

PROJEKTNR. 14351

Hantering av låga temperaturer vid trycksättning av räddningshissar

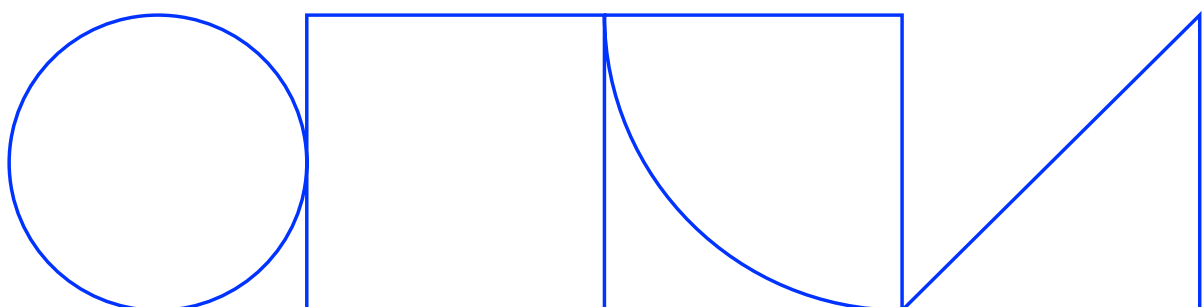
Slutrapport

Axel Mossberg, David Ronstad
Bengt Dahlgren

Hans Nyman
Brandskyddslaget

Bengt Gåfvels
NCC

2025



FÖRORD

Den här rapporten utgör slutrapport i projektet "Hantering av låga temperaturer vid trycksättning av räddningshissar". Projektet finansierades av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) samt av Sveriges Brandkonsultförening. Projektet har även finansierats av egna insatser från deltagarna i projektgruppen och även referensgruppen.

Med projektet är förhoppningen att ge en grund för nationell samordning och utveckling av riktlinjer för hur problematiken kring låga temperaturer vid trycksättning av räddningshissar ska betraktas och hanteras. Slutsatserna i projektet bedöms ge en god bas för både direkt tillämpning och även som grund för projektspecifika bedömningar med bas i den analysmodell och de underlagsdata som redovisas i rapporten.

Inom projektet har referensgruppen varit en viktig del av framgången. Referensgruppen har bidragit till projektet genom både referensgruppsmöten, enskilda intervjuer och kommentarer/input på rapporten. I referensgruppen ingick:

- Johan Deckeman, Schindler
- Lukas Zeder, Schindler
- Mattias Arnqvist, Fire Safety Design Göteborg
- Mattias Genberg, Storstockholms Brandförsvär
- Marcus Runefors, Lunds Tekniska Högskola
- Per Strömdahl, KONE
- Peter Svensson, KIWA
- Stefan Sköldin, Skanska
- Tomas Gardell, Storstockholms Brandförsvär
- Ulf Bengtsson, KIWA

Författarna riktar ett stort tack till referensgruppen.

SAMMANFATTNING

Denna rapport undersöker risker och åtgärder kopplade till trycksättning av räddningshissar vid låga utomhustemperaturer. Räddningshissar testas för temperaturer mellan 0 och 40/65 °C i enighet med SS-EN 81-72, och hur, eller om, deras funktion vid temperaturer under 0 °C påverkas är inte känt. I det utförda projektet understryks denna osäkerhet i intervjuer med tillverkare, besiktningsmän samt brandkonsulter. Utifrån de utförda intervjuerna bedöms det sannolikt vara störst risk att säkerhetsfunktioner påverkas först medan elektroniken klarar att bibehålla sin funktion längre då installationen i sig själv alstrar värme. På grund av osäkerheterna kring vilka funktioner som kan, och inte kan, säkerställas vid låga temperaturer bedöms det vara av stor vikt att trycksättningssystem projekteras för att undvika minusgrader i schaktet då det annars skulle kunna äventyra insatspersonalens säkerhet.

Inom projektet har temperaturmätningar vid trycksättning med varierande utomhustemperaturer utförts. Mätningarna visar att hisschaktet håller en högre temperatur än utomhusluften, vilket sannolikt beror på uppvärmningseffekter från själva trycksättningssystemet och schaktets betongväggar. I rapporten redovisas mätningar av temperatur i räddningshisschakt i fyra olika trycksättningssystem där det bland annat kan urskiljas att temperaturen i ett räddningshisschakt är över 0 °C även efter att trycksättningssystemet varit aktivt i 1 h med utomhustemperaturer på cirka -10 till -12 °C. I det systemet var trycksättningsfläkten placerad på toppen av hisschaktet utan invändiga kanaldragningar.

För att trygga insatspersonalens säkerhet rekommenderas genomgående att temperaturgivare installeras i räddningshisschakt som förses med trycksättning. Temperaturgivarens funktion är att stoppa trycksättningsfläkten om temperaturen varaktigt (> 60 s) är under 0 °C i schaktet. Dessutom rekommenderas att trycksättningssystem förses med ett manuellt styrrelä (1-0-auto) för aktivering av systemet, vilket är i linje med tidigare SBUF-rapport på ämnet. Dessa åtgärder har påvisats vara tillräckliga för att hantera risk för låga temperaturer i räddningshisschakt vid trycksättningssystem med fläkt med fast varvtal samt evakuering genom lucka i större delen av Sverige

För trycksättningssystem i städer som ligger längre norrut, eller snarare har en högre sannolikhet än 3,5 % för att få lägre temperaturer än -8 °C på årsbasis, som exempelvis Umeå och Luleå, kommer även kompletterande åtgärder erfordras. I den aktuella rapporten har åtgärder för att motverka kall luft i hisschaktet undersökts i form av uppvärmning av intagsluft (via uppvärmningssystem eller längre kanaldragningar inomhus), reduktion av fläktkapacitet samt "push/pull"-system. Dessutom utvärderas åtgärder förr att minska risk för brandgasspridning till räddningshisschaktet genom skydd med automatisk vattensprinkler respektive extra brandcellsgränser/slussar. De senare alternativen med att minska risk för brandgasspridning till hisschaktet medför att funktionssannoliketen för lösningen med trycksättningssystemet är minst lika bra som en utformning enligt de allmänna råden i BBR. Detta trots risken att trycksättningsfläkten stängs av vid låga temperaturer i schaktet. Observera att detta även gäller om fläkten är tryckstyrd. För åtgärder med exempelvis uppvärmning, reducerad fläktkapacitet eller "push/pull"-system kommer projektspecifika lösningar behöva utvärderas.

Beräkningarna som slutsatserna i denna rapport vilar på utgår erfarenhetsmässigt från en fläktkapacitet om 4 m³/s. Om fläktkapaciteten är högre behöver en projektspecifik bedömning göras kring tillämpligheten av det som anges i rapporten.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Utvärdering av risker och åtgärder	1
Förord.....	2
Sammanfattning	3
1. Inledning	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Syfte och mål	7
1.3 Avgränsningar	7
2. Metod.....	8
2.1 Identifiering av problembild	8
2.2 Identifiering av möjliga lösningar	8
2.3 Utvärdering av lösningar	8
3. Identifiering av problembild	9
3.1 Intervjuer med brandkonsulter	9
3.2 Intervjuer med tillverkare, leverantörer och besiktningsmän	10
3.3 Temperaturmätning vid trycksättning.....	10
3.3.1 Stockholm – Vintern 2021.....	10
3.3.2 Stockholm - Våren 2022	12
3.3.3 Göteborg - Vintern 2024	14
3.3.4 Göteborg – Vintern 2025	15
3.3.5 Diskussion och slutsatser kring temperaturmätningar.....	16
3.4 Temperaturer i Sverige	18
3.5 Slutsatser kopplat till identifiering av problembild	19
4. Identifiering av möjliga lösningar.....	20
4.1 System för att motverka kall luft i hisschaktet.....	20
4.1.1 Uppvärmning av luft via värmekälla.....	20
4.1.2 Uppvärmning av luft via kanalsystem	20
4.1.3 Trycksättning med luft från en inomhusmiljö	21
4.1.4 Reduktion av flätkapaciteten vid låg temperatur	21
4.1.5 Push/pull-system där fläkten till räddningshissen stängs av vid låg temperatur	21
4.2 System för att minska risken för brandgasspridning till hisschaktet	21
4.2.1 Sprinkler.....	21
4.2.2 Extra brandceller (exempelvis extra sluss).....	22
5. Utvärdering av möjliga lösningar	23
5.1 Tidigare genomförd riskanalys (SBUF:s rapport 13565)	23

5.2 Utformning av byggnad med räddningshiss	24
5.3 Kvantitativ riskanalys	26
5.3.1 Generell indata	27
5.3.2 Sannolikhet för minusgrader i räddningshisschakt	29
5.3.3 Felträdsberäkningar	31
Avstängning av trycksättningsfläkt vid låg temperatur	35
Fövärmning av luft via tillförd värme	36
Fövärmning av luft via kanalsystem	37
Reduktion av flätkapaciteten vid låg temperatur	38
Push/pull-system där fläkten till räddningshissen stängs av vid låg temperatur	40
5.3.4 Slutsatser och diskussion avseende felträdsberäkningar	41
5.4 Kostnadsbedömning av lösningar	43
6. Effekter av nya brandskyddsregler (2025/2026)	44
7. Diskussion	45
8. Slutsats	47
9. Referenser	48
Bilaga A – Sammanfattning från intervjuer	49
Bilaga B – Simuleringar med FDS	51
9.1 Modell	51
9.2 Beräkningar och resultat	52
9.2.1 Scenario 1 – 4 m ³ /s fläkt i toppen av hisschaktet	52
9.2.2 Scenario 2 – 4 m ³ /s fläkt i toppen av hisschaktet som reduceras till 800 l/s efter 10 minuter	53
9.3 Diskussion och slutsatser	55

1. INLEDNING

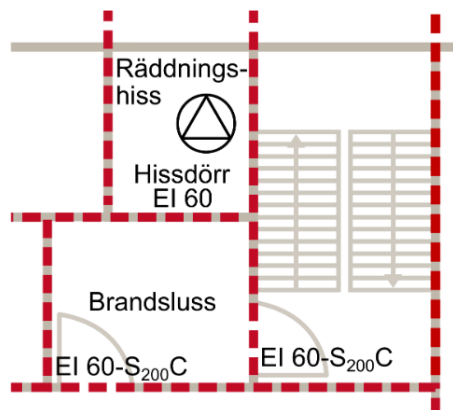
Räddningshissar, även kallat brandbekämpningshissar, är hissar avsedda för att underlätta räddningstjänstens insats och är ett krav i alla byggnader med elva eller fler våningsplan. För att uppfylla kraven i byggreglerna, utan allt för kostnads- och platskrävande lösningar, förses normalt räddningshissar med trycksättning som skydd mot brandgasspridning in i hisschaktet. I och med ett frötydligande av SWETIC, det vill säga hissbesiktningsmännens riksorganisation, har dock funktionen hos räddningshissar vid trycksättning med kall luft blivit en stor fråga i många projekt. Lösningarna för att hantera denna problematik varierar i branschen men i många fall kan åtgärder bli komplicerade och leda till ökade kostnader för både projektering, utförande samt drift och underhåll. Denna rapport avser därför undersöka och besvara ett antal frågor, nämligen:

- 1) hur stor risk är det att luften i hisschaktet blir så kall att detta skapar problem för hissens funktion,
- 2) vad anser hissleverantörerna är de största riskerna vid kall luft i trycksättningen av hisschaktet och
- 3) finns det kostnadseffektiva tekniska och/eller analytiska lösningar på problemet.

Målet är att ta fram en branschgemensam riktlinje för hur problematiken kan lösas så kostnadseffektivt som möjligt men samtidigt säkerställa att kraven i byggreglerna efterlevs.

1.1 Bakgrund

För byggnader med elva eller fler våningsplan är det enligt Boverkets Byggregler (BBR 30) krav på räddningshiss för att underlätta räddningstjänstens insats [1]. För räddningshissar är det i sin tur krav på att dessa öppnar in i en brandsluss, vilket innebär att dörrar in i utrymmet framför hissen har krav på att klara rökthet vid brand. I praktiken är detta i de flesta fall inte möjligt för hissddörren i sig, vilket normalt innebär att räddningshisschaktet utförs med trycksättning för att uppnå motsvarande kravnivå. Detta är även den lösning som Boverket föreslår på sin vägledningstjänst kunskapsbanken, vilket illustreras nedan [2].



Figur 1. Illustration från Boverkets tjänst PBL Kunskapsbanken där ett analytiskt utförande av räddningshissen beskrivs.

För kravnivån på räddningshissen i sig hänvisar BBR 30 vidare till standarden SS-EN 81-72 [3]. I standarden anges att komponenter för räddningshissen ska klara ett temperaturintervall på 0-40/65 °C beroende på tillämpning och det anges även att hänsyn ska tas till effekter av kall luft vid trycksättning av hissen [3]. Från att räddningshissar infördes i det svenska regelverket med

BBR 19 [4], det vill säga från år 2011, och fram till år 2021 har dock praxis varit att inte vidare analysera effekterna av kalla temperaturer vid trycksättning av hisschaktet.

I och med ett ställningstagande som publicerats av SWETIC¹, som är den svenska branschorganisationen för provning, besiktning, kontroll, kalibrering och certifiering, måste dock hantering av kall luft i hisschaktet hanteras av byggherren [5]. Det har inneburit att många projekt på senare år har tagit fram projektanpassade lösningar, till exempel värmning av luften för trycksättning eller riskanalyser som visar att avstängning av trycksättningen vid kalla temperaturer kan vara acceptabelt. Sådana projektspecifika lösningar kan vara dyra och/eller förknippade med projektrisker, i och med att kontroll av lösningen ofta kommer sent i projektet vid besiktning av hissarna. I många fall har även räddningstjänster uttryckt skepsis mot funktionen av sådana lösningar, vilket lett till ytterligare projektrisker och i vissa fall även ökade kostnader i projekten.

Det bör även nämnas att reglerna kopplat till räddningshissar är ändrade i de nya föreskrifterna från Boverket som träder i kraft 2025/2026. Här anges att trycksättning inte längre kommer behövas om hissen öppnar mot ett insatsutrymme (motsvarande tidigare brandsluss) som i sin tur är försett med slussar mot brandceller med verksamhet. Detta innebär att många bostadshus sannolikt inte längre kommer utföras med trycksättning, men att den sannolikt kommer kvarstå i många byggnader med andra verksamheter.

För att minska projektrisker och möjliggöra så kostnadseffektiva lösningar som möjligt på det aktuella problemet behöver branschgemensamma riktlinjer tas fram.

1.2 Syfte och mål

Syftet är att identifiera problembilden med att trycksätta räddningshissar med kall luft, utvärdera olika lösningar på de identifierade problemen samt ta fram den, eller de, mest kostnadseffektiva lösningen (eller lösningarna) för att hantera problemen.

Målet är att ta fram riktlinjer för hur problemet med kall luft vid trycksättning av räddningshissar på bästa sätt kan hanteras.

1.3 Avgränsningar

Beräkningarna i aktuell handling fokuserar på att fånga upp den vanligaste typen av layouter som förekommer i byggnader. Vid avvikelse från de utformningar som analyserats kommer ytterligare utvärdering och handläggning erfordras. Möjligheten att använda beräkningar och slutsatser i aktuell handling behöver utvärderas i respektive projekt/fall.

De beräkningar som gjorts för olika lösningar har baserats på erfarenhet kring utformning av system och flätkapacitet. Beräkningarna för enskilda nedkylningseffekter, system och liknande utgår från en flätkapacitet om 4 m³/s. Om flätkapaciteten är högre behöver en projektspecifik bedömning göras kring tillämpligheten av det som anges i rapporten.

I rapporten har det fokuserats på hisschakt utförda med betongväggar. Dessa väggar ger en viss termisk tröghet som ger en uppvärmning av luften i schaktet när kall utomhustemperatur används för trycksättning. Med andra väggmaterial som har andra termiska egenskaper behöver det göras en bedömning av om slutsatserna i denna rapport fortsatt kan tillämpas.

¹ Swedish Association for Testing, Inspection and Certification.

2. METOD

Projektet har i huvudsak genomförts i tre delar, (1) identifiering av problembild, (2) identifiering av möjliga lösningar samt (3) utvärdering av möjliga lösningar. Respektive delmoment beskrivs mer i detalj nedan.

2.1 Identifiering av problembild

I denna del av projektet har syftet varit att identifiera den problembild som finns med att genomföra trycksättning av räddningshissar med kall luft. Detta har studerats genom intervjuer med tillverkare, brandskyddskonsulter och besiktningsmän. Målet med intervjuerna har varit att identifiera vilken eller vilka delar av hissens konstruktion som är speciellt känsliga för kyla. Vidare har intervjuerna varit en plattform för att diskutera/identifiera möjliga lösningar på problematiken tillsammans med tekniska experter med kunskap om själva hissens konstruktion.

Utöver ovanstående har temperaturmätningar i räddningshisschakt, eller liknande konstruktioner, genomförts och sammanställts. Dessa mätningar har utförts i olika byggnader i olika delar av Sverige. Målet har varit att studera hur stor temperaturpåverkan som erhålls i hisschaktet vid trycksättning med kall temperatur.

Inom denna del av projektet studerades även temperaturdata i olika delar av Sverige. Detta för att ge underlag till hur stor risk det är för låga temperaturer vid trycksättning.

Resultaten från denna del har legat till grund för den utvärdering av lösningar som gjorts i senare steg av projektet.

2.2 Identifiering av möjliga lösningar

När problembilden var identifierad var nästa steg att identifiera möjliga lösningar på problematiken. Här användes delvis intervjuerna i tidigare steg och delvis även tidigare erfarenheter från olika projekt som utförts av personerna i arbetsgruppen. Utöver detta användes även input från referensgruppen som indata till denna del då olika lösningsförslag diskuterades på ett av referensgruppsmötena i projektet.

De lösningar som identifierats och som bedömdes rimliga/byggbara utvärderades sedan i nästkommande steg av projektet.

2.3 Utvärdering av lösningar

Utifrån de möjliga lösningar som identifierats i föregående steg utfördes en utvärdering av hur väl dessa lösningar hanterar problematiken som kall luft i hisschaktet innebär. Detta utfördes i form av en riskanalys som baserades på tidigare SBUF-rapport [6] men där effekterna av de olika lösningarna vägts in i beräkningarna.

I denna del utfördes även beräkningar av temperaturer i hisschakt samt kanalsystem i olika beräkningsmodeller. Detta för att ge underlag kring hur olika utformningar kan påverka temperaturen som hisschaktet trycksätts med.

Avslutningsvis genomfördes även en enklare kostnadsbedömning av de olika lösningarna.

3. IDENTIFIERING AV PROBLEMBILD

För att identifiera problembilden kopplat till trycksättning av räddningshissar med kall luft har intervjuer med brandkonsulter, tillverkare, leverantörer och besiktningsmän genomförts. Målet med intervjuerna har varit att identifiera problembilden, vilken eller vilka delar av hissens konstruktion som är speciellt känsliga för kyla samt att diskutera/identifiera möjliga lösningar på problematiken tillsammans med de som bär den största tekniska sakkunskapen om själva hissens konstruktion.

Utöver ovanstående har faktiska temperaturmätningar genomförts i räddningshisschakt som redan är tagna i drift. Detta för att studera hur stor temperaturpåverkan som erhålls i hisschaktet vid trycksättning med kall temperatur.

3.1 Intervjuer med brandkonsulter

Intervjuer med ett antal brandskyddskonsulter genomfördes i juni/juli 2024 avseende hantering av låga temperaturer i Räddningshissar. De intervjuade konsulterna har stor erfarenhet av att projektera byggnader med trycksatta räddningshissar.

Problembilden som identifierats av de intervjuade är att dem bedömer att det finns både elektroniska och mekaniska komponenter i hissar som via standarder och provningsmetoder inte kan användas vid låga temperaturer. Det upplevs från konsultsidan lite otydligt om dessa komponenter har testats för lägre temperaturer. Problemet bedöms främst som en ansvarsfråga från besiktningsmän och hisstillverkare, och handlar alltså till stor del om vem som kan ta ansvar för en alternativ lösning där låga temperaturer kan uppstå. Samtidigt kan det vara så att komponenterna faktiskt fungerar vid låga temperaturer, men alltså inte är testade för dessa förhållanden.

Ingen av de intervjuade har testat anläggningar med trycksättning vid låga utetemperaturer (förutom Kaknästornet, vilket redovisas i avsnitt 3.3.1). Praktiska lösningar som applicerats för hantering av risken kopplat till låga temperaturer i räddningshisschaktet är bland annat förvärmning av luften. I detta fall undviks också kondensproblem. Förvärmningen av luften har då dimensionerats för att ge en temperatur om ca +5 °C. Det är ofta höga flöden på trycksättningsfläktar (5-10 m³/s), vilket ställer krav på hur uppvärmningen ska ske, där exempelvis fjärrvärme kanske är en mer kostnadseffektiv lösning jämfört med direktel. Vid diskussionerna lyftes även möjligheten att ta redan förvärmad luft från andra delar av byggnaden, exempelvis via ett garage eller liknande. Sådana scenarier innebär dock att en ny risk introduceras, då felfunktion i systemet kan innebära att rök från garaget trycks upp i hela byggnaden via systemet. Ytterligare tänkbara åtgärder är värmekällor via exempelvis värmekablar. Det bedöms även vara sannolikt att hissen i sig, med tillhörande komponenter, genererar värme, vilket borde innebära att temperaturerna i schaktet kan vara högre än uteluften.

Det vanligaste sättet att hantera nedkylningsproblematiken som de intervjuade personerna stött på är att trycksättningen stoppas om temperaturen blir för låg i hisschaktet. I dessa fall kan ofta skorstenseffekten bidra till en viss brandgasventilation även när systemet är stoppat, exempelvis via öppna luckor i hisstoppar och tillgång till tilluft i hissens nedre del.

I samband med intervjuerna påpekades att det finns hissar gjorda för utomhusbruk där kunskap på komponentnivå och utförande eventuellt kan ge vägledning för framtida utförande av räddningshissar.

3.2 Intervjuer med tillverkare, leverantörer och besiktningsmän

Intervjuer har genomförts med teknisk specialist på Kone, besiktningsman från Kiwa och produktionssäkerhetschef på Schindler. En sammanställning av svaren som erhöles på de frågor som ställdes redovisas i Bilaga A. Nedan redovisas en sammanfattning av intervju svaren.

De intervjuade personerna identifierade kyla i hiss schakt som en faktor som kan medföra problem, eftersom hissar testas för temperaturer mellan 0 och 40/65 °C enligt SS-EN 81-72. Hiss ar testas i både hot- och coldbox tester enligt dessa temperaturer, och det är därav osäkert om de fungerar korrekt vid minusgrader eftersom de inte testas för dessa förhållanden. Snabba temperaturskiftningar vid trycksättning kan orsaka kondens som riskerar frysa vid temperaturer under 0 °C och kan påverka vitala funktioner som reläer och buffertar. De låga temperaturerna kan även påverka tröghet i oljor som också kan vara en osäkerhetsfaktor. Elektronik en bedöms dock inte vara ett problem eftersom komponenterna i sig alstrar värme. Problemet med kyla i hiss schakt verkar vara specifikt för Sverige och frågeställningen har inte uppdagats i projekt i övriga Europa.

Vanliga lösningar som personerna stött på för att hantera kylproblem inkluderar termostater som bryter fläkten, uppvärmning med värmebatteri, invändiga kanal dragningar och att endast aktivera fläkten vid behov. Anpassningar har hittills oftast fått göras i slutskedet av projekten då trycksättnings systemen ursprungligen projekterats innan SWETICs förtydligande släpptes.

Utomhushiss ar klarar kallare temperaturer bättre tack vare säkerhetshöjande åtgärder, som exempelvis element i schaktet, värme i trösklarna och ventilerade, uppvärmda boxar för elektronik en. Dessa åtgärder gör dem betydligt dyrare än inomhushiss ar vilket är en anledning till varför tillverkarna inte nyttjar lösningar från utomhushiss ar i inomhushiss ar, då detta skulle göra att de tappar konkurrenskraft på marknaden.

Generellt går leverantörerna inte ifrån sina typgodkännande, men undantag accepteras där det finns korrekt genomförda verifieringar som följs upp av besiktningar för att säkerställa att hiss arna fungerar korrekt under de specificerade förhållandena. Ingen av de intervjuade personerna hade vetskap om någon räddningss hiss som stannat eller felfungerat som följd av kalla temperaturer.

3.3 Temperaturmätning vid trycksättning

För att undersöka de faktiska temperaturer som erhålls i räddningss hiss schakt vid trycksättning har fyra provningar genomförts i uppförda system; två i Göteborg och två i Stockholm.

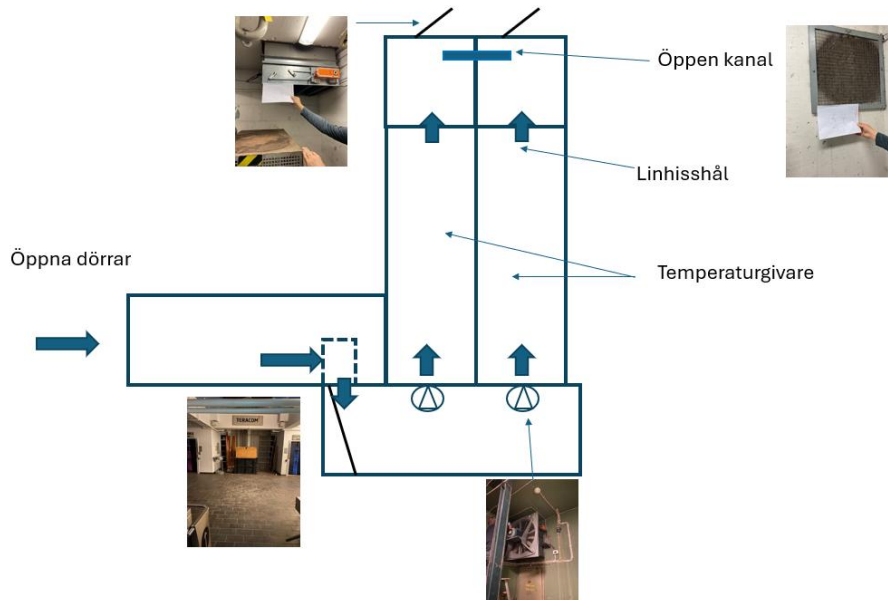
Nedan redovisas utformningen av respektive system samt temperaturdata som erhöles vid trycksättningen.

3.3.1 Stockholm – Vintern 2021

Under vintern 2021 (december) genomfördes temperaturmätningar i Kaknästornet som är ca 30 våningar högt. I byggnaden finns inget trycksättnings system enligt dagens utformning. Systemen har äldre principer som i första hand tänkta som brandgasventilation, utförda enligt regelverk när byggnaderna uppfördes.

Kaknästornet ligger i Stockholm och byggdes på 60-talet främst för radio- och tvnät. Byggnaden är cirka 134 m hög och har tidigare haft en restaurang högst upp. I byggnaden finns två hiss ar med ett närliggande trapphus. Under hiss arna i ett öppet fläkt rum är två fläktar installerade för brandgasventilation vars uppgift är att brandgasevakuera hiss schakten. I hiss maskin rummen finns luckor för avluft och de är sammanbundna med en öppen kanal. I det intilliggande trapphuset finns

också en trycksättande fläkt i botten installerad och i trapphustoppen en tryckavlastande lucka. Se Figur 2 för visualisering av systemet i hisschakten.



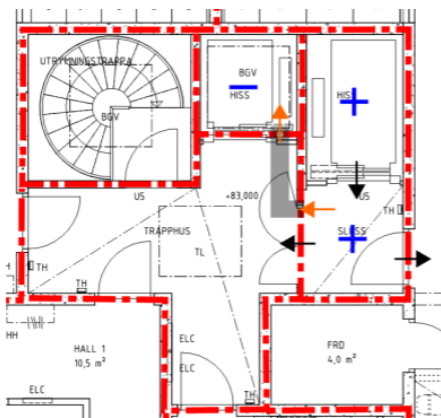
Figur 2. Illustrerar en princip över evakueringssystemet i berörd byggnad.

Tilluft till hissfläktarna erhålls via öppningar i fasad och där tilluften transporteras via en relativt stor entréhall till det öppna underliggande fläktrummet. Vid testillfället var utetemperaturen -7 °C. Starttemperaturen i hisschakten uppgick till ca 10–13 °C. Vid ett försök som varade ca 15 minuter med ett uppskattat flöde på 8 m³/s i ett hisschakt erhöles följande resultat:

- Temperaturen vid plan 3 sjönk från 13 °C till 7 °C på 15 minuter (0,4 °C/min)
- På plan 15 sjönk temperaturen från ca 10 °C till 8 °C under samma tid
- På plan 30 märktes ingen förändring av temperaturen i schaktet (ca 10 °C konstant).

3.3.2 Stockholm - Våren 2022

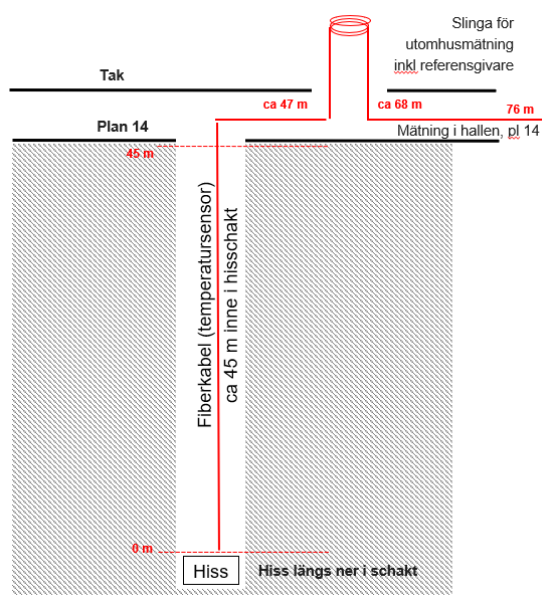
Temperaturmätningar genomfördes under våren 2022 (mars) i räddningshisschakt inom ett flerbostadshus i 15 plan (inkl. källare). Trapphuskärnan, som redovisas i Figur 3, består av ett trapphus samt två hissar som är avskilda med dörrparti på respektive plan.



Figur 3. Illustrerar trapphuskärnan och tryckförhållanden vid trycksättning i berörd byggnad.

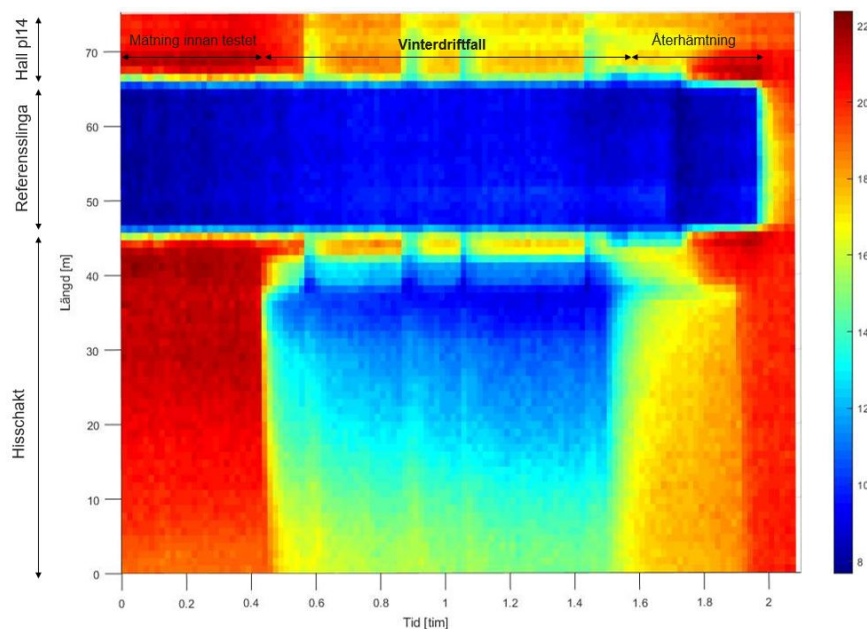
Räddningshisschaktet trycksätts ovanifrån via en fläkt som är placerad på taket. Personhissen är försedd med en brandgaslucka (1 m²) i toppen av schaktet. Brandslussen framför räddningshissen är kanalansluten mot personhissen på samtliga plan. Trycksättningsfläkten justerades in vid provtillfället, dimensionerande flöde i beräkningarna uppgick dock till 4,2 m³/s.

Temperaturmätning inom schaktet genomfördes med en fiberkabel som mäter temperaturen varje meter. Kabeln var totalt 76 meter varav de första 8 metrarna placerades inom brandslussen på överstas plan (plan 14). Därefter drogs ca 20 meter kabel upp på taket för att mäta utomhustemperaturen vid tillfället, som uppgick till 8 °C. Kabeln drogs därefter tillbaka ner i brandslussen på plan 14 (2 meter) och ner i hisschaktet (45 meter). En illustration av testlayouten redovisas i Figur 4.



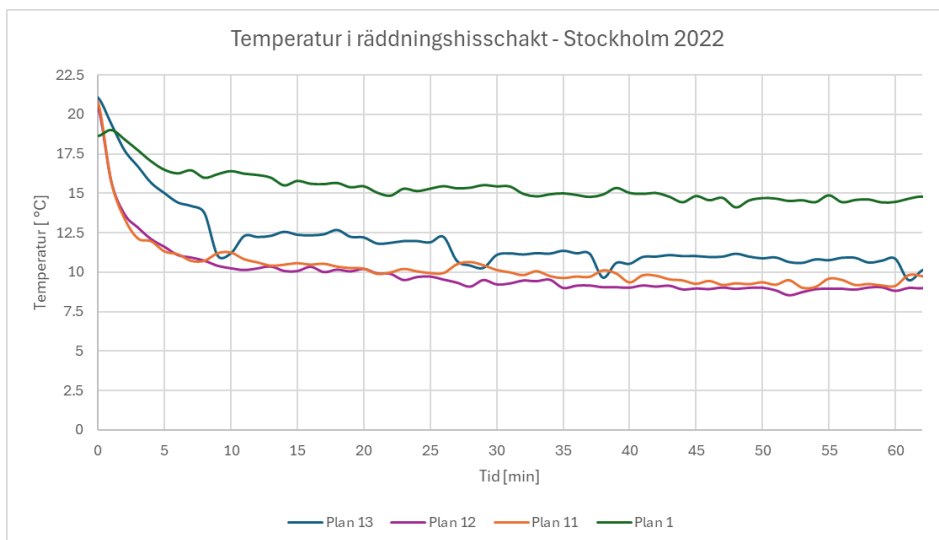
Figur 4. Illustrerar testlayouten.

Uppmätning av temperatur pågick i två timmar varv de initiala och avslutande 30 minuterna utgjorde referensmätning utan aktiverat trycksättningssystem. Resultatet redovisas i Figur 5.



Figur 5. Resultatet från testtillfället. Kabelns längd redovisas i y-axeln och tiden i x-axeln. Observera att enbart 45 meter av kabeln var placerad inom räddningshisschaktet. Trycksättningssystemet var aktivt mellan 0,5 till 1,5 tim.

En mer detaljerad redovisning av temperaturen i räddningshisschaktet redovisas i Figur 6. Observera att redovisad mätdata i figuren enbart inkluderar tid då trycksättningssystemet är aktivt. I datan kan det urskiljas att luftströmmen inte träffar fiberkabeln i de översta planen, utan kallaste uppmätta temperatur erhöles på plan 12. Som Figur 5 och Figur 6 visar sker en initial nedkylning av schaktet där temperaturen snabbt sjunker men sedan minskar nedkylningen över tid och temperaturen stabiliseras.



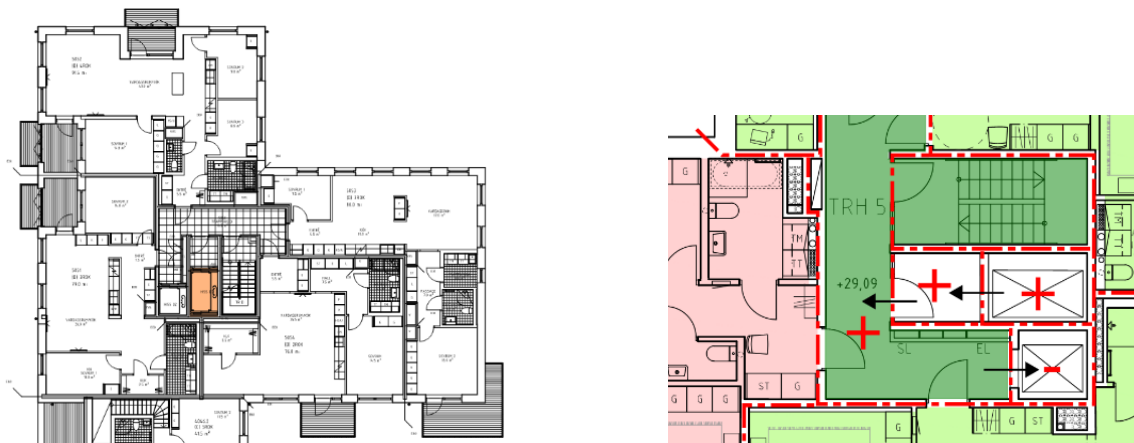
Figur 6. Temperaturmätning vid tre punkter inom räddningshisschaktet vid trycksättning.

I mätdata kan två "pucklar" urskiljas. Den första "temperaturpuckeln" efter 15 minuters provning beror på fel i frekvensomformaren, vilket bröt fläkten i mindre än en minut. Den andra "temperaturpuckeln" efter drygt 30 minuters provning beror på byte av aktiveringsplan, vilket också bröt fläkten i mindre än en minut. På grund av detta gjordes provningen över 64 minuter istället för 60 minuter, för att kompensera för visst driftbortfall. Observera även att temperaturmätningen genomfördes innanför hissfronterna. Detta bedöms vara anledningen till att plan 13 erhåller en kallare temperatur än plan 15, då temperaturmätaren sannolikt låg utanför den primära luftströmmen från fläkten.

Resultaten visar att det sker en snabb initial nedkylning, som sedan mattas av och temperaturbilden stabiliseras. Temperaturen för den kallaste mätpunkten håller sig 12-14 grader över utomhustemperaturen genom hela mätningen.

3.3.4 Göteborg – Vintern 2025

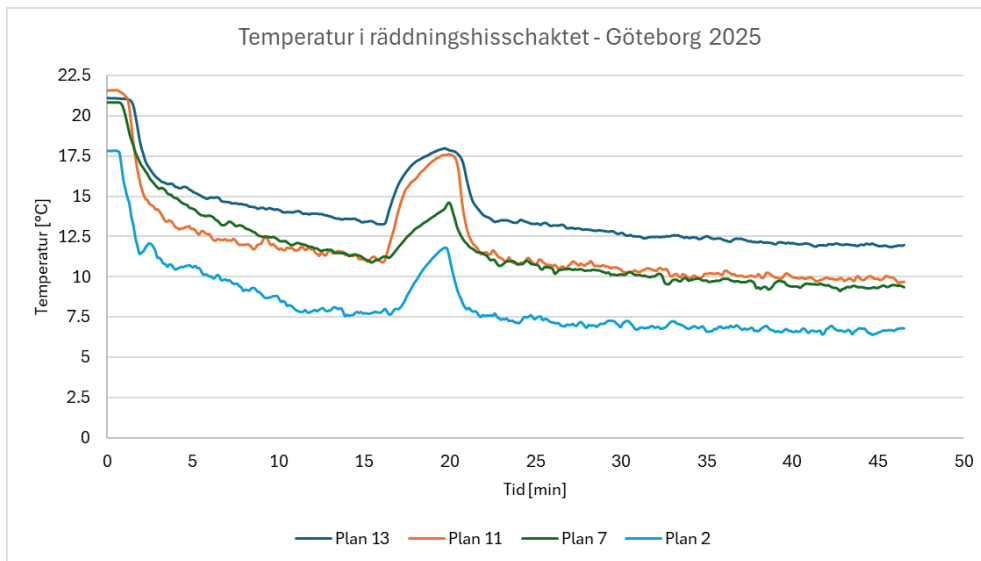
Under vintern 2025 (januari) genomfördes temperaturmätningar i ett flerbostadshus med räddningshiss och Tr2-trapphus som är utfört i 15 plan. Trapphuskärnan bestod av två hissar, en trappa, en brandsluss framför räddningshissen samt ytterligare en korridor utanför lägenheterna/trapphuset. Ett urklipp över trapphuskärnan illustreras i Figur 9 nedan där även tryckförhållanden och flödesriktningar på brandplanet vid aktiverat system redovisas.



Figur 9. Illustrerar trapphuskärnan och tryckförhållanden vid trycksättning i berörd byggnad.

Hisschaktet som utgör räddningshiss är försedd med en trycksättningsfläkt placerad på plan 1 (källarplan) och trycksätter hisschaktet i botten av schaktet. Kanaldragningen mellan det fria och hisschaktet är ca 12–13 meter. Personhissen var försedd med en röklucka i toppen av schaktet (1 m²). Dörr mot brandslussen framför räddningshissen var uppställd på magnet, där enbart dörr på brandplanet stänger vid brand. Trycksättningsfläktarna justerades in vid provtillfället och ett flöde motsvarande 4 m³/s trycktes in i räddningshissen.

Uppmätt utomhustemperatur var vid start av testtillfället 0 °C. Mätning genomfördes med fyra temperaturgivare i räddningshisschaktet som placerades ut på plan 2 (markplan), plan 7, plan 11 och 13 strax innanför hissfronterna. Resultatet från mätningen redovisas i Figur 10.



Figur 10. Redovisar data från testtillfället.

I mätdata kan en "puckel" urskiljas efter ca 18 min från starten temperaturmätningen. "Temperaturpuckeln" beror på byte av aktiveringsplan, vilket också bröt fläkten i 4-5 minuter. Totalt pågick provningen under 46 minuter.

Resultaten visar att det sker en snabb initial nedkylