp och installation	-
	Avlopp/Spygatt i botten på hisschakt	-	-
Kraftmatning	Reservelverk	120-130.000:- för aggregat 30.000:- för omkopplare som kopplar över mellan ordinarie och alternativ strömkälla	15.000:-/år i service Byte av styrskaap var 10:e år (ca 40.000:-)
	UPS/batteribackup	120.000:- ¹	15.000:-/år i service Byte av batterier var 10:e år (70% av installations-kostnaderna)
	Extra abonnemang	120.000:- i anslutningsavgift 30.000:- för omkopplare som kopplar över mellan ordinarie och alternativ strömkälla	1.500:- i årsavgift för 16A 11.000:- i årsavgift för 32A
	T-koppling i egen brandcell, säkringsbrytare byts mot effektbrytare	80.000:-	-
Brandgas-hantering	Slagdörr framför hissdörr	5.000:- per dörr + 2.000:- för magnet och styrning	-
	Slagdörr med siktglas framför hissdörr	10.000:- per dörr + 2.000:- för magnet och styrning	-
	Övertrycksättning med hjälp av fläkt	35.000:- för dimensionering, inköp och installation.	-
Brandlarm	1 st rökdetektor per plan + CA/BFT	150.000:- för inköp och installation	20.000:-/år i service

¹ Prisuppgiften förutsätter UPS som är designad för att kopplas till just räddningshiss (medför bl.a. att installationen är utförd för att enbart vara i drift vid behov). Annars tillkommer kostnader för ventilation etc. för denna lösning. UPS dimensioneras enbart för att driva hissen, ej skyddssystemen kopplade till hissen.

De områden som driver kostnader i ett projekt kan, enligt Tabell 2-3, summeras till framför allt kraftmatningen, brandgashantering och brandlarmet. För kraftmatningen och brandlarmet tillkommer utöver installationskostnaden dessutom en löpande driftskostnad över byggnadens livstid.

Kostnaden för ett brandlarm bedöms dock ej kunna påverkas i någon större utsträckning då den nivå som krävs till följd av räddningshissen är relativt liten. Vidare är det inte osannolikt att i byggnader som innehåller andra verksamheter än bostäder kan brandlarm komma att krävas även av andra orsaker och då blir den tillkommande kostnaden låg.

3 UTFORMNING AV BRANDSLUSS

I detta kapitel beskrivs olika förekommande utformningar av brandslussar som underlag inför riskanalysen senare i rapporten. De lösningar som beskrivs utgör såväl förenklad som analytisk dimensionering. Kapitlet inleds dock med en fördjupad beskrivning av de regler som gäller för utformningen av brandslussar.

3.1 Regler kring brandslussar

Ett av föreskriftskraven i BBR 5:734 är att en räddningshiss alltid ska veta mot ett utrymme som benämns brandsluss. Brandslussar beskrivs, tillsammans med Luftslussar i föreskriftstexten i BBR 5:241:

”Brandslussar förbinder utrymmen med särskilt höga krav på skydd mot spridning av brand och brandgaser. Brandslussen ska utformas som egen brandcell. Brandslussen ska vara så stor att den kan passeras med endast en dörr i taget öppen.”

För att uppnå föreskriftens avsikt kan utrymmet utföras enligt det tillhörande allmänna rådet:

”Täthet på dörrar i brandcellsgräns i luft- och brandsluss bör uppfylla brandteknisk klass S_{200} . Brandslussen bör avskiljas från angränsande utrymmen i lägst klass EI 60. Brandslussen bör ha dörrar i lägst klass EI 60- $S_{200}C$.”

Ytterligare krav på brandsluss ställs även i senare kapitel avseende brännbarheten på ytskiktsmaterialen på golv, väggar och tak. De höga kraven avseende ytskikt avser sannolikt att bidra till brandslussens funktion att skydda mot brand- och brandgasspridning mellan utrymmen, ytskikten påverkar dock inte det vidare arbetet kring brandslussar i denna rapport och behandlas därför inte djupare.

I SS-EN 81-72 benämns utrymmet utanför hissen som ”brandsäkert utrymme” med följande definition:

”utrymme försedd med en säker väg till hissen och med en säker utgång, t.ex. trappor, som förblir säkra för människor under pågående räddningsinsats och som både hålls separat från en brand med hjälp av en lämplig brandsäker konstruktion och hålls fri från rök, och som i vissa länder benämns som tillflyktsutrymme eller brandsluss”

Standarden definierar väldigt lite hur det brandsäkra utrymmet ska vara utförd, men det är tydligt att den främst har två funktioner. Dels att skydda räddningshissen mot direkt brandpåverkan. Dels att se till att räddningspersonal tryggt kan ta sig mellan hissen och en säker väg ut för de fall hissen inte längre kan användas. I standarden antyds att det brandskyddade

utrymmet ska ha direkt tillgång till en utrymningsväg dock lämnas detta fritt till den nationella myndigheten (Boverket) att reglera detta.

En stor skillnad mot utformning enligt BBR är att brandskyddat utrymme inte behöver finnas framför hissen där denna inte förväntas användas vid en insats (detta kan vara aktuellt för genomgångshiss), utan där kan det brandskyddade utrymmet ersättas med en enda brandklassad slagdörr eller jalousi. Sammantaget är slutsatsen att då kraven avseende brandskyddat utrymme tills stora delar hänvisar till regional lagstiftning, samt de relativt låga kraven på detta utrymme, att om kraven enligt BBR uppfylls för brandsluss uppfylls även kraven enligt SS-EN 81-72.

3.2 Brandslussens funktion

Som konstaterats i tidigare kapitel bedöms brandslussens funktion dels vara att skydda räddningshisschaktet mot inträngande brand och brandgaser. Dels att säkerställa att räddningstjänstpersonalen har ett säkert utrymme för att förbereda sin insats och att kunna evakuera sig själva från. Funktionskraven på ett utrymme som räddningstjänsten ska kunna betrakta som säkert är kraftigt beroende på hur räddningshissen förväntas kunna användas. Tyvärr saknas en samsyn inom Sverige på hur räddningstjänsten kan förutsättas använda räddningshissen.

Denna rapport avser inte att ta fram riktlinjer för hur en räddningshiss bör användas av räddningstjänstpersonalen, men följande resonemang bedöms som ett rimligt förfarande. Räddningstjänstpersonal som befinner sig i hisskorgen förutsätts ha komplett rökdykutrustning, men ej tillgång till "säkert vatten". Då stigarledningen i svenska byggnader oftast är placerad i trapphus behöver alltså Räddningstjänstpersonalen ta sig från hissen till trapphuset innan de kan påbörja en insats i rökfyllt utrymme. För att vara säkra på att ha en säker reträttväg bör strategin således inkludera att hissen aldrig är högre upp i byggnaden än minst 2 plan (anges i viss litteratur till 1 plan under brandplanet, men det skulle innebära en onödigt stor risk vid självevakuering kontra den extra tid det skulle ta räddningstjänstpersonalen att gå en extra våning i trappan) under brandplanet om man inte på förhand har konstaterat att vägen mellan hisskorgen och det fria är fri från rök i tillräcklig omfattning för att kunna evakuera sig själv på ett säkert sätt. Även om avsikten med hissresan skulle vara att ta sig ovanför brandplanet, t.ex. för assisterad utrymning finns alltid risken att hissen stannar på vägen och då kan räddningstjänstpersonal alltså bli tvungen att evakuera över brandplanet utan tillgång till säkert vatten. Hur säker hissen än görs kan den aldrig erbjuda samma överblick över sin egen situation som ett trapphus och bör därför ses som ett komplement till trapphuset, inte ytterligare en tillträdesväg. Detta stämmer även med upplägget i BBR, där tillträdesvägar regleras i kapitel 5:722 "Tillträdesväg" (under 5:72 "Åtkomlighet för räddningsinsatser") medan räddningshissar regleras i 5:734 "Räddningshiss" som ett underkapitel till 5:73 "installationer för släck- och räddningsinsatser". Med detta förfarande skulle räddningstjänstpersonalen i hisskorgen alltid befinna sig mellan branden och utgången med god möjlighet att utrymma lika övriga personer i byggnaden, vilket skulle medföra relativt låga krav på utrymmet framför räddningshissen. Detta påverkar dock inte den vidare utformningen och behandlas därför inte vidare.

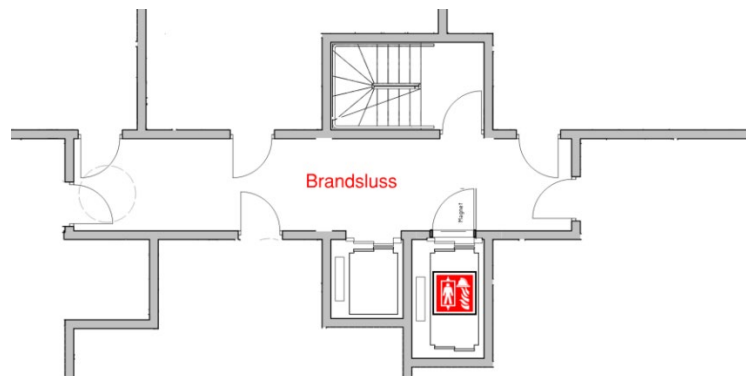
För att skydda mot inträngande brandgaser kan detta antingen ske med flera brandklassade slagdörrar i serie, dels med slagdörr kompletterat med ett övertryckssystem. För att ge ett skydd mot brandgasspridning behöver ett sådant övertryckssystem hålla minst 20 Pa över hissdörren (Jensen, 2005). Ett högre värde än detta kan naturligtvis väljas, men då behöver problem med för höga tryckfall över dörrarna beaktas. Ska ett övertryckssystem användas behöver detta nämligen, enligt standarden beakta hur detta påverkar t.ex. möjligheten för hissdörrarna att öppna eller stänga, störningar i kommunikationen över hisstelefonen och funktionen hos elkomponenter i hisschaktet. Enligt uppgift från olika hissleverantörer (Strömdahl, 2018; Nilsson, 2018) så är det högsta tryckfall över en hissdörr som inte medför risk för att dörren inte kan stänga ca 80 Pa.

I kapitlet nedan kommer en jämförelse göras mellan en utformning som betraktas som förenklad dimensionering och de varianter på utformning som har identifierats som förekommande vid analytisk dimensionering. Då slussens funktion främst betraktas vara att skydda räddningshissen från brandpåverkan och inträngande brandgaser ses slussens funktion som uppfylld om detta kan uppnås.

Hissens totala funktionsduglighet beror i praktiken även på kraftmatningen, skyddet mot släckvatten och att hissens styrfunktioner fungerar korrekt. Då detta i stort sett inte påverkas av slussens utformning behandlas detta dock inte för respektive lösning utan enbart i den sammanfattande analysen av lösningarnas tillförlitlighet.

3.3 Förenklad dimensionering

Ett utförande av brandslussen framför räddningshissen helt enligt förenklad dimensionering skulle se ut enligt Figur 3-1 nedan. I BBR står ingenting om var någonstans i byggnaden Räddningshiss, eller brandslussen ska vara placerad. I SS-EN 81-725 anges dock att det brandsäkra utrymmet utanför hissen ska kunna ge tillgång till en säker väg ut t.ex. trappor. Alla byggnader som ska vara utförda med räddningshiss även ska vara utförda med minst ett Tr2-trapphus (vilket ska vara utfört med minst luftsluss mellan trapphus och övriga lokaler) det ses därför som mest yteffektivt att placera räddningshissen i anslutning till samma sluss, givet att denna ändå måste finnas.



Figur 3-1 Brandsluss enligt förenklad dimensionering med slagdörrar i klass EI 60-S₂₀₀C framför alla utrymmen (inklusive hiss) som vetter mot utrymmet. Räddningshissen har markerats med pictogram.

Utformningen enligt Figur 3-1 uppfyller förenklad dimensionering enligt BBR men har vissa nackdelar ur både drifts- och kostnadsperspektiv.

Att utföra hisschakt med brandgasventilation för att kompensera för att dörren ej är brandgastät är förenklad dimensionering enligt BBR 5:549. För räddningshissen går detta dock ej att använda sig av eftersom syftet med brandslussen är att hindra brandgaser från att tränga in i räddningshisschaktet och därigenom öka funktionssannolikheten för räddningshissen.

Att utrusta lägenhetsdörrar med dörrstängare är en lösning som får ses som icke robust då dessa i praktiken ofta plockas mer av de boende eftersom boende inte vill att dörren ska stängas av sig själv i den dagliga användningen, detta har även identifierats som fel vid t.ex. utredningarna i samband med branden i Grenfell Tower (Grenfell Tower Inquiry, 2019) Att utföra dörrstängarna med s.k. freeswing-funktion minskar risken för att dessa kopplas ur under byggnadens drifttid, men risken är fortfarande betydande plus att funktionen sällan eller aldrig motioneras och kontrolleras. Vidare skulle en freeswing-funktion vara en annan nivå än BBR kräver (kravnivån för dörr mot brandsluss är dörrstängare inte den specifika lösningen med freeswing) och kan således inte vara vägledande.

Att sätta en slagdörr framför hissfronterna är ofta opraktiskt ur ett driftsperspektiv, främst då detta ger två dörrar som måste passeras för att komma in i eller ut ur hissen. Det är tekniskt möjligt att låta sådan dörr alltid vara stängd och öppnas på koordinerad signal från en dörröppningsautomatik kopplat även till hissdörren. Detta bedöms dock som en tekniskt mer komplicerad lösning med svårbedömda konsekvenser om dörrautomatiken t.ex. inte fungerar till följd av brand i dess närhet som stör sensorer. En enklare, och vanligare, lösning anses vara att slagdörren står uppställd på magnet som stänger på signal från lokal rökdetektor och/eller centralt brandlarm. Då denna rapport inte avser att jämföra lösningar som bedöms uppfylla förenklad dimensionering kommer lösningen med magnetuppställd dörr att analyseras vidare då denna bedöms som mest representativ

Kostnaderna för lösningen handlar främst om den ökade mängden slagdörrar i klass EI 60-S₂₀₀C som behöver installeras på samtliga våningsplan. Ofta kunde dessa utförts i lägre brandteknisk klass, och i vissa fall utan dörrstängare och magnetuppställning. Om hissen är en genomgångshiss måste detta dessutom finnas på båda sidor om hissen för att uppnå kraven i BBR.

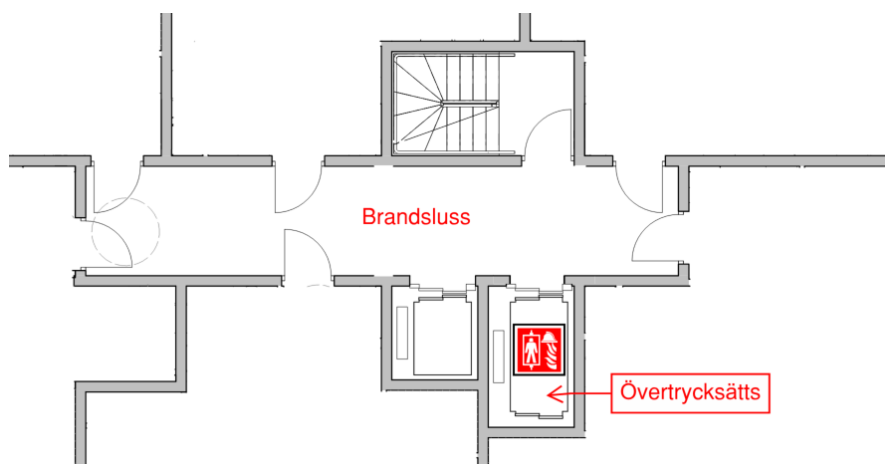
För att brandgaser ska förväntas tränga in i räddningshisschaktet behöver båda slagdörrarna mellan brandrum och räddningshissen lämnas öppna. Då slagdörren framför hisschaktet i praktiken alltid kommer att utföras med magnetuppställning finns ytterligare en potentiell felfunktion i att denna inte aktiverar som tänkt. Uppställningen kan ske både på lokal rökdetektor och centralt brandlarm, men för att de olika fallen ska bli jämförbara förutsätts samtliga dörrar som står uppställda vara styrda på centralt brandlarm. Lokala brandlarm är tillåtna och eftersom de sannolikt har något sämre tillförlitlighet än centrala brandlarm så är valet av centralt brandlarm något konservativt eftersom det primärt gynnar förenklad dimensionering, men det finns inga data som bevisar att det finns en betydande skillnad i tillförlitlighet mellan de båda lösningarna.

3.4 Analytisk dimensionering

Då lösningen med brandsluss enligt förenklad dimensionering, framför samtliga hissfronter i byggnaden, är kostsam och ofta praktiskt olämplig utformas slussen ofta med någon form av analytisk dimensionering. I följande kapitel görs en genomgång av vanligt förekommande lösningar för detta. Lösningarna har identifierats genom kvalitativa rundfrågningar av entreprenörer, brandkonsulter och hissleverantörer. Samtliga de presenterade lösningarna förekommer, eller har förekommit, i de publikationer som presenterats från Boverket eller räddningstjänsterna i de tre Storstadsregionerna (Boverket, 2018; Räddningstjänsten Syd, 2018; Storstockholms brandförsvär, 2016; Räddningstjänsten Storgöteborg, 2017).

3.4.1 Övertrycksättning av hisschakt

Den vanligaste utformningen av brandslussen framför en räddningshiss är att slagdörren framför hisschaktet ersätts med en brandklassad hissdörr enligt SS-EN 81-58 (SIS, 2018), samt att räddningshissen även förses med ett system för övertrycksättning av hisschaktet, se Figur 3-2. Denna lösning redovisas även i Boverkets kunskapsbank som en möjlig analytisk dimensionering (Boverket, 2018).



Figur 3-2 Utformning där brandgastät slagdörr ersatts med ett övertryckssystem. Slagdörrar utförs i lägst klass EI 60-S₂₀₀C

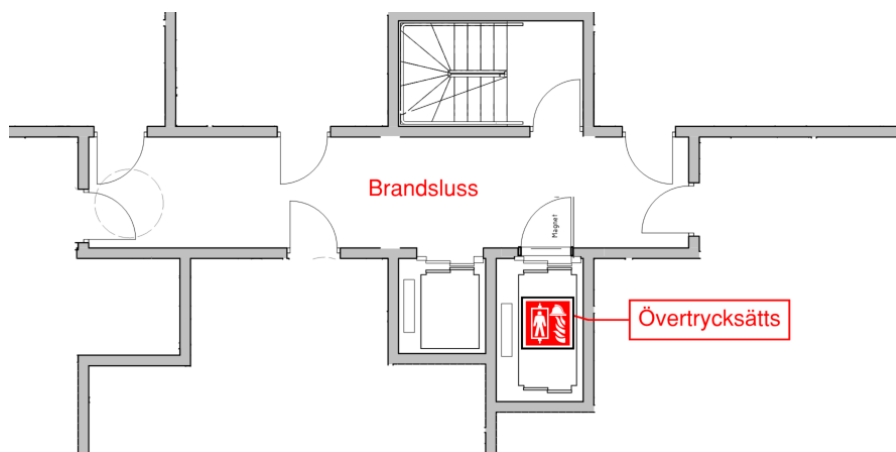
Lösningen enligt Figur 3-2 förutsätter att övriga dörrar som vetter mot brandslussen utförs i klass EI 60-S₂₀₀C och används således främst i byggnader som ej innehåller verksamhetsklass 3 (bostäder). Eftersom den luft som tillförs räddningshisschaktet för att trycksätta detta måste ledas iväg behövs någon form av avluftning från brandslussarna på varje plan. Detta kan utgöras av ett rent avluftningsschakt eller, vanligare, av det andra hisschakt som oftast vetter mot samma brandsluss. Även den andra hissens dörrar förutsätts då vara utförda enligt SS-EN 81-58 och lösningen med evakuering via detta schakt blir en del av helhetslösningen och fungerar även som brandgasventilation av hisschaktet.

Lösningen enligt Figur 3-2 medger att inga extra slagdörrar behöver placeras framför hissfronterna. Tillkommande kostnad utgörs av systemet för övertryckssättning. Viktigt är att trycksättningsystemet dimensioneras korrekt då de hissdörrar som finns på marknaden idag ej är dimensionerade för högre tryckfall över dörren än 80 Pa. Vid högre tryckfall riskerar dörrautomatiken att falla och dörren ej kunna stängas helt vilket betyder att hissen då inte längre kan användas. Vidare behöver det beaktas att vid låga utomhustemperaturer (under 0°C) får kritiska elkomponenter inte vara placerade i luftströmmen. Dessa förutsättningar gäller för samtliga fall där hisschakt övertrycksätts.

För att brandgaser ska förväntas tränga in i räddningshisschaktet behöver dels slagdörren mellan brandrum och sluss lämnas öppen. Dels behöver övertryckssystemet av räddningshisschaktet felfunktionera. Felfunktioner för övertryckssystemet utgörs av felfungerande brandlarm, fel på fläkt, eller kraftmatning. Under räddningsinsatsen kan en spridning till slussen förväntas (precis som vid förenklad dimensionering), men denna bör tack vare trycksättningsystemet inte spridas till hisschaktet.

3.4.2 Övertrycksättning av hisschakt med slagdörr

I byggnader med privatbostäder är det oönskat att utföra lägenhetsdörrarna med dörrstängare. För att kompensera för avsaknaden av dörrstängare på dörr som då vetter mot brandsluss utförs då räddningshissen med både slagdörr i klass EI 60-S₂₀₀C och system för övertryckssättning av hisschaktet. Se Figur 3-3.



Figur 3-3 Lösning där räddningshissen förses med både slagdörr och övertryckssättning. Slagdörrar utförs i lägst klass EI 60-S₂₀₀ och slagdörren framför hissen kompletteras med dörrstängare och magnetuppställning.

Lösningen enligt Figur 3-3 är enbart aktuell i byggnader som innehåller verksamhetsklass 3 (bostäder) då syftet med övertryckssättningen av hisschaktet är att kompensera för avsaknad av dörrstängare hos de dörrar mot brandslussen som även vetter mot bostadslägenhet. I praktiken utförs ofta även slagdörren med någon form av mindre glasning för att möjliggöra mindre överblick av brandslussen utan att sätta hisschaktet i förbindelse med denna, detta är dock ingenting som går att koppla till någon form av funktion i BBR och behandlas därför inte vidare.

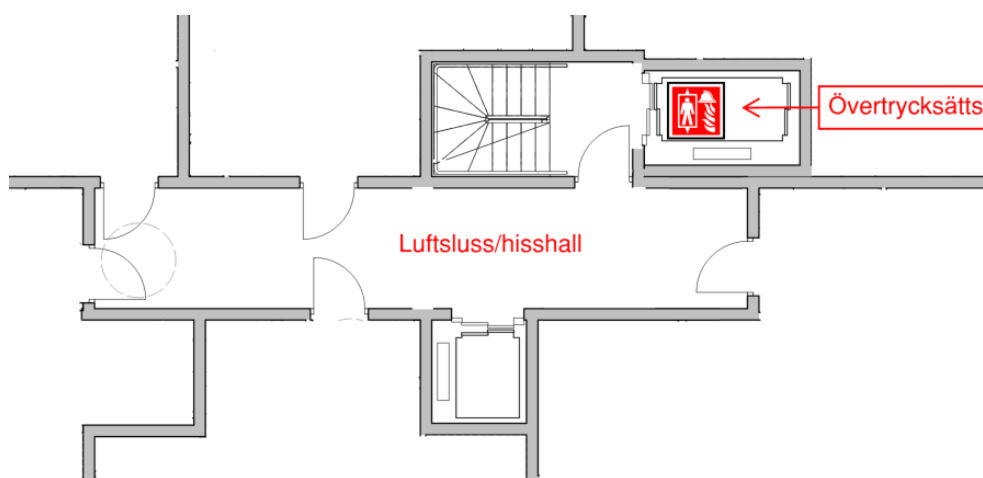
Observera att det minimala utrymmet mellan hissfront och slagdörr ej kan betraktas som brandsluss, då det på föreskriftsnivå anges att en brandsluss måste kunna passeras utan att båda ingående dörrar står öppna, utformningen avser således att verifiera att utrymmet framför slagdörren uppfyller kraven avseende brandsluss.

Den tillkommande kostnaden för lösningen enligt Figur 3-3 är trycksättningsfläkten för räddningshisschaktet. Dock finns även viss besparing i form av att övriga dörrar mot brandslussen kan utföras utan dörrstängare.

För att brandgaser ska förväntas tränga in i räddningshisschaktet behöver dels båda slagdörrarna mellan brandrum och räddningshiss lämnas öppna. Sannolikheten för detta är dock väldigt olika för de båda dörrarna så den ena förutsätts vara utförd utan dörrstängare och den andra med. Dels behöver övertryckssystemet av räddningshisschaktet felfungera. Felfunktioner för övertryckssystemet utgörs av felfungerande brandlarm, fel på fläkt eller kraftmatning.

3.4.3 Övertrycksättning av hisschakt som vetter direkt mot trapphus

En lösning som avviker tydligare från förenklad dimensionering är de tidigare presenterade är att hissen tillåts vetta direkt mot ett brandtekniskt avskilt trapphus. I rapporten antas detta vara ett trapphus Tr2 eller Tr1 då krav på att sådant trapphus ska finnas i en byggnad inträdet före kravet på räddningshiss (byggnader med fler än 8 våningar ska ha minst ett Tr2-trapphus). Eftersom en räddningshiss måste vetta mot en brandsluss, vilket anges på föreskriftsnivå, utgör den analytiska dimensioneringen huruvida själva trapphuset även kan utgöra brandsluss enligt föreskriftstexten i BBR 5:241. Principen för utformningen redovisas i Figur 3-4 nedan.



Figur 3-4 Lösning där räddningshissen tillåts vetta direkt mot trapphuset (som även utgör brandsluss). Slagdörrar utförs i lägst klass EI 60-S₂₀₀ och dörr mellan trapphus och hisshall utförs i med dörrstängare och magnetuppställning.

Lösningen enligt Figur 3-4 ses som kontroversiell i vissa sammanhang där trapphuset ska fungera som brandsluss. I BBR står enbart definierat att en brandsluss ska vara tillräckligt stor så att den kan passeras med enbart en dörr öppen i taget, således bör brandslussens funktion vara bättre ju större den är. Samtidigt omnämns brandsluss inte i det allmänna rådet till BBR 5:53 som brandcell som, utan vidare utredning, kan utföras i fler än 2 plan.

Kostnaden för lösningen består av övertrycksfläkten för räddningshissen. Fördelen mot förenklad dimensionering är dels att det i praktiken blir 3 brandcellsgränser mellan räddningshisschaktet och utrymmen med brandbelastning, varav två gränser utgörs av slagdörr. Vidare kan slussen framför trapphuset utföras relativt fritt utan krav på dörrstängare etc.

En hypotes har även varit att lösningen skulle medföra en utökad robusthet vid utebliven funktion hos övertrycksfläkten eftersom brandgaser först ska spridas till trapphuset, som är brandgasventilerat och sedan in till hisschaktet. Hypotesen testades med hjälp av FDS-simuleringar, vilka redovisas i bilaga C. Simuleringarna visar dock ingen större skillnad i tid till dess att hissen ses som obrukbar jämfört mot förenklad dimensionering.

För att brandgaser ska förväntas tränga in i räddningshisschaktet behöver dels båda slagdörrarna mellan brandrum och trapphus lämnas öppna. Sannolikheten för detta beror på vilken typ av verksamhet som inryms i byggnaden, är detta bostäder kommer dörren att vara utförd utan dörrstängare, men för övriga verksamhetklasser kommer den att vara utförd med dörrstängare. Dels behöver övertryckssystemet av räddningshisschaktet felfunkera. Felfunktioner för övertryckssystemet utgörs av felfungerande brandlarm, fel på fläkt eller kraftmatning.

4 KRAFTMATNING

4.1 Funktionskrav

I den standard som BBR hänvisar till (SS-EN 81-72) ställs krav på alternativ kraftkälla. I Boverkets kunskapsbank (Boverket, 2018) anges att denna syftar att

”en brand i byggnaden inte ska kunna slå ut strömförsörjningen till räddningshissen eller till annan utrustning som är en förutsättning för räddningshissens funktion, till exempel fläktar för brandgasventilation eller pumpar”.

Några saker kan noteras från ovanstående. Den ena är att stödjande funktioner, t.ex. fläktar och pumpar, ska utföras med samma nivå på säkerhet (i alla fall vid utformning enligt förenklad dimensionering) och den andra är att man inte behöver beakta externt bortfall av ström. Det bör dock beaktas att detta endast gäller byggnader upp till 16 våningar eftersom högre byggnader ska utföras i byggnadsklass Br0 och därför kan högre krav behöva ställas på dessa.

Det bör även noteras att hänvisningen till standarden står i ett allmänt råd och därför kan annan utformning utföras om det ger minst samma säkerhetsnivå.

4.2 Möjliga tekniska lösningar

Ett antal tekniska lösningar kan användas för att uppnå ovanstående funktionskrav. Tre möjligheter nämns i Boverkets kunskapsbank

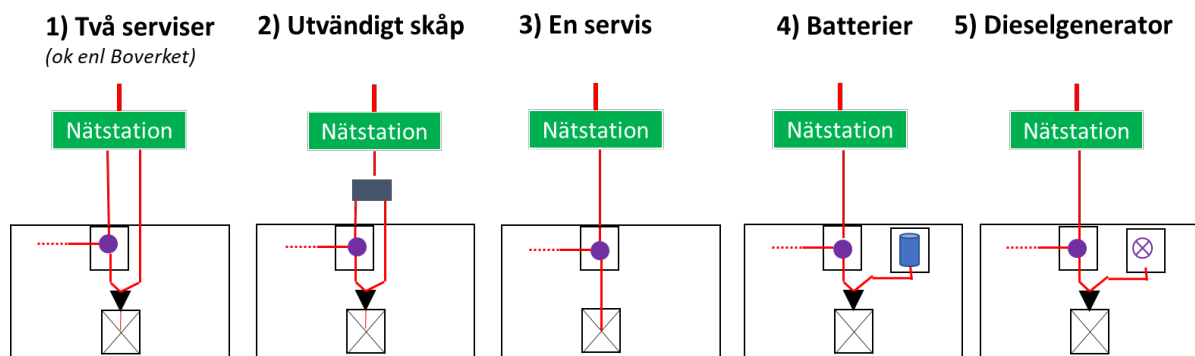
- Reservkraftverk
- Batterier
- Separat elförsörjning från samma nätstation.

Det kan nämnas att den sista möjligheten är en viss förändring gentemot standarden SS-EN 81-72 som kräver att serviserna ska komma från olika nätstationer. Dock bedöms skillnaden i faktisk skyddsnivå vara begränsad eftersom det bedöms vara osannolikt att en händelse slår ut alla serviserna på en nätstation utan att händelsen även påverkar andra nätstationer.

Till dessa analyseras några till möjliga lösningar i kapitel 3.3 för att kunna jämföra den säkerhetsnivå de ger.

- En servis som delas i utvändigt skåp alternativt i egen brandcell i byggnaden.
- En servis utan särskilda åtgärder

Principiellt kan dessa ritas upp enligt nedan.



Nätstation är nätägarens central där de transformerar ner spänningen till de 230/420V som normalt används i byggnader. De kan även ligga inne i byggnaden. Lila cirkel illustrerar elcentral i byggnad där strömförsörjningen delas upp i olika grupper medan svart triangel illustrerar en omkopplare som byter strömkälla om det blir strömavbrott i den primära. Figuren är principiellt ritad.

4.3 Riskanalys

I detta kapitel utförs en riskanalys av de olika tekniska lösningarna. Som grund ligger nedanstående antaganden

- Elrum, reservkraftsrum/batterirum och switchrum är egen brandcell i markplanet eller lägre
- Strömmatning till räddningshiss och tillhörande komponenter (t.ex. fläktar) är brandsäkert förlagd inom byggnaden
- Selektivitetsberäkning² är utförd för att säkerställa att rätt säkring löser (ej aktuellt för separat servis, reservkraft eller batterier)

² En selektivitetsberäkning är en elteknisk beräkning som baseras på säkringarnas märkström och responstid och som säkerställer att en överliggande nivå av säkringar inte riskerar att lösa ut snabbare än de underliggande nivåerna.

Riskidentifiering sker genom en s.k. what-if-analys och ger resultat enligt Tabell 4-1.

Tabell 4-1 Riskidentifiering

What-if	Reservkraft	Batterier	Separat servis	Utvändigt skåp	En servis
Strömavbrott utanför byggnad	OK	OK	Nej	Nej	Nej
Tekniskt fel i reservkraft	Nej	Nej	-	-	-
Brand i rum för reservkraft/strömmatning	OK	OK	OK	OK	Nej
Samtidigt fel i omkopplare och externt strömavbrott	Nej	Nej	Nej	Nej	-
Brand på våning för reservkraft	OK	OK	OK	OK	OK
Brand på annan våning	OK	OK	OK	OK	OK

Tre grupper av tekniska lösningar med identisk tillförlitlighet kan noteras.

1. Redundant kraftmatning – Reservkraft och batterier
2. Dubblerad kraftmatning – Separat servis och utvändigt skåp
3. Enkel kraftmatning – en servis

Om en brand uppstår i rum för reservkraft eller strömmatning fungerar inte räddningshissen för fallet med en enda servis. Om utrymmet befinner sig i markplan eller källarplan så kommer dock inte räddningstjänsten att använda räddningshissen och eftersom en räddningshiss endast är till för räddningstjänstens behov så kommer konsekvensen för detta felfall därför vara noll. Därför påverkar det inte utformningens säkerhetsnivå.

Den kvarvarande relevanta skillnaden återfinns mellan **redundant kraftmatning** och **icke-redundant kraftmatning**.

Sannolikheten för strömavbrott inom tätbebyggt område är 0,3 gånger per år för stadsnät och ingen förändring över åren kan identifieras (baserat på 1998-2008) och genomsnittlig avbrottstid är 18 minuter (Torstensson & Bollen, 2010). Om man antar att en typisk räddningsinsats varar i 30 minuter³ så är sannolikheten att det är ett strömavbrott någon gång under räddningsinsatsen $2,74 \cdot 10^{-5}$.

³ Notera att det inte finns någon anledning att hänvisa till EI- eller R-krav för en byggnad varesig gällande denna beräkning eller varaktighet för reservkraft då EI- och R-krav är ett mått på termisk påverkan och har ingen relevant koppling till faktiskt brandtid.

För en funktion hos reservkraftverk eller batterier så krävs felfunktion i reservkraften samtidigt som det inträffar ett strömavbrott. Felfunktionen i ett reservkraftverk kan uppskattas till ca 20% och för ett system med batteribackup till ca 2,6% enligt en sammanställning från Nya Zeeland (NZFC, 2008).

Detta innebär att vid användning av reservkraftverk som redundans till den normala kraftmatningen så blir sannolikheten att det inte finns någon elektrisk kraft till hissen vid behov $4,48 \cdot 10^{-6}$ och vid batteribackup blir motsvarande siffra $7,12 \cdot 10^{-7}$.

Frågan om varaktighet för reservkraft, både avseende tid och antal resor, är vanligt förekommande i många projekt. Annex C i SS-EN 81-72 anger att varaktigheten ska vara ”en lämplig period, typiskt 2 timmar”. Det är dock mycket osannolikt att en räddningshiss behöver kontinuerlig drift under 2 timmar, men det ska beaktas att det även förekommer t.ex. belysning av hisschaktet som behöver strömmatning som inte är beroende av antalet resor.

För byggnader upp till 16 våningar så bedöms 60 minuters varaktighet täcka in behovet i de flesta byggnader. Det bör även vara tillfyllest att räkna med att hissen endast används kontinuerligt de första 15 minuterna. Detta ger ett energibehov på ca 2 kWh för en 11 våningsbyggnad. Skulle man istället räkna med en kontinuerlig användning under de 60 minuterna så skulle behovet öka till ca 4 kWh.

Andra varaktighetsbehov kan uppstå t.ex. vid mycket höga byggnader eller byggnader som är byggda i trä där längre insatser kan väntas.

5 KVANTITATIV RISKANALYS

I detta kapitel kompletteras resonemangen i tidigare kapitel med en riskanalys som avser att jämföra de olika möjliga tekniska lösningarna som har identifierats. Det genomförs även vissa kompletterande analyser som fungerar om underlag för de tekniska lösningar som presenteras i kapitel 7.

5.1 Felfunktioner och indata

Som första steg i framtagandet av felträden identifierades de händelser som skulle kunna leda till att räddningshissen inte kunde användas för de olika fallen. För samtliga fall kunde detta bero på någon av nedanstående händelser.

1. Ingen elektrisk kraft till hissen
2. Brandgaser i hisschakt

För att händelsen ”Brandgaser i hisschakt” skulle uppkomma krävdes att följande händelser måste inträffa samtidigt för respektive fall.

Tabell 5-1 Sammanställning av händelsekedjorna för felfunktion av respektive lösning

Fall 1 – Förenklad dimensionering	Fall 2 – Övertrycksättning istället för dörr	Fall 3 – Extra dörr framför hiss pga. inga dörrstängare	Fall 4 – Hiss i trapphus
a) Stor brand	a) Stor brand	a) Stor brand	a) Stor brand
b) Dörr framför hiss stänger ej	b) Övertryckssystem fungerar ej	b) Övertryckssystem fungerar ej	b) Övertrycksättning samt lucka fungerar ej
c) Dörr mot brandrum stänger ej	c) Dörr mot brandrum stänger ej	c) Dörr (utan dörrstängare) mot brandrum stängs ej	c) Dörr (utan dörrstängare) mot brandrum stängs ej
		d) Dörr framför hiss stänger ej	d) Dörr mot trapphus stänger ej

Som diskuterats i kapitel 3.4.3 så antas dörrar framför hisschakt samt dörr mellan sluss och trapphus i fall 4 stå uppställd med magnet. Om dörr mellan sluss och verksamhet står uppställd på magnet i fall 1 och 2 påverkar båda fallen på samma sätt och påverkar därmed inte slutsatsen.

Kravet på stor brand baserades på att en liten brand, som t.ex. är begränsad till startobjektet, inte bedömdes kunna skapa förhållanden som slog ut hissens funktion. Det bör dock noteras att eftersom denna faktor finns med i samtliga fall så påverkar den endast den relativa vikten mellan avsaknad av elektrisk kraft och rökfylld hiss på sluthändelsen ”Hiss obrukbar”. Den relativa risken för brandgaser i hisschaktet mellan de olika fallen påverkas ej. Sannolikheten för stor brand (definierad som en brand som har spritt sig utanför startutrymmet) är hämtad från MSBs insatsstatistik för perioden 2009-2018 (MSB, 2020) och uppgick till 6,2% för både kontor och hotell medan motsvarande sannolikhet för flerbostadshus var 5,9%. Eftersom

skillnaden var så liten mellan olika verksamheter så användes 6% för samtliga verksamheter. Eftersom stickprovet var stort (18901 bränder) så kunde osäkerheten skattas genom en normalfördelningsapproximation av binomialfördelningen (Fleming and Nellis, 2000).

Felsannolikheter, inklusive osäkerhetsskattningar, för trycksättningssystem och brandlarm är hämtade från en omfattande sammanställning framtagen av New Zealand Fire Service Commission år 2008 som är baserad på en noggrann analys av publicerad litteratur (NZFC, 2008). I rapporten anges normalt ett mest sannolikt värde tillsammans med en övre och lägre gräns. Som sannolikhetsfördelning i rapporten rekommenderas generellt triangulär eller s.k. PERT-fördelning. PERT-fördelning har samma parametrar som den triangulära fördelningen, men ger en större vikt för värden nära det mest sannolika värdet i relation till ytterligheterna. Rapporten argumenterar för att PERT-fördelningen kan ge mer rimliga storlekar på konfidensintervallen och därför har detta använts genomgående i denna rapport istället för triangulärfördelningar.

Sannolikheten för att en dörr med dörrstängare ska stå uppställd beräknats baserat på undersökningar inom SBUF-projektet ”Trycksättning av trapphus – Risker och möjlighet” (Runefors & Persson, 2017) där totalt 368 dörrar mellan verksamhet och sluss samt 288 dörrar mellan sluss och trapphus undersöktes. I detta projekt delades dessa in i dörrar inom verksamhetsklass 1 (kontor eller motsvarande) respektive verksamhetsklass 3 (bostäder) eftersom det föreföll finnas en skillnad i tillförlitligheten för dessa. Eftersom uppdelningen minskade stickprovets storlek (ner till 79 st dörrar som lägst) användes en Bayesiansk metod för att skatta tillförlitligheten där en naiv betafördelning (där alla tillförlitligheter är lika sannolika) ansattes som a-priori och stickprovet användes för att uppdatera sannolikhetsfördelningen enligt metod beskriven i Rychlik & Rydén (2006). Detta ger en felsannolikhet enligt nedan.

Tabell 5-2 Felsannolikhet för olika dörrar med konfidensintervall

Dörr	Felsannolikhet (punktskattning)	95% Konfidensintervall för skattning
Trapphusdörr i bostadsverksamhet	4,94%	1,38% till 10,57%
Trapphusdörr i annan verksamhet än bostad	0,55%	0,01% till 2,01%
Dörr mellan verksamhet och sluss i annan verksamhet än bostad	1,10%	0,30% till 2,40%

Det fanns inledningsvis en hypotes om att även själva magneten som håller dörren skulle kunna vara en felfunktion genom att den inte släpper när kraften till magneten bryts. Inget stöd för detta kunde emellertid finnas efter dialog med personal inom räddningstjänsten som genomför mycket tillsyner.

Sannolikheten att en dörr mot en lägenhet (som saknar dörrstängare) lämnas öppen vid utrymning är mycket svårbedömd, men baserat på diskussioner med personer inom räddningstjänsten har denna uppskattats till 10% med ett övre och lägre värde på 5% respektive

15%. Fördelningen har antagits till PERT enligt argumenten ovan. För analys kring detta antagandes påverkan på resultatet, se bilaga D.

Selektivitetsberäkning och dimensionering av trycksättning förutsätts vara korrekt utfört och detta gäller även ursprungligt utförande av t.ex. brandlarm och hisstyrning.

Sannolikheten för att hissen inte ska få någon elektrisk kraft har beskrivits i kapitel 4.3 och fastställts till $2,74 \cdot 10^{-5}$ för icke-redundant kraft, $5,48 \cdot 10^{-6}$ för reservkraft med dieselgenerator och $7,12 \cdot 10^{-7}$ för reservkraft med batterier. Osäkerheten i sannolikheten för strömavbrott har antagits vara $\pm 50\%$ från skattat värde och osäkerheten i funktionen hos dieselgenerator och batterier här hämtat från ovan nämnda rapport från Nya Zeeland (NZFC, 2008).

Nedan återfinns en sammanställning av all indata till beräkningarna.

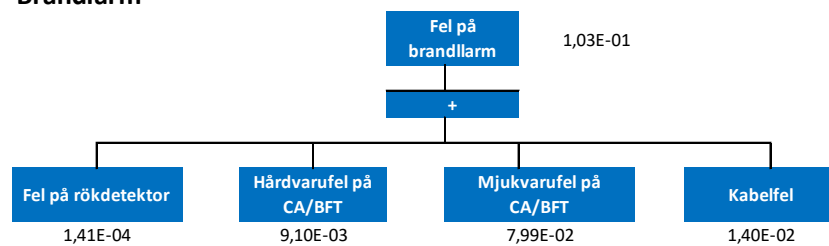
Tabell 5-3 Sammanställning över indata för felträdsberäkningarna

Delsystem eller motsvarande	Händelse	Funktionssannolikhet (punktskattning)	Osäkerhetsfördelning och parametrar	Källa
Brandlarm	Fel på rökdetektor	$1,5 \cdot 10^{-4}$	PERT (min $7,5 \cdot 10^{-5}$, max $1,7 \cdot 10^{-4}$)	(NZFC, 2008)
	Kabelfel	$1,3 \cdot 10^{-2}$	PERT (min $6 \cdot 10^{-3}$, max $2,6 \cdot 10^{-2}$)	(NZFC, 2008)
	Hårdvarufel brandlarms-central	$4,9 \cdot 10^{-3}$	PERT (min $1 \cdot 10^{-3}$, max $3,4 \cdot 10^{-2}$)	(NZFC, 2008)
	Mjukvarufel brandlarmscentral	$8,1 \cdot 10^{-2}$	PERT (min $5,5 \cdot 10^{-3}$, max $1,5 \cdot 10^{-1}$)	(NZFC, 2008)
Trycksättning och BG-vent	Fläkt - hårdvarufel	$2,9 \cdot 10^{-2}$	PERT (min $1,2 \cdot 10^{-2}$, max $1,2 \cdot 10^{-1}$)	(NZFC, 2008)
	Fläkt – kabelfel	$1 \cdot 10^{-2}$	PERT (min $5 \cdot 10^{-3}$, max $1,5 \cdot 10^{-2}$)	(NZFC, 2008)
	Brandgas-ventilation	$7,9 \cdot 10^{-2}$	PERT (min $3,4 \cdot 10^{-2}$, max $2,1 \cdot 10^{-1}$)	(NZFC, 2008)
Dörrar	Trapphus med dörrstängare (ej Vk3)	$5,5 \cdot 10^{-3}$	BETA (1, 182)	(Runefors & Persson, 2017)
	Trapphus med dörrstängare (Vk3)	$4,94 \cdot 10^{-2}$	BETA(4,77)	(Runefors & Persson, 2017)
	Sluss med dörrstängare (ej Vk3)	$1,1 \cdot 10^{-2}$	BETA(4,360)	(Runefors & Persson, 2017)
	Sluss utan dörrstängare (Vk3)	$1 \cdot 10^{-1}$	PERT (min $5 \cdot 10^{-2}$, max $1,5 \cdot 10^{-1}$)	Se ovan
Brand	Stor brand	$6,0 \cdot 10^{-2}$	Normal (std 0,009844)	Se ovan

<i>Delsystem eller motsvarande</i>	<i>Händelse</i>	<i>Funktionssannolikhet (punktskattning)</i>	<i>Osäkerhetsfördelning och parametrar</i>	<i>Källa</i>
Kraft	Strömavbrott	$2,74 \cdot 10^{-5}$	PERT (min $1,37 \cdot 10^{-5}$, max $4,11 \cdot 10^{-5}$)	Se ovan
	Fel i dieselgenerator	$2 \cdot 10^{-1}$	PERT (min $1 \cdot 10^{-1}$, max $3 \cdot 10^{-1}$)	(NZFC, 2008)
	Fel i batteribackup	$2,6 \cdot 10^{-2}$	PERT (min $1,3 \cdot 10^{-2}$, max $3,9 \cdot 10^{-2}$)	(NZFC, 2008)

I syfte att förenkla felträden i kommande kapitel har felen som leder till ett felfungerande brandlarm samlats i ett underträd enligt nedan så att ”fel på brandlarm” kan användas som ett rotfel i kommande kapitel.

Brandlarm

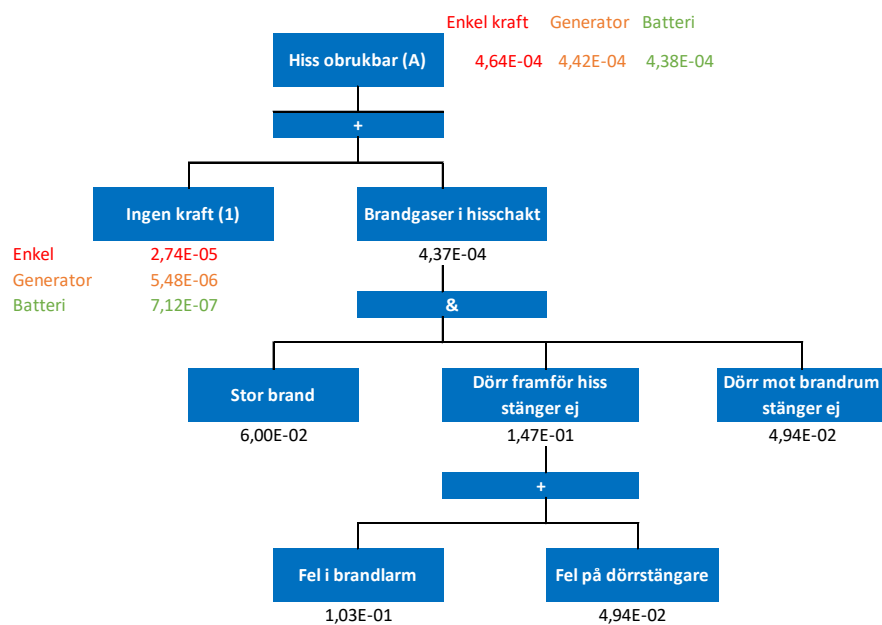


Figur 5-1 Felträd brandlarmssystem

5.2 Felträd för bostäder (Vk 3)

För bostäder finns tre relevanta fall som i kapitel 3.4 har kallats fall 1, fall 3 och fall 4 (fall 2 är endast relevant för andra verksamheter än bostäder och beskrivs därför i nästkommande kapitel). Felträd för dessa presenteras på följande sidor.

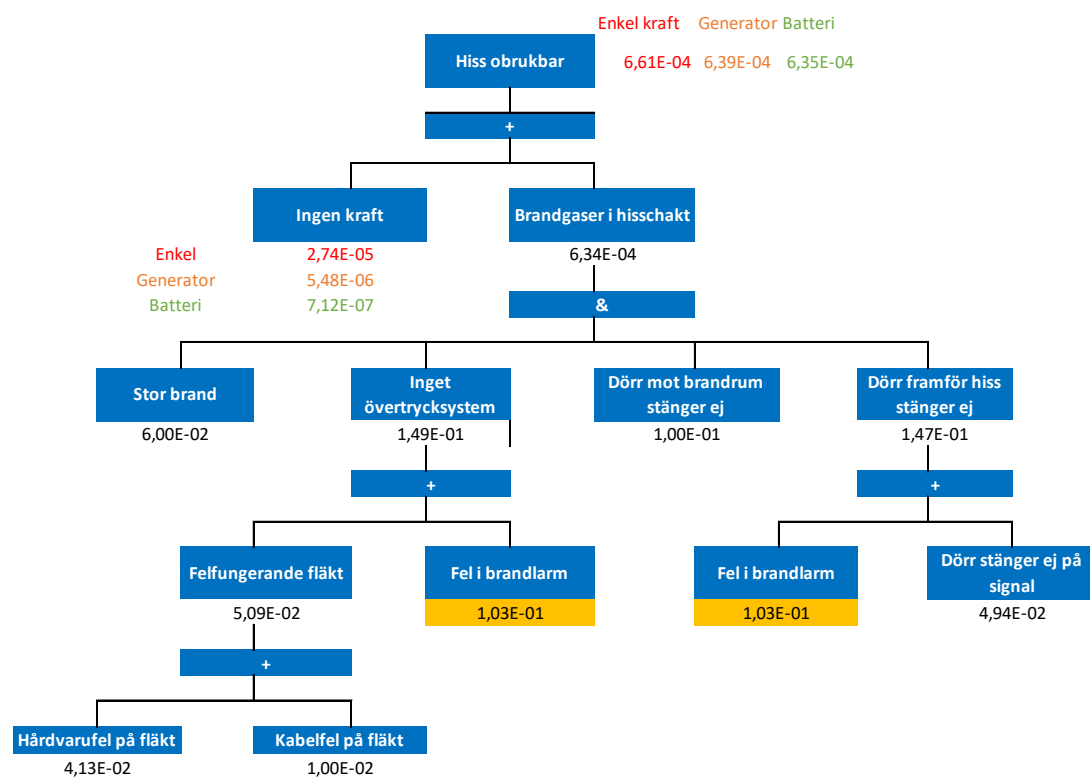
Fall 1 - Förenklad dimensionering (Vk3)



Figur 5-2

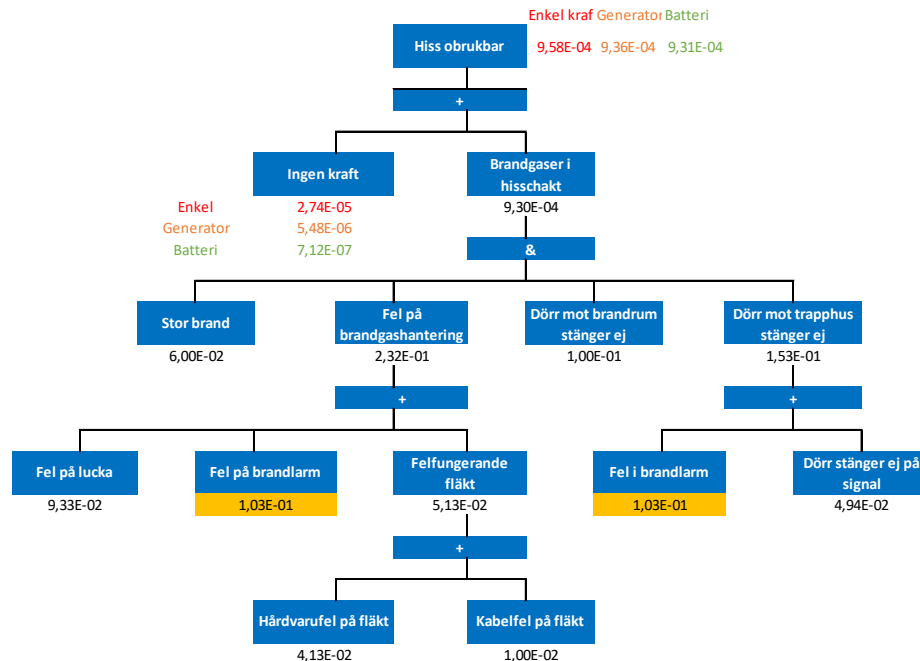
Felträd för fall 1 (förenklad dimensionering) i bostadsmiljö (Vk3)

Fall 3 - Övertryck ersätter dörrstängare (Vk3)



Figur 5-3 Felträd för fall 3 där övertryck ersätter dörr framför hiss i bostadsmiljö (Vk3). Grundhändelser med sannolikhet med gul bakgrund förekommer på flera ställen i felträdet.

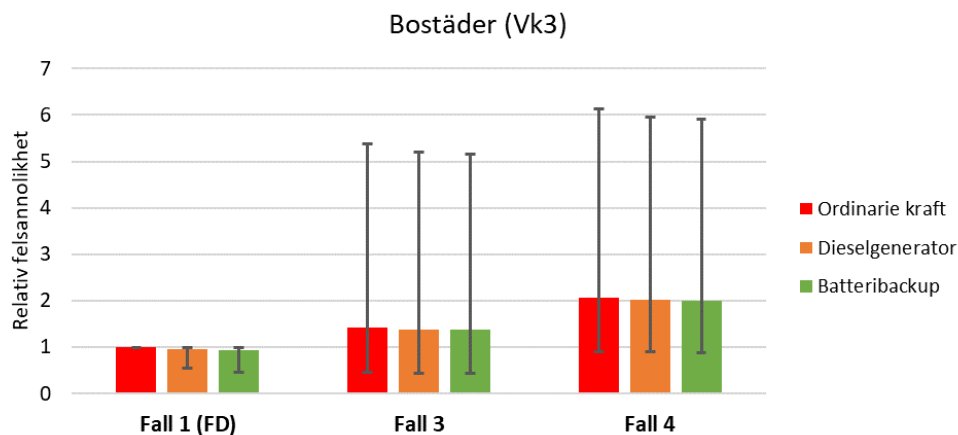
Fall 4 - Hiss i trapphus (Vk3)



Figur 5-4 Felträd för fall 4 räddningshiss är placerad i trapphus i bostadsmiljö (Vk3). Grundhändelser med sannolikhet med gul bakgrund förekommer på flera ställen i felträdet.

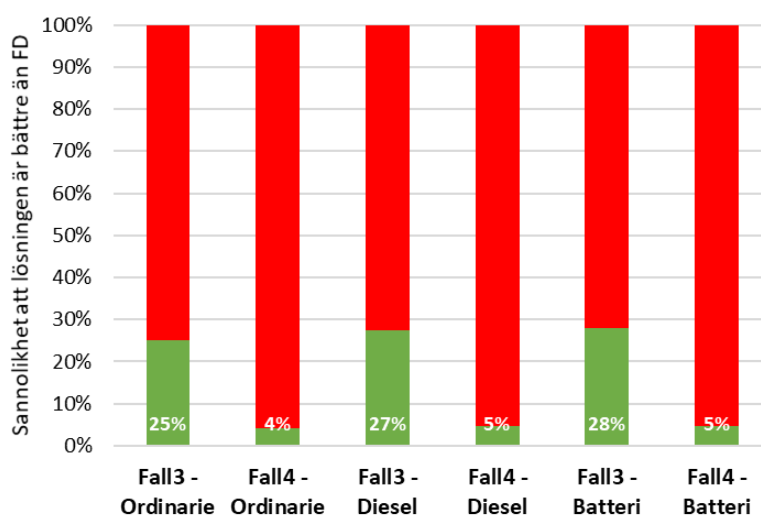
Händelser med sannolikheter med gul bakgrund uppkommer på flera ställen i felträdet. För att hantera samvariationen har därför s.k. ”Cut-sets” tagits fram för beräkningen av sannolikheten för den överordnade händelsen (se Nystedt, 2000). I övriga fall har sannolikheter för ovanliggande händelser beräknats genom sedvanliga boolska beräkningar för OCH- samt ELLER-grindar.

För att underlätta jämförelsen har felsannolikheten normaliserats så att felsannolikheten i förenklad dimensionering (med icke-redundant kraft enligt Boverkets anvisning) är 1,0 och övriga fall jämförs med denna. Detta ger följande utseende där osäkerheten anges i form av 95% konfidensintervall.



Figur 5-5 Normaliserad felsannolikhet för de olika fallen med 95% konfidensintervall

Eftersom det kan vara svårt att utläsa hur stor skillnad det är mellan de olika fallen med hänsyn till osäkerheten så redovisas även sannolikheten att ett visst fall är bättre än förenklad dimensionering. Om denna sannolikhet är 50% så är det lika sannolikt att lösningen är bättre respektive sämre än förenklad dimensionering.



Figur 5-6 Sannolikhet att den tekniska lösningen är bättre respektive sämre än förenklad dimensionering.

Även om osäkerheten i skattningen är mycket stor är sannolikheten att fall 3 och 4 har en större felsannolikhet än förenklad dimensionering 75% respektive 96% (vid ordinarie kraft) vilket tyder på att dessa inte har motsvarande säkerhetsnivå som förenklad dimensionering och därmed inte uppfyller kraven på analytisk dimensionering. Om lösningen förses med reservkraft i form av dieselgenerator eller batteribackup så fås en viss förbättring, men den är förhållandevis begränsad.

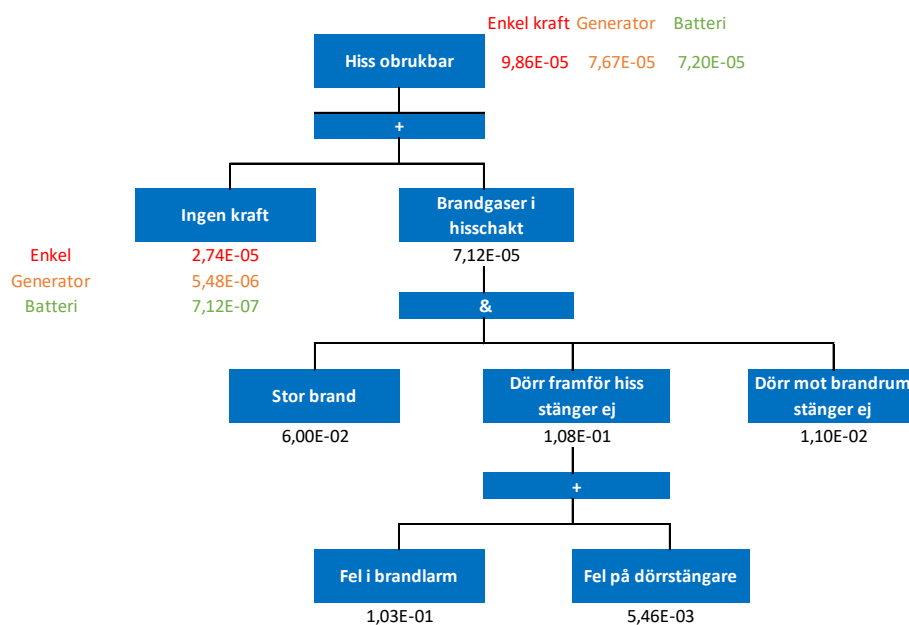
För en mer detaljerad beskrivning av vilka rothändelser som medför den stora osäkerheten hänvisas till bilaga D.

5.3 Felträd för andra verksamheter än bostäder

Lösningen med förenklad dimensionering är samma för bostäder som för andra typer av verksamheter, men dock så är tillförlitligheten för dörrstängare något lägre vilket framgår av kapitel 5.1.

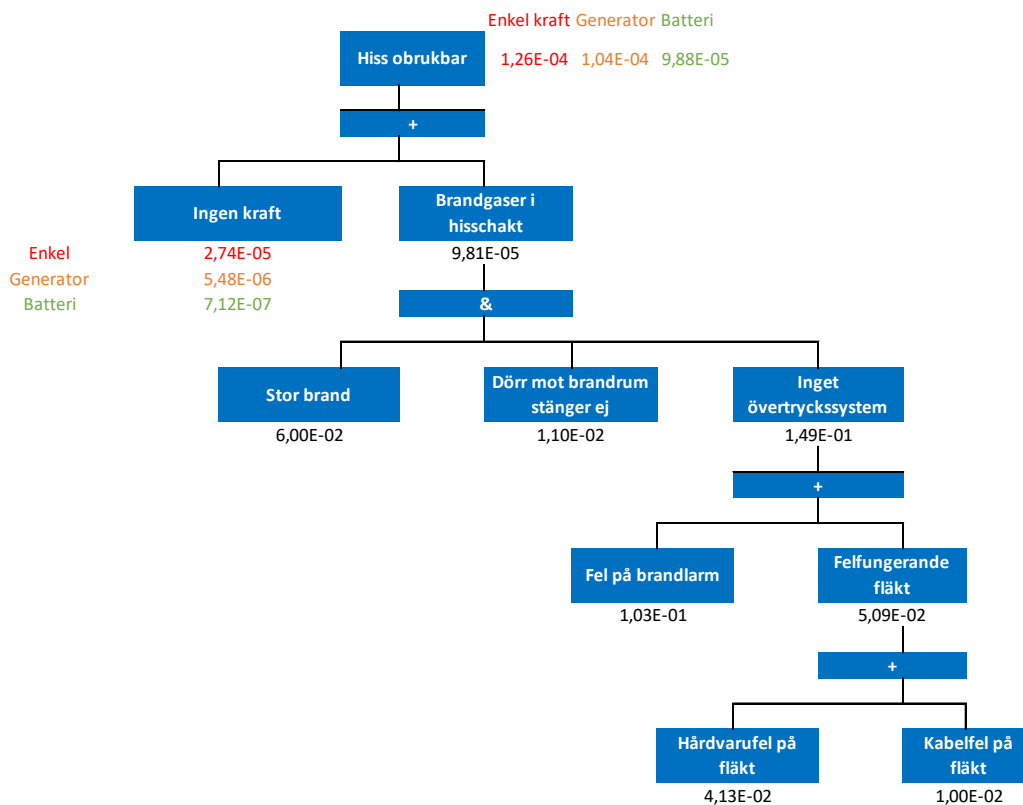
Det bör noteras att analysen bortser från att denna lösning, i praktiken, behöver byggas med ytterligare en brandcellsgräns med dörr utan dörrstängare mot en andra sluss. Denna behövs endast för att dörrstängare inte går att använda i bostadsmiljöer och är därmed inte krav för att få tillräcklig tillförlitlighet för räddningshissen.

Fall 1 - Förenklad dimensionering (ej Vk3)



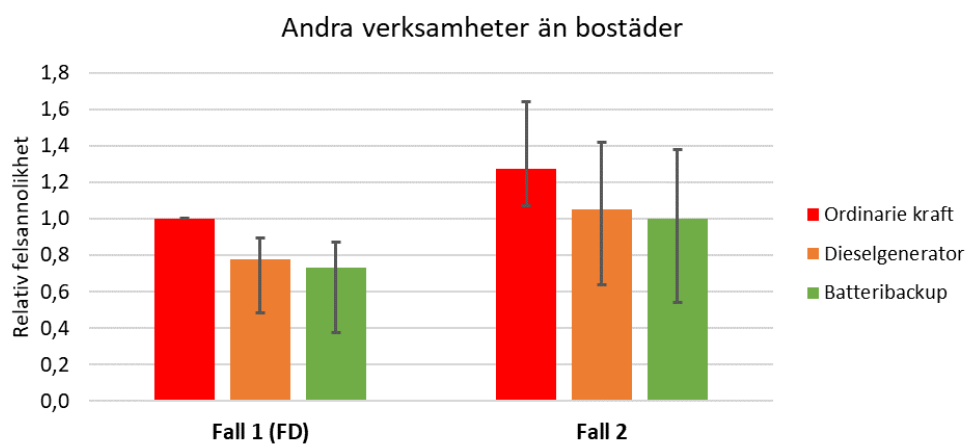
Figur 5-7 Felträd för fall 1 (förenklad dimensionering) förutom bostadsmiljö

Fall 2 - Övertryck ersätter dörr framför hiss (ej Vk3)

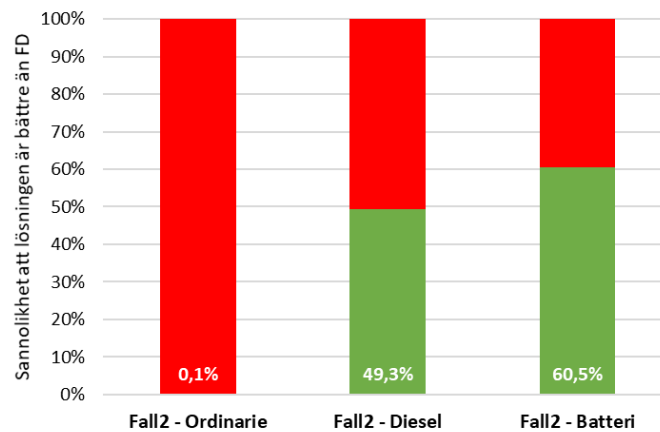


Figur 5-8 Felträd för fall 2 övertrycksättning ersätter dörr förutom bostadsmiljö

Dessa tekniska lösningar ger nedanstående normaliserade felsannolikheter



Figur 5-9 Normaliserad felsannolikhet för de olika fallen med 95% konfidensintervall



Figur 5-10 Sannolikhet att den tekniska lösningen är bättre respektive sämre än förenklad dimensionering.

Som framgår av ovanstående diagram så är tillförlitligheten av fall 2 i grunden sämre än förenklad dimensionering vilket innebär att den inte uppfyller villkoren för analytisk dimensionering. Om hissen istället försörjs av reservkraft i form av diesel eller batteri så uppnås dock motsvarande eller bättre tillförlitlighet.

5.4 Kompletterande analyser

I detta kapitel genomför några ytterligare analyser i syfte att utgöra underlag för de föreslagna tekniska lösningarna i kapitel 7.

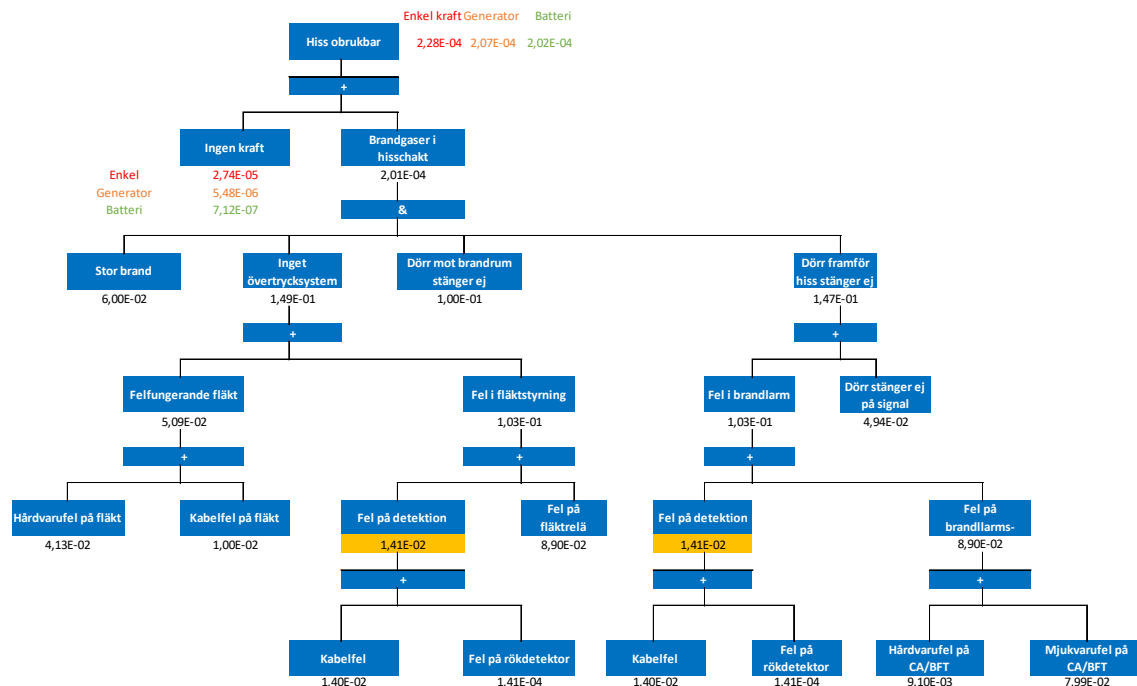
5.4.1 Säker kraft till trycksättning

Som framgår av felträden så beaktas inte strömavbrott som en felfunktion hos fläkten. Detta beror på att felsannolikheten i den externa kraftmatningen är fyra storleksordningar (dvs. en faktor 10^4) mindre än sannolikheten för fel i brandlarmsystemet. Det innebär att det inte kommer att ha någon relevant påverkan på resultatet. Som representativt exempel kan användas fall 2 där felsannolikheten hade gått från $1,0362 \cdot 10^{-4}$ till $1,0361 \cdot 10^{-4}$ vilket är en högst marginell förändring klart inom osäkerhetsintervallen.

Förutom att motivera förenklingen av felträden visar detta även att det inte finns någon anledning att utrusta trycksättningsfläktar (samt ev. andra stödsystem som t.ex. pumpar) med reservkraft utan att dessa kan anslutas till ordinarie kraft. För själva hissen kan reservkraften i vissa fall ha större betydelse, se ovan.

5.4.2 Redundant styrning av fläkt

Som framgår av kapitel 5.2 och kapitel 5.3 så ger inga av de vanligt förekommande alternativa lösningarna för räddningshissar i bostadsverksamhet motsvarande tillförlitlighet som förenklad dimensionering vilket gör att ytterligare åtgärder krävs. En sådan möjlig åtgärd är att låta fläkten för övertrycksättning starta på antingen signal via brandlarmscentralen eller genom ett separat relä. De båda styrningarna delar felfunktionen avseende detektion, men reläet påverkas inte av fel i själva brandlarmscentralen. Lösningen har diskuterats med brandlarmsentreprenörer (Dahlström, 2020) och de har inte motsatt sig lösningen. Om man antar att själva reläet har samma felsannolikhet som brandlarmscentralen fås nedanstående felträd för det förbättrade fall 3 som benämns fall 3'.



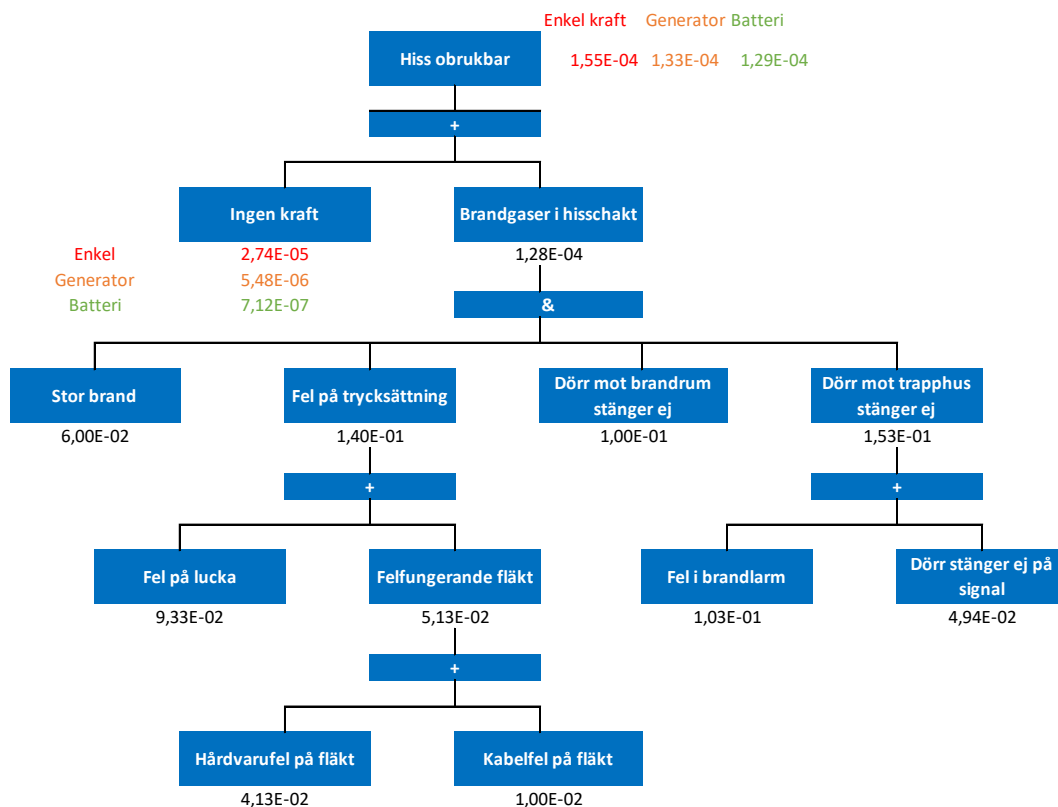
Figur 5-11 Felträd för förbättrad version av fall 3. Grundhändelser med sannolikhet med gul bakgrund påverkar flera grenar i felträdet.

För fall 4, där räddningshissen ligger i trapphuset som räddningstjänsten kan förväntas ha uppsikt över, kan det vara mer ändamålsenligt med ett normalt trycke eller vred som normalt används för aktivering av rökluckor. Detta medför att lösningen är oberoende av brandlarmet och enkel att prova. Funktionen bör dock även styras av brandlarmet för att undvika att brandgaser sprids till räddningshissen fram till räddningstjänsten anländer. Det skulle kunna invändas att sot och temperatur i hisschaktet fram till räddningstjänsten anländer och börjar ventilera ur hissen skulle påverka dess funktion. När det gäller temperatur så bedöms det mycket osannolikt att någon betydande temperaturökning skulle ske i hisschaktet när brandgaserna har passerat först en sluss och sedan ett trapphus och därefter läckt in i hissen. Många av de omgivande konstruktionerna är normalt av betong som har en mycket hög termisk

tröghet och därmed sänker temperaturen i brandgaserna. Sotpåverkan av hissen kan inte uteslutas, men den normala lösningen för hissar är att dessa brandgasventileras vilket innebär stor inträngning av brandgaser i hissen. Erfarenheten från hissentreprenörer är att detta inte påverkar hissarnas funktion kortsiktigt, dock bör hissinstallationen ses över efter brandpåverkan (Strömdahl, 2020; Nilsson, 2020). Själva tryckknappen bedöms ha mycket låg felsannolikhet och finns därför inte med i nedanstående felträd.

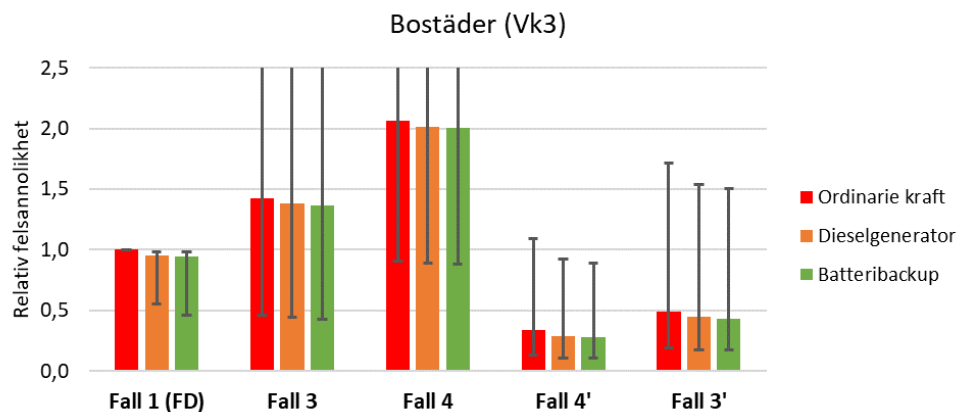
Felträdet för denna lösning blir då enligt nedan.

Fall 4' - Hiss i trapphus (Vk3) - Förbättrad

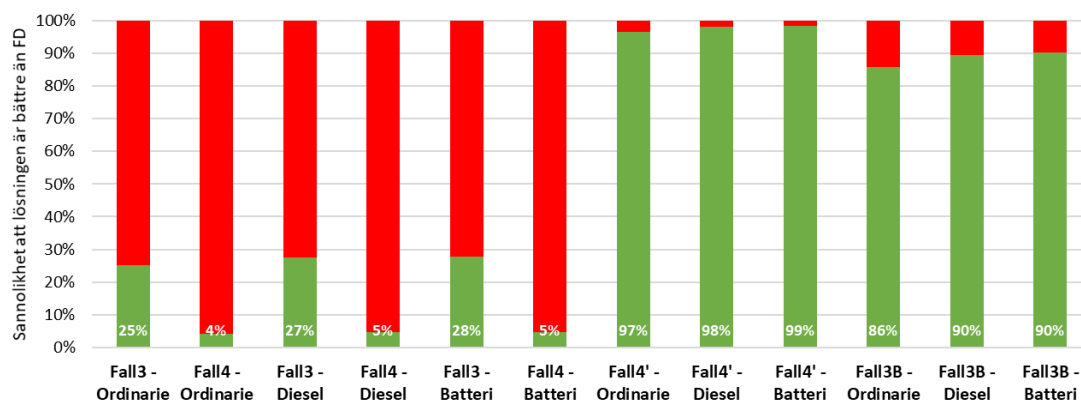


Figur 5-12 Felträd för förbättrad version av fall 4

Om vi sedan gör motsvarande beräkning som tidigare och lägger till de två förbättrade lösningarna så blir felsannolikheten enligt nedan.



Figur 5-13 Normaliserad felsannolikhet för de olika fallen med 95% konfidensintervall. Notera att inte hela felstaplarna för fall 3 och 4 visas i figuren

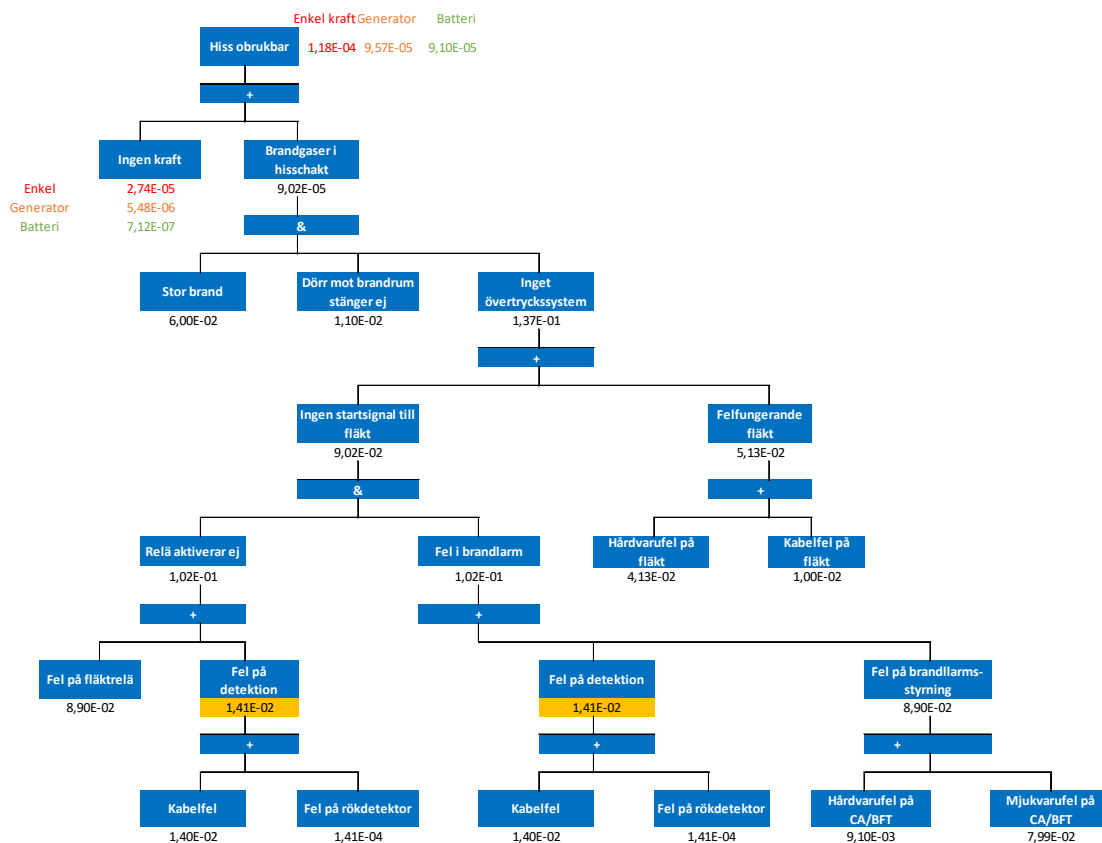


Figur 5-14 Sannolikhet att den tekniska lösningen är bättre respektive sämre än förenklad dimensionering.

Detta visar att båda lösningarna är väsentligt mycket bättre än tidigare och även bättre än förenklad dimensionering.

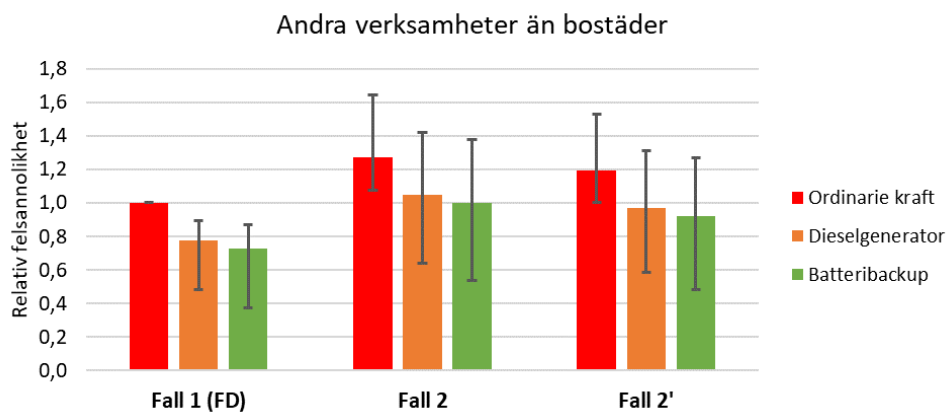
En möjlig fråga är om lösningen även skulle kunna användas för Fall 2 som används i andra verksamheter än bostäder. Det finns naturligtvis inget tekniskt som hindrar det, men en viktig skillnad är att fall 2 bara har en funktion som är beroende av brandlarmet (övertrycksfläkten) jämfört med fall 3 och 4 som har två system som är beroende av brandlarmet (övertrycksfläkt och dörrstängning). Det är just denna samvariation mellan fel som gör att nyttan av förändringen betydande.

Fall 2' - Övertryck ersätter dörr framför hiss (Vk1) - Förbättrad

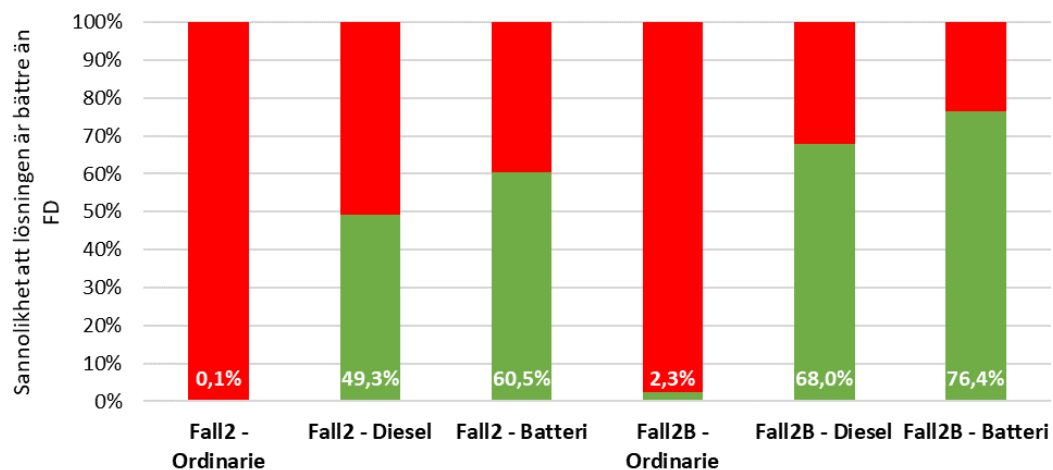


Figur 5-15 Felträd för förbättrad version av fall 2. Grundhändelser med sannolikhet med gul bakgrund påverkar flera grenar i felträdet.

Resultaten avseende felsannolikheten blir då enligt nedan om man jämför med de ursprungliga tekniska lösningarna.



Figur 5-16 Normaliserad felsannolikhet för de olika fallen med 95% konfidensintervall



Figur 5-17 Sannolikhet att den tekniska lösningen är bättre respektive sämre än förenklad dimensionering.

Som väntat blir påverkan marginell och kan inte anses kompensera för den mer komplicerade (och därmed dyrare) tekniska lösningen.

6 SLÄCKVATTENHANTERING

Standarden för räddningshissar, SS-EN 81-72, anger att räddningshissen ska skyddas mot påverkan av släckvatten. Detta kan antingen göras genom att vatteninträngning hindras genom en tröskel eller att vatten tillåts tränga in i hisschaktet och sedan avleds. I det sistnämnda fallet ställs även krav på IP-klassning av viss elektronik i hisschaktet.

Det anges inte i standarden hur hög en eventuell tröskel ska vara, men det kan antas att en tröskel på 20 mm, vilket är den högsta tillåtna enligt ”bygg ikapp” (Svensson, 2015), är tillfyllest. Skulle istället en tröskelhöjd på 30 mm antas så medför det en ökning av nedanstående dimensionerande flöde på 26%

Det anges inte heller vilket flöde som en eventuell dränering av hissgruppen ska dimensioneras för. Detta blir en särskilt viktig fråga i de fall då botten på hissgruppen är lägre än spillvattenledningarna på VA-nätet eftersom det då krävs en pump.

Eftersom hissdörrarna i normalfallet är stängda behöver inte en sådan släckvattenhantering dimensioneras för tillfört flöde till utrymmet utan flödet begränsat av läckaget genom hissdörren. Även om hissdörren skulle stå uppställd så skulle inflödet begränsas av den innanför liggande hisskorgen. När räddningstjänsten gör en insats så ställer de upp dörrarna, men eftersom grundtaktiken är att de åker två våningar under branden så behöver fallet med öppen hissdörr inte beaktas.

Parallellt med den skyddsnivå som erhålls med en tröskel så bör dräneringen av hissgruppen dimensioneras för 20 mm vatten i lokalen. Om man antar att storleken på hissfronten är 1,1 x 2,1 meter och att springorna är jämt fördelade över dessa så kan den totala längden springorna och den längd som befinner sig under vatten beräknat enligt nedan.

$$L_{tot} = 0,9 \cdot 2 + 2,1 \cdot 3 = 8,1 \text{ m}$$

$$L_{Under \text{ vatten}} = 0,9 + 0,02 \cdot 3 = 0,96 \text{ m}$$

Om man vidare antar att hissfronten har ett läckage på 405 cm², vilket är den ekvivalenta hålarean som ger motsvarande läckage som maximalt tillåts för brandklassade hissdörrar (SIS, 2018) vilket innebär att den tar hänsyn till förändringar i flödesriktningen i spalterna kring hissfronten. Baserat på detta erhålls nedanstående area under vattennivån.

$$A_{Under \text{ vatten}} = A_{total} \cdot \frac{L_{Under \text{ vatten}}}{L_{tot}} = 0,0405 \cdot \frac{0,96}{8,1} = 0,0048 \text{ m}^2$$

Eftersom vattennivån är relativt låg och den största delen av läckaget återfinns nära golvnivå så kan tryckgradienterna försummas och vidare antas en kontraktionsfaktor, C_d , på 0,61 vilket är normalt för ett skarpkantat hål (Norberg & Thern, 2019). Då kan inflödet beräknas enligt nedan.

$$\dot{m} = \rho C_d A_{undervatten} \sqrt{2gh} = 1000 \cdot 0,61 \cdot 0,0048 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,82 \cdot 0,02} = 1,84 \text{ kg/s}$$

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{1,84}{1000} = 0,00184 \text{ m}^3/\text{s} = 110 \text{ l/min}$$

Därför bör en spygatt eller pump dimensioneras för minst 110 l/min.

Denna siffra är mycket konservativ eftersom den bortser från den komplexa geometrin i springorna som tvingar vattnet att byta riktning flera gånger och dessutom antar den maximalt tillåtna läckageytan. Resultatet bedöms dock vara rimligt att dimensionera efter och därför görs ingen mer detaljerad analys i detta skede.

Det bör noteras att ovanstående uttryck är för turbulent strömning. Turbulent strömning kan normalt antas vid ett Reynoldstal på minst 3000 och laminär vid Reynoldstal upp till 2300. Mellan dessa värden övergår strömningen successivt till turbulent strömning. Reynoldstalet ges av nedanstående samband.

$$Re = \frac{LV}{\nu}$$

I ovanstående ekvation är L den karaktäristiska längden vilken kan antas vara spaltbredden och V är hastigheten vilket kan beräknas från massflödet. Den tredje storheten, ν , är den kinematiska viskositeten som är $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ för vatten vid 20°C. Detta ger ett Reynoldstal på 3134 vilket innebär fullt turbulent strömning och därmed kan beräkningen av inflödet göras enligt början av detta kapitel.

En fråga som skulle kunna ställas är om hissgröp, eller ej betjänad källarvåning, skulle kunna utgöra reservoar. Källarvåning kan direkt avfärdas eftersom vattenytan inte får gå över hoptryckt korgbuffet ("fjädrarna") i hissgroppen eller max 0,5 m om bufferten är högre än så. När det gäller hissgroppen så skulle vattenytans höjd, om man antar en storlek på schaktet 1,6x2,5 m, vara 1,6 m efter 60 minuter med ovanstående flöde. Detta är ett betydligt större djup än vad normala hissgröpar är och därför är inte heller detta sannolikt i normalfallet en användbar lösning. Därför krävs avledning av vattnet med hjälp av spygatt eller pump enligt ovan.

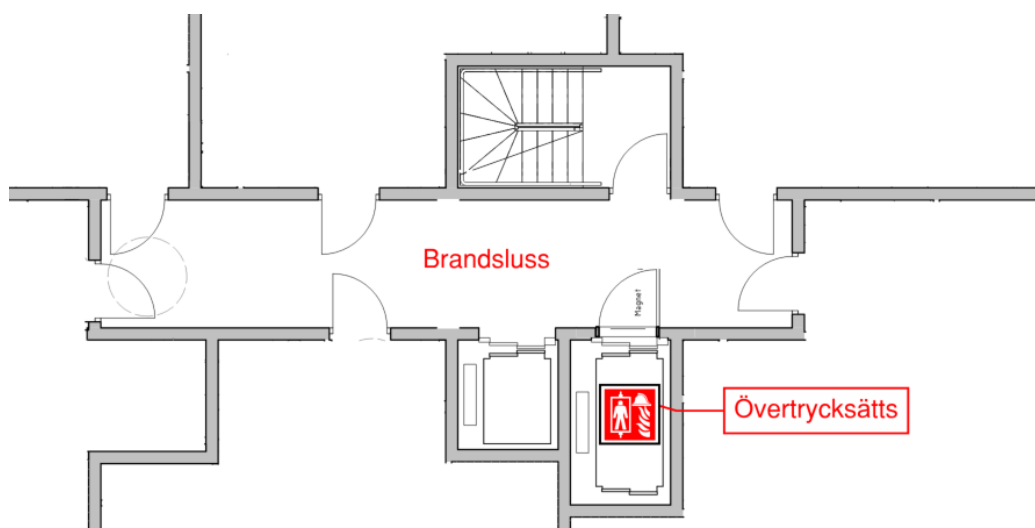
7 FÖRSLAG PÅ TEKNISKA LÖSNINGAR

I detta kapitel presenteras föreslagna tekniska lösningar för räddningshissar som normalt ger minst samma säkerhetsnivå som förenklad dimensionering. Det bör dock noteras att författarna inte tar ställning till om de är tillåtna enligt föreskrifterna i BBR.

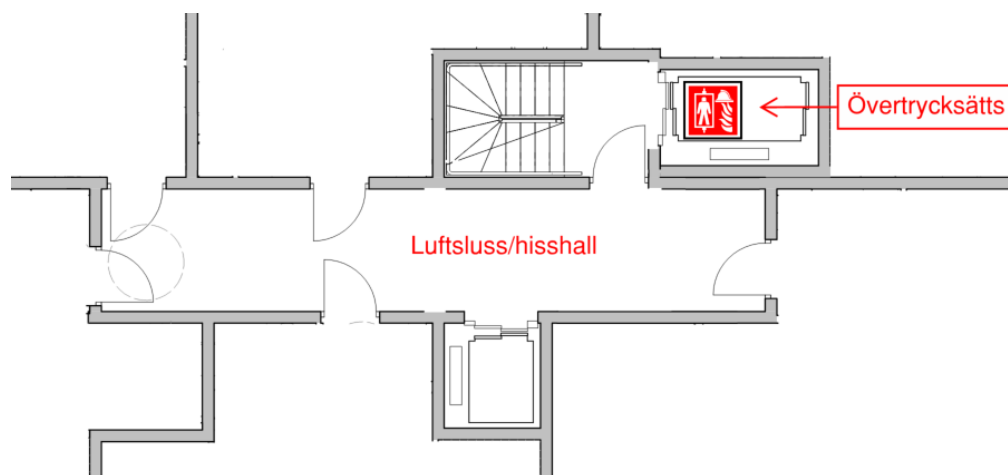
7.1 Teknisk lösning för bostäder (Vkl 3)

Som framgår av analysen i kapitel 5.2 så finns det två tekniska lösningar som båda har en lägre felfrekvens än förenklad dimensionering. Notera dock att det på vissa håll finns diskussioner om fall 4 uppfyller föreskriftskraven i BBR. Det är en juridisk snarare än teknisk fråga eftersom analysen tyder på att den de facto ger en högre säkerhetsnivå som lämnas till respektive konsult och byggherre.

De planlösningssmässiga lösningarna är enligt nedan.



Figur 7-1 Planskiss för exempel på utförande enligt Fall 3. Slagdörrarna utförs i klass EI 60-S₂₀₀ och dörren framför hissen utförs med dörrstängare och magnetuppställning.



Figur 7-2 Planskiss för exempel på utförande enligt Fall 4. Slagdörrarna utförs i klass EI 60-S₂₀₀ och dörren mellan trapphuset och hisshallen utförs med dörrstängare och magnetuppställning.

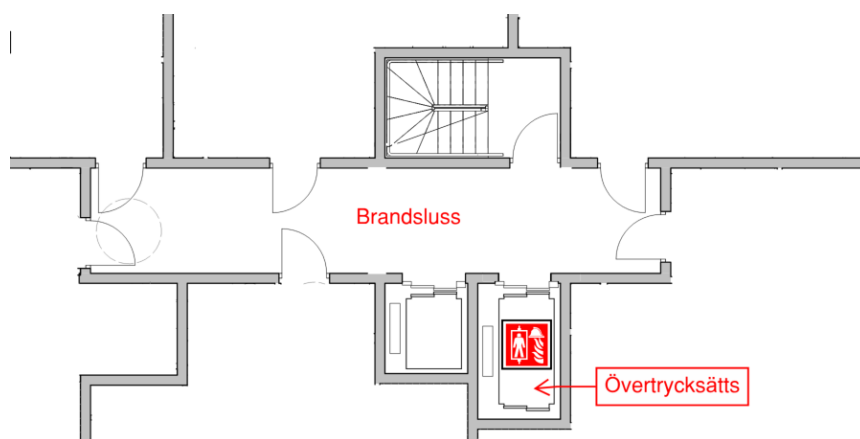
Följande utförandekrav gäller oavsett planmässig lösning

- Aktivering av eventuella uppställda dörrar sker genom rökdetektorer i slussar (utrymmet mellan trapphus och övriga lokaler) kopplade till centralt brandlarm
- Redundant aktivering av övertrycksättningsfläkt ska finnas genom separat relä (fall 3) respektive manuell brytare för räddningstjänsten (fall 4) kap 5.4.2
- Släckvattenhantering med pump eller spygatt med kapacitet för 110 l/min (kap 6)
- Kraftförsörjning kan utföras utan reservkraft⁴, men selektivitetsberäkning ska utföras (kap 4.3)
- Elrum som försörjer hissen ska vara egen brandcell och kablage ska vara brandskyddad eller brandsäkert förlagd. Elrummet ska vara placerat under plan 10.

⁴ Notera dock att denna studie endast behandlar byggnader upp till 16 våningar där det undantagsvis går att genomföra räddningsinsats utan räddningshiss, se bilaga B och kap Y. Till högre byggnader kan reservkraft troligen behövas i vissa fall.

7.2 Teknisk lösning för andra verksamhetsklasser

Den tekniska lösningen för andra typer av verksamhet (där det kan förväntas dörrstängare mellan verksamhet och sluss) är enligt nedan.



Figur 7-3 Planskiss för exempel på utförande enligt Fall 2

Följande tekniska krav ska ställas på utförandet

- Släckvattenhantering med pump eller spygatt med kapacitet för 110 l/min (kap. 6)
- Hiss med reservkraft (diesel eller batteri) med en varaktighet på 60 minuter varav 15 minuter kontinuerlig användning⁵ (kap. 4.3)
- Reservkrafterum och elrum som försörjer hiss ska vara egen brandcell och kablage ska vara brandskyddad eller brandsäkert förlagd.
- Ej reservkraft till trycksättning eller pump (kap 5.4.1)

⁵ I byggnader över 16 våningar samt trähus kan ibland längre varaktighet krävas.

8 SLUTSATSER

Kraven på räddningshiss är BBR är förhållandevis detaljerade, men det saknas ett funktionskrav som anger vilken funktion som ska uppnås. Det har dock noterats att det förefaller ovanligt att räddningshissar utförs helt enligt de detaljerade kraven i BBR och SS-EN 81-72 dit BBR hänvisar utan normalt används en teknisk lösning baserad på trycksättning. Det har dock inte identifierats någon verifiering av dessa tekniska lösningar och analysen i denna rapport visar att dessa i normalfallet har en sämre tillförlitlighet än räddningshissar utförda enligt de allmänna råden och kan därmed inte anses uppfylla kraven för analytisk dimensionering.

I denna rapport har två tekniska lösningar för utförande av räddningshissar i bostadsmiljöer presenterats samt en för andra typer av verksamheter. Planlösningssmässigt liknar dessa de som är vanligt förekommande idag, men det finns vissa justeringar och preciseringar av det tekniska utförandet som presenteras i kapitel 7.

Baserat på analysen, jämförelse med andra länder samt diskussioner med referensgrupp och andra insatta har även förslag på ny föreskrift och allmänt råd som anses mer funktionsbaserat och tydligare tagits fram och presenteras i bilaga A.

Det kan även noteras att det saknas relevanta data för sannolikheten att dörrar inte stänger som avsett. Det finns vissa studier från 70- och 80-talet som inte sällan visar på extremt höga sannolikheter (inte sällan upp mot 18%). Det stickprov som tog i det tidigare SBUF-projektet (Runefors & Persson, 2017) kontrollerades 622 dörrar varav ca 1% fallerade. Även om stickprovet var förhållandevis stort innebär den höga tillförlitligheten att skattningen av funktionssannolikheten är mycket osäker vilket påverkar osäkerheten i denna studie markant (se bilaga D), men även andra brandtekniska analyser. Det är angeläget att ta fram mer tillförlitliga data för framtiden.

9 REFERENSER

- Boverket (2011) ”Konsekvensutredning - för revidering (BFS 2011:26) av avsnitt 5 Brandskydd i Boverkets byggregler, BBR (BFS 2011:6) - för allmänt råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd (BFS 2011:27)”, Dnr 1239-4550/2006, Karlskrona: Boverket
- Boverket. (2018). ”Räddningshissar – PBL Kunskapsbanken – Boverket” Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/brandskydd/raddningshiss/> [2018-11-01]
- Dahlström, B (2020), *Relästyrning av brandgasventilation* [E-postlista] 2020-04-01
- Flemming, M. & Nellis, J. (2000) ”*Principles of Applied Statistics*”, Andra utgåvan, Boston, MA: Thomson Learning
- Grenfell Tower Inquiry (2019) ”*Grenfell tower inquiry phase 1 report, report of the public inquiry into the fire at Grenfell Tower on 14 June 2017*”, London, Grenfell Tower Inquiry
- Jensen, L. (2005). ”Trycksättning av trapphus för utrymning”. (TVIT; Vol. TVIT-7004). Avd Installationsteknik, LTH, Lunds universitet.
- MSB (2020) ”Indikatorer, Data och Analys (IDA)”, <http://ida.msb.se>
- Nilsson, N (2018), *Personlig kommunikation* 2018-11-05
- Nilsson, N (2020), *Brandgaspåverkad hiss* [E-postlista] 2020-03-30
- Norberg, C. & Thern, M. (2019) ”Grundläggande strömningslära”, Avdelningen för Värmeöverföring, Lunds Tekniska Högskola (LTH)
- Nystedt, F. (2000) ”Riskanalysmetoder”, Rapport 7011, Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola (LTH)
- NZFC (2008) ”*Effectiveness of Fire Safety Systems for Use in Quantitative Risk Assessments*”, Research Report 81, New Zealand Fire Service Commission, Auckland, NZ: MARSH
- Runefors, M. & Persson, C. (2017) ”Trycksättning av trapphus – Risker och möjligheter”, Rapport 2017/01, Bengt Dahlgren Brand & Risk AB
- Rychlik, I & Rydén, J (2006) ”*Probability and Risk Analysis*”, Berlin: Springer
- Räddningstjänsten Storgöteborg (2017) ”Råd och anvisning nr: 120 Brandskydd i höga byggnader - Räddningstjänstens insatsmöjligheter”, Reviderad 2017-02-21. Göteborg, Räddningstjänsten Storgöteborg
- Räddningstjänsten Syd (2018) ”Förutsättningar för insats i höga byggnader”, utgåva 5, Malmö, Räddningstjänsten Syd

SIS (2015) ”SS-EN 81-71, Säkerhetsregler för konstruktion och installation av hissar - Särskilda applikationer för person- och varupersonhissar - Del 72: Brandbekämpningshissar”, Stockholm: Svenska Institutet för Standarder

SIS (2018) ”SS-EN 81-58, Säkerhetsregler för konstruktion och installation av hissar - Del 58: Schaktdörrar - Brandprovning”, Stockholm: Svenska Institutet för Standarder

Storstockholms brandförsvär (2016). ”Vägledning vid utformning av byggnadstekniskt brandskydd i höga byggnader”, VL2014-08, Reviderad 2016-11-04, Stockholm, Storstockholms brandförsvär

Strömdahl, P (2018), *Personlig kommunikation* 2018-11-05

Strömdahl, P (2020), *Brandgaspåverkad hiss* [E-postlista] 2020-03-30

Svensson, E. (2015) ”Bygg ikapp för ökad tillgänglighet och användbarhet för personer med funktionsnedsättning”, Svensk Byggtjänst

Torstensson, D. & Bollen, M. (2010) ”Leveranssäkerhet i elnäten – Statistik och analys av elavbrotten i de svenska elnäten 1998-2008”, El R2010:05, Eskilstuna:Energimarknadsinspektionen

BILAGA A – FÖRSLAG PÅ ÄNDRINGAR AV BBR

I denna bilaga presenteras förslag till revidering av punkt 5:734 i BBR som reglerar räddningshissar. Förslaget är primärt baserat på diskussioner i referensgruppen, arbetsgruppen samt analysen i övriga kapitel i denna rapport.

A.1 Förslag på funktionskrav

Räddningshissar utgör ett alternativ till trappor i höga hus för räddningstjänsten, men det framgår även indirekt att det även är till för ambulanssjukvård eftersom det ställs krav på plats för en sjukbår även om räddningstjänsten inte använder sådana när de tar ut skadade. Att det är just räddningshissen som ska vara utformad för sjukbår är inte självklart nödvändigt eftersom det i de fall där ambulansen använder hissen sannolikt inte brinner. Det kan dock vara motiverat med samma säkerhet avseende kraftmatning även om eventuell batteribackup i normalfallet inte bör behöva försörja båda hissarna under varaktighetstiden. En godtagbar lösning bör därför vara att räddningstjänsten och ambulansen använder olika räddningshissar. Behovet av nyckelstyrning för ambulanshissen bör värderas i respektive fall.

När det ska krävas att en räddningshiss installeras är, baserat på försöken i bilaga B, inte uppenbart. Det kan dock konstateras att dagens koppling till våningsantal inte är fullt ändamålsenlig eftersom det kan vara stor skillnad i höjd mellan olika byggnader med 10 våningar det bör därför lämpligen kopplas till byggnadshöjd eftersom det är det som avgör ansträngningen för räddningstjänsten. Dagens BBR där det ställs krav på räddningshiss över 10 våningar är baserat på när det finns krav på en andra hiss i andra delar av BBR, men det bedöms inte ha någon större betydelse om det finns en eller två hissar i byggnaden avseende behovet för en räddningshiss. Vanliga byggnadshöjder för en byggnad i 11 våningar är ca 30 meter för ett bostadshus och ca 40 meter för ett kontorshus. Det är inte uppenbart vilken av dessa nivåer som ska väljas, men för att underlätta för räddningstjänstens taktik finns det ett värde i att krav på räddningshissar uppkommer samtidigt som krav på trycksatta stigarledningar. Detta beror på att man då kan ta fram en grundtaktik för alla höga byggnader där samtliga har samma insatsstödjande teknik. Författarnas förslag är därför att krav infaller vid en byggnadshöjd över 40 meter.

I funktionskravet bör detaljerade tekniska krav avseende t.ex. krav på brandsluss undvikas eftersom det hindrar att alternativa lösningar tas fram som har motsvarande säkerhetsnivå. Fokus bör också vara på användningen snarare än komponenten.

Sammantaget innebär detta nedanstående förslag till funktionskrav.

I byggnader med en byggnadshöjd över 40 meter ska minst en hiss finnas som, på ett säkert sätt, kan användas av räddningstjänst i händelse av brand samt av sjukvården i övriga fall.

A.2 Förslag på allmänt råd

De aspekter som primärt behöver beskrivas i ett allmänt råd är

- Förbindelse med andra utrymmen
- Antal räddningshissar
- Placering av räddningshissar
- Storlek på räddningshiss
- Strömförsörjning av räddningshissar

Dessa beskrivs i kommande underkapitel som sedan avslutas med ett samlat förslag till allmänt råd.

A.2.1 Förbindelse med andra utrymmen

I dagsläget ställs krav i föreskriften avseende förbindelse med brandsluss vilket hindrar alternativa lösningar. Det finns sannolikt ingen anledning att ifrågasätta detta krav, men det är lämpligt att kravet ställs i det allmänna rådet.

A.2.2 Antal räddningshissar

BBR anger nedanstående krav avseende antal räddningshissar

Minst två räddningshissar bör installeras om våningsplanets area överstiger 900 m².

Det bör noteras att det inte finns något som hindrar att dessa placeras bredvid varandra vilket innebär att kravet snarare avser kapacitet än tillgänglighet. Det som konsekvensutredningen anger som motiv till detta är att fler personer kan förväntas visats på större våningsplan. Det bör dock noteras att det är avsevärd skillnad mellan personantalet för olika verksamheter. Om man använder dimensionerande personantal i BBR tabell 5:333 så kan ett 900 m² stort våningsplan med kontorsverksamhet innehålla 90 personer medan motsvarande restaurang kan innehålla 900 personer. Det bör därför vara mer ändamålsenligt att ställa krav direkt utifrån personbelastning än indirekt via våningsantal. Lämpligt kan vara att ansluta sig till den redan etablerade gränsen på 150 personer.

För att räddningshissar ska vara användbara så behöver de vara placerade i anslutning till lämpliga angreppspunkter vilket kan innebära att fler än en räddningshiss krävs. Det är dock inte lämpligt att reglera det indirekt via antal utan istället föreslås ett nytt område avseende krav på placering av räddningshissar i nästkommande kapitel.

Det bör även noteras att för vissa mycket höga byggnader kan tiden att åka i räddningshissen bli så stor att det krävs en depå för utrustning på något våningsplan för att slippa åka hela vägen ner

för att hämta det vilket underlättas om det finns flera räddningshissar, men eftersom denna studie är begränsad till upp till 16 våningsplan så är det inte aktuellt i detta fallet. Eventuellt behov av depå bör dock beaktas i Br0-analyser för höga hus.

A.2.3 Placering av räddningshissar

Som tidigare nämnts så finns idag inget krav på placering av räddningshissar utan hissar precis bredvid varandra kan väljas. Eftersom rökdykning längre in i en byggnad än 50 meter normalt inte är tillåtet utan en extra skyddsgrupp så försöker räddningstjänsten normalt få tillträde till ett trapphus som ligger nära branden. Om räddningshissarna ligger tillsammans så kan det innebära att räddningstjänsten måste bryta sig igenom ett våningsplan för att få tillträde till det andra trapphuset eller gå upp i det andra trapphuset trots att det finns en räddningshiss i ett trapphus. Det kan inte anses uppfylla funktionskravet för räddningshissen. Eftersom insatser i höga hus är nära förbundna med stigarledningar är det lämpligt att motsvarande krav ställs på räddningshissar som på stigarledningar eftersom det knappast är av värde att ha en stigarledning högt upp i ett trapphus som räddningstjänsten inte har tillträde till via hiss. Kravnivån för trycksatta stigarledningar ligger även i nivå med inträngningsvägar på maximalt 50 meter enligt ovan vilket innebär att det i normalfallet kan anses vara en lämplig nivå.

A.2.4 Storlek på räddningshiss

Som tidigare nämnts så finns det idag krav på att räddningshissen ska vara tillräckligt stor för en sjukbår, men att räddningstjänsten normalt inte använder dessa utan kravet syftar därför sannolikt på fallet utan brand där sjukdomsfall kan innebära behov av ambulansvård. I dessa fall kan det dock inte förväntas att det brinner, men att det ändå kan finnas behov av en förstärkt hiss t.ex. avseende kraftmatning. Det är dock lämpligt att det finns en hiss som kan användas av ambulanspersonal

A.2.5 Förslag till allmänt råd

Baserat på diskussionen i ovanstående kapitel ges nedanstående förslag till nytt allmänt råd.

Räddningshissar kan utformas enligt SS-EN 81-72. Kraftmatning för räddningshiss för byggnader upp till 16 våningar ska skyddas mot brand i byggnaden, men behöver inte förses med sekundär kraftmatning.

Minst en räddningshiss bör förbindas till andra lokaler via brandsluss. Brandceller för fler än 150 personer bör betjänas av minst två räddningshissar utförda enligt detta stycke.

Minst en räddningshiss bör kunna rymma en sjukbår med mått i avsnitt 3:144.

Räddningshissar bör placeras med direkt tillträde, eller tillträde via utrymningsväg, till trapphus så att avståndet från trapphuset till den mest avlägsna delen av ett utrymme inte överstiger 50 meter.

BILAGA B – FÖRSÖK MED INSATS I HÖGA HUS

För att undersöka belastningen på räddningspersonal vid insatser i höga hus genomfördes en serie med försök där brandmän i full rökdykarutrustning fick gå upp för trappor. Höjden begränsades till 16 våningar i samråd med aktuell räddningstjänst för att inte belastningen på brandmännen skulle bli för stor.

Totalt genomfördes 14 olika försök fördelat på tre tillfällen under februari 2020.

Nedanstående bilder visar delar av trappan som användes. Mellan varje plan finns 16 trappsteg fördelat på hälften innan ett vilplan och hälften efter.



B.1 Metod

Trapphusförsöken inleddes med att försöksledaren satte fast en pulsklocka (Polar OH1) på deltagarens ena överarm samt startade pulsmätning med den. Deltagaren tog sedan på sig larmställ, luftpaket samt hjälm. Masken hängdes runt halsen. En kamera monterades på deltagarens jacka och filminspelning startades. När deltagaren var redo började personen gå i trappan, med en slangkorg innehållandes två smalslangar i ena handen samtidigt som tiden startades av försöksledaren. Efter 16 våningar möttes deltagaren av försöksledaren som stoppade filminspelning och tidtagning. Pulsklockan fortsatte mäta pulsen tills deltagaren tagit av sig utrustningen. När deltagaren möttes av testledaren fick personen svara på vilket steg på Borgs RPE-skala personen upplevde ansträngningen. Skalan som användes var mellan 6 (ingen ansträngning alls) till 20 (maximal ansträngning). Deltagaren fick även ange sin ålder, längd och vikt. Proceduren upprepades sedan på samma sätt för resterande personer i aktuell styrka.

Efter genomförda försök analyserades resultaten genom att studera filmen från respektive försök samt analysera utdata från pulsklockan. Filmerna sammanställdes sedan i ett Excelark, där tidsdifferensen mellan varje våningsplan beräknades. Med hjälp av utdata från pulsklockan skapades kurvor där pulsen (slag/min) som funktion av tiden i sekunder.

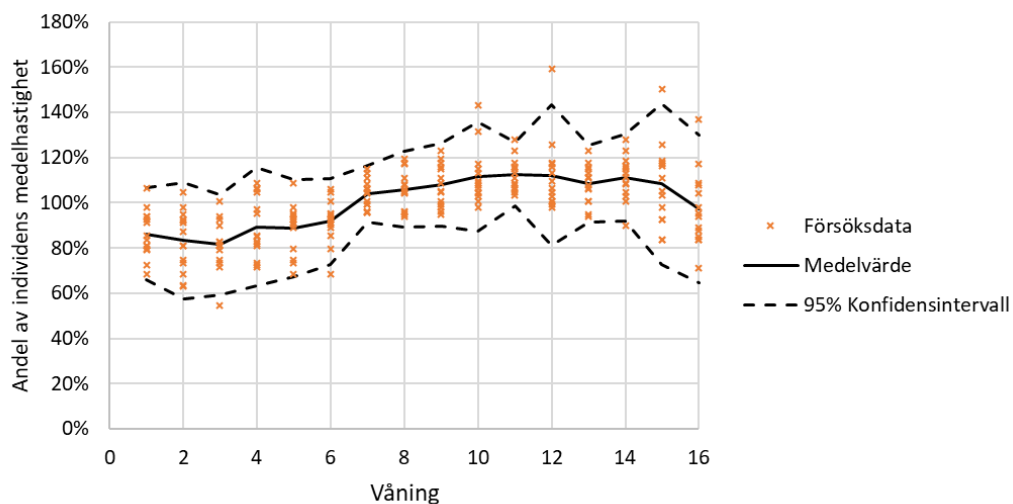
Personerna hade en ålder på mellan 32 och 50 år (medel 41 år), var 175-188 cm långa (medel 182 cm) och vägde mellan 72 och 100 kg (medel 84 kg).

B.2. Resultat och diskussion

I detta kapitel presenteras resultaten från försöken tillsammans med en kort diskussion.

B.2.1 Hastighet

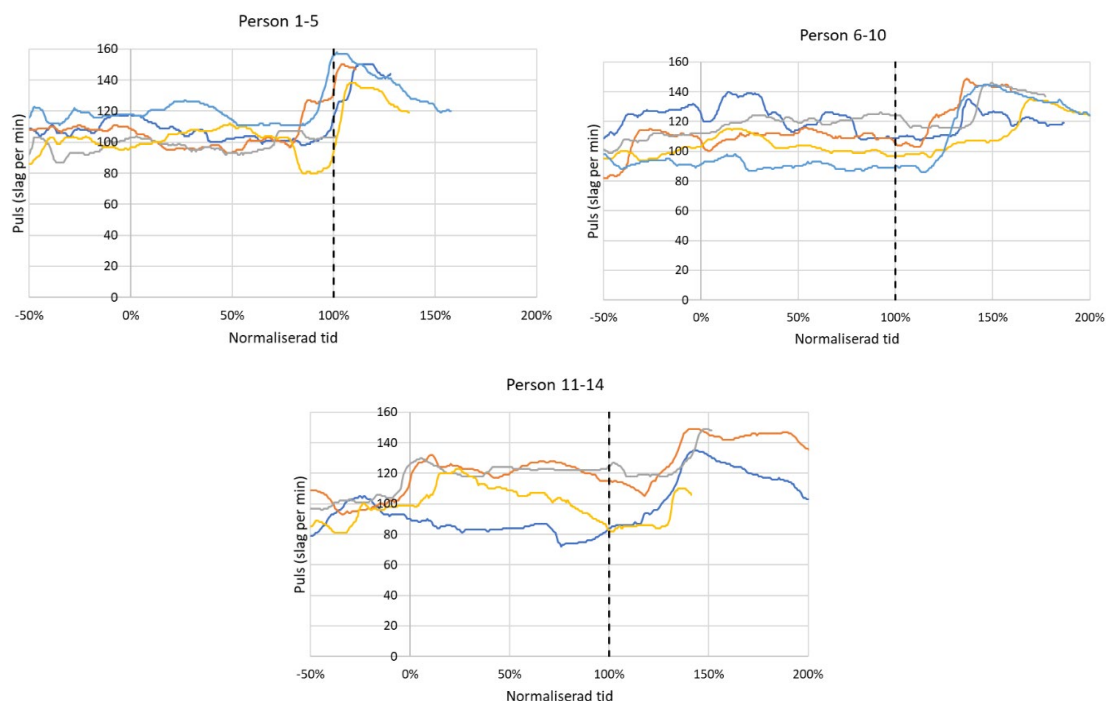
Nedan anges hastigheten funktion av våningsnumret där hastigheten för våning 1 är baserad på medelhastigheten mellan de två nedersta våningarna. Eftersom primärt trender är intressant för försöket så är hastigheterna normaliserade avseende medelhastigheterna.



Spridningen av försöksdata är stor, men det finns inga tecken på att hastigheten skulle minska med höjden vilket skulle kunna vara ett tecken på trötthet.

B.2.2 Puls

För att kunna jämföra pulsen mellan individer på ett enklare sätt normaliserades tiden så att 0% motsvarade att personen började gå i trappan och 100% att personen nådde översta våningen.

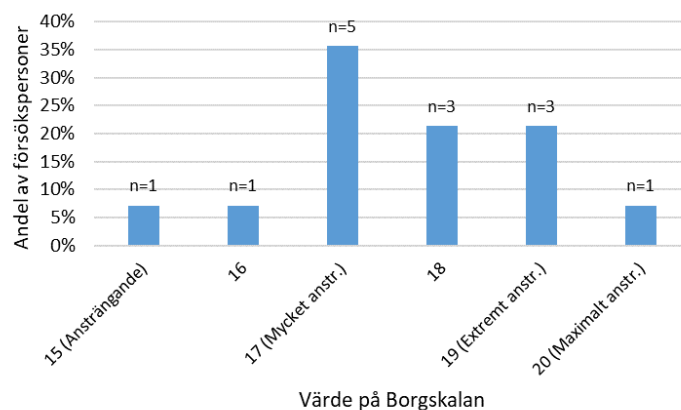


Figur A-2 Försökspersonernas puls över tid. Personerna börjar gå i trappan vid 0% och är uppe för trappan vid 100%. Notera att tiden då personerna kom upp för trappan för person 1-5 är osäker.

Värt att notera är att det inte finns någon tydlig trend att pulsen över undertiden personen går i trappan, men att en tydlig ökning finns i samband med att personerna når det översta planet eller strax efter.

B.2.3. Borgskalan

När brandmännen nådde den översta våningen så angav de sin nivå av ansträngning baserat på den så kallade Borgskalan. Resultaten redovisas nedan.



Figur A-3 Fördelning av individernas bedömning av plats på borgskalan då de kom upp för trappan.

En stor majoritet angav det som ”mycket ansträngande” eller högre och nästan en tredjedel angav det som extremt ansträngande eller maximalt ansträngande.

B.2.4. Kvalitativ uppfattning av försöken

En generell bild som brandmännen gav när de nådde den översta våningen var att de förmodligen hade kunnat bryta en säkerhetsdörr men att därefter göra en rökdykarinsats skulle vara omöjligt. Samtliga deltagare la sig ner och flåsade ordentligt när de nådde översta våningen innan de kunde ta sig till hissen och åka tillbaka ner. På filmerna syns att en del deltagare stannar och vilar mellan våningsplanen, framförallt mellan våningarna efter hälften. Många konstaterade även att gå utan mask som var fallet under försöken är mycket enklare än att ha masken och luft från paketen att andas med vilket skulle kunna krävas under en skarp insats, samt att luften inte skulle räcka till en längre insats.

B.3. Slutsats

Baserat på försöken kan det konstateras att 16 våningar innebär en mycket stor ansträngning och att det är mycket svårt att genomföra en rökdykning efter en sådan ansträngning. Sannolikt hade flera styrkor behövts som kan hjälpas åt att bära upp utrustningen. Vid en brand på högre våning än detta kan det sannolikt i många fall ta extremt lång tid innan en insats kan inledas där brandmän kan behöva vila längre tider på vissa plan under uppstigningen

BILAGA C – SIMULERING AV OLIKA SLUSSAR

För att undersöka hur brandgasspridningen till räddningshissen påverkas av hur slussen framför hissen utförs har ett antal FDS-simuleringar utförts. I simuleringarna har det förutsatts att samtliga slagdörrar mellan hissen och brandrummet stör öppna. Försöket med simuleringarna avser inte att utgöra något exakt svar för när, eller hur brandgasspridning kan förväntas se utan är främst avsett att visualisera en jämförelse mellan de olika uppläggen för att se något av de alternativ som diskuterats ger lindrigare brandgasspridning än något annat.

C.1. Metod

Simuleringarna utfördes i FDS version 6.7.4 med följande förutsättningar:

- Brandrum: Rum på 80 m² (bedöms motsvara en medelstor bostadslägenhet).
- Öppningar till det fria: Lucka i toppen av hisschakt och trapphus om 1 m². Fönster mot det fria från brandrum om 2,0 m² vilket öppnar vid en temperatur om 350°C.
- Sluss framför brandrum om 1,1x3,2 m.
- Bjälklagshöjd sätts till 2,7 m
- Hisschakt simuleras med en storlek om 2,3x1,6 m.
- Trapphus simuleras med en storlek om 2,4x5,6 m och med slutna, raka trapplopp.
- Läckaget över hissdörr simuleras med en öppning i takhöjd med en yta motsvarande 0,1x0,4 m.
- Räddningshisschaktet förses med en "VENT" i botten som blåser in friskluft motsvarande 1500 l/s i botten
- Branden ansätts till en 6 MW brand som rampas upp enligt en fast α -t² kurva och har en HRRPUA om 1500 kW/m² (den effekt när övertändning sker i den aktuella lägenheten).
- Gridstorleken sätts till 0,10x0,10x0,10 m
- Brandrummet ansätts på plan 11 av 16 (våningsplan under brandplanet simuleras ej).

Simuleringarna utfördes sedan för 5 olika typfall för att jämföra omfattningen av brandgasspridning in till räddningshisschaktet för de olika fallen:

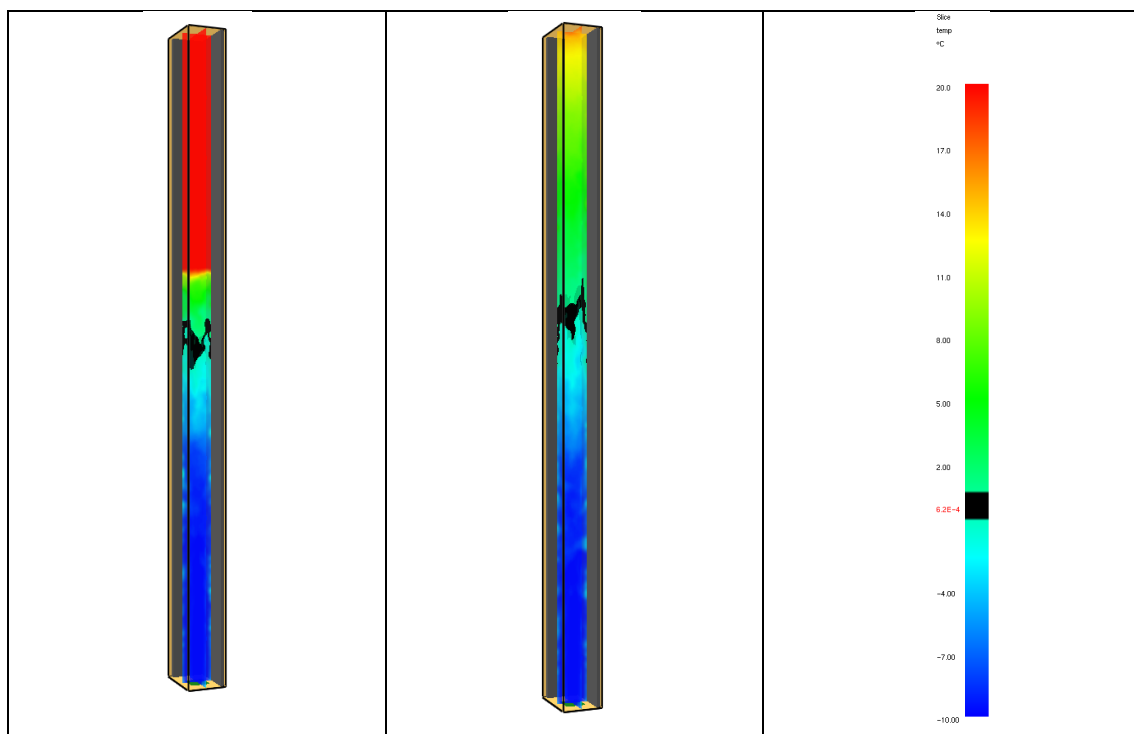
1. Räddningshiss och vanlig hiss vetter mot sluss. Övertrycksättning aktiveras ej. Brandgasventilation av hisschakt sätts som aktiv.
2. Räddningshiss vetter mot trappa. Vanlig hiss vetter mot sluss. Övertrycksättning aktiveras ej. Brandgasventilation av hisschakt och trappa sätts som aktiva.
3. Räddningshiss vetter mot trappa. Vanlig hiss vetter mot sluss. Övertrycksättning och brandgasventilation av hisschakt och trappa aktiveras ej.

4. Enbart räddningshissens schakt, och des öppningar motsvarande hissdörrarna simuleras. Fläkten i botten av schaktet blåser in kalluft med en temperatur om -10°C .

C.2. Resultat och diskussion

Vid de olika simuleringarna hålls räddningshisschaktet fritt från brandgaser så länge som fläkten i trapphuset är aktiv. Om fläkten inte är aktiv börjar brandgaser spridas in i räddningshisschaktet efter ca 75 sekunder när räddningshissen vetter mot hisshallen och efter ca-180 sekunder beroende på om räddningshissen vetter mot hisshallen eller trapphuset (oaktat om luckan i trapphuset är öppen eller ej). Vid ca 180 sekunder börjar temperaturen i toppen på hisschaktet att överstiga 40°C för samtliga körningar där övertrycksfläkten i räddningshisschaktet saknas.

För simulering 6 redovisas enbart temperaturen inne i hisschaktet då denna enbart syftar att visa vilka temperaturförhållanden som kan förväntas inne i schaktet vid vinterförhållanden.



Figureerna ovan visar temperaturen inne i hisschaktet för en 11 vånings byggnad där övertrycksfläkten blåser in utomhusluft med en temperatur om -10°C . Från vänster visas temperaturen efter när stationära förhållanden nåtts i den nedre delen av schaktet (efter 60 sekunder) och bilden i mitten visar temperaturen i schaktet när steady-state uppnåtts inom hela schaktet. Figuren visar förhållandena efter 500 sekunder, men läget uppnås mycket tidigare i simuleringen.

Längst till höger visas temperaturskalan från -10°C till $+20^{\circ}\text{C}$ där temperaturen 0°C markerats med svart.

C.3. Slutsats

Avsikten med simulering 1-5 i denna bilaga vara att undersöka om någon av lösningarna med hur räddningshissen vetter mot antingen hisshall eller trapphus. Resultaten ger dock ingen tydlig indikation för detta utan spridningen av brandgaser är helt beroende på att skyddssystemen fungerar som avsett.

I simulering 6 visas att den termiska trögheten i hisschaktet gör att temperaturen i hisschaktet inte kommer att bli homogen utan att en viss temperaturprofil kommer att hållas inom schaktet. Det går dock tydligt att se att det inte enbart är i luftströmmens omedelbara närhet som temperaturen kan förutsättas vara under 0°C utan temperaturen kommer att vara under denna temperatur i ca halva hisschaktet.

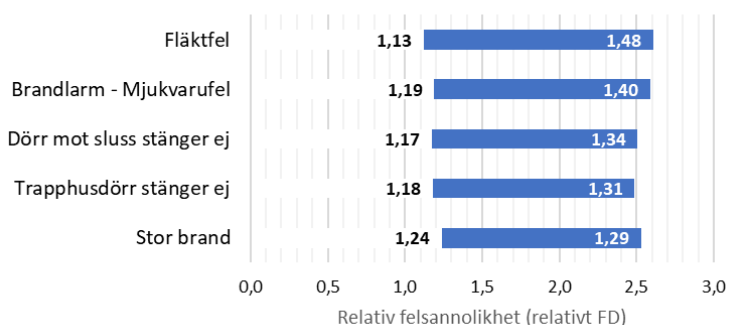
BILAGA D – KÄNSLIGHETSANALYS

I denna bilaga presenteras s.k. tornadodiagram som är ett sätt att redovisa hur mycket osäkerheten i de oberoende variablerna (t.ex. hur sannolikt det är att en dörr stänger) påverkar den beroende variabeln (i detta fall den normaliserade felsannolikheten).

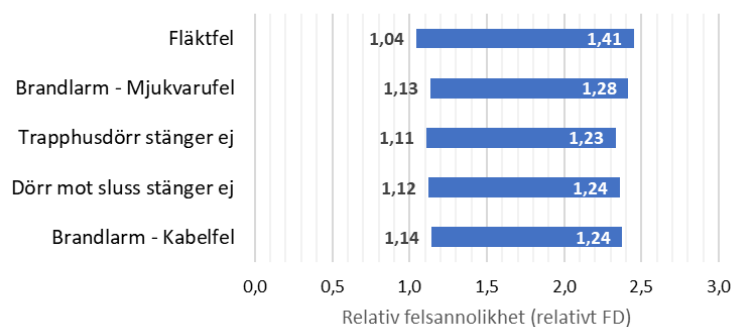
I analysen hålls alla oberoende variabler utom en konstanta vid sitt medelvärde och den återstående oberoende variabeln varieras från ett lågt värde (4%-percentilen) till ett högt värde (96%-percentilen). Resultatet är motsvarande den relativa felsannolikheten som användes inne i rapporten. Resultatet kan användas dels för att se om osäkerheten i en enskild variabel kan påverka slutsatsen istället för den sammantagna osäkerheten i alla variabler som återspeglas i konfidensintervallen inne i rapporten. Resultatet kan också användas för att identifiera där det är mest värdefullt att göra djupare analyser för att försöka reducera osäkerheten.

Nedan presenteras tornadodiagram för de fem variabler som påverkar resultatet mest. Tornadodiagrammen är oberoende av typ av kraftmatning eftersom felfunktionen hos reservkraften inte i något fall var bland de fem variabler som påverkade mest.

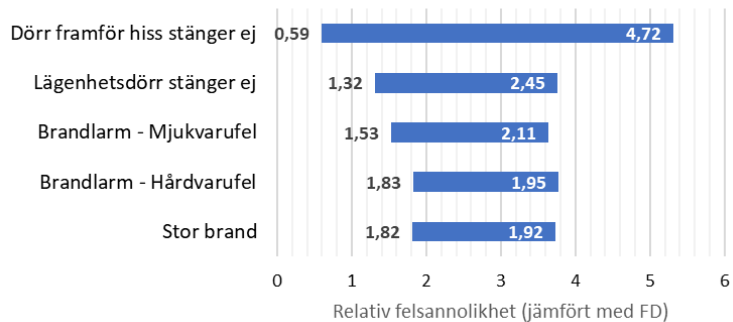
Fall 2



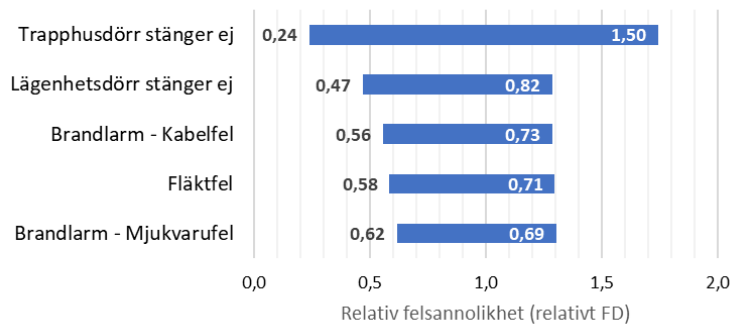
Fall 2'



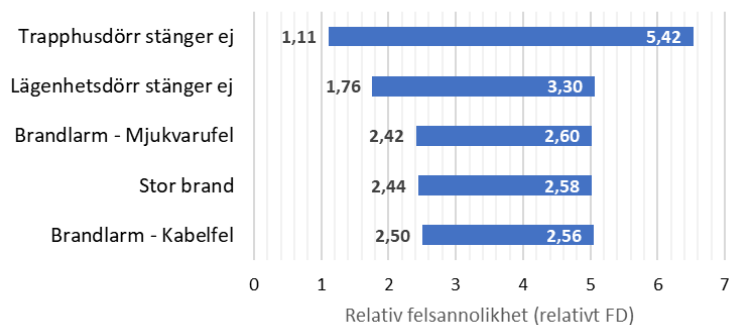
Fall 3

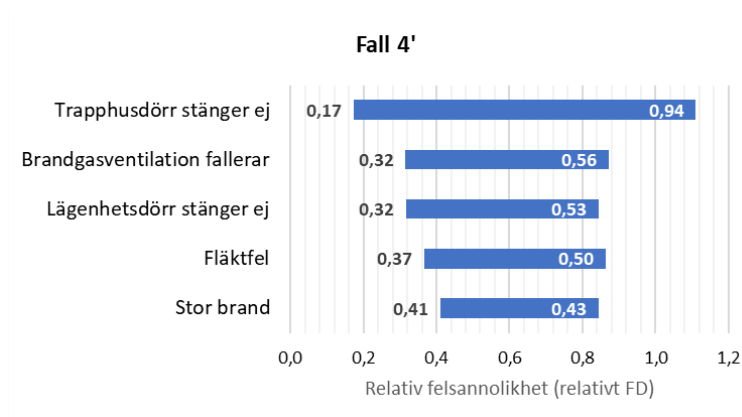


Fall 3'



Fall 4





Baserat på ovanstående kan det konstateras att den faktor som bidrar mest till osäkerheten i fallen som är relaterade till bostadsmiljö (fall 3 och 4) är osäkerhet gällande tillförlitligheten hos dörrar. För andra verksamheter (fall 2) påverkar osäkerheten i fläktfunktionen och brandlarmet mer. För att minska osäkerheten i resultaten bör därför mer kraft användas för att ta fram mer precisa data på dessa.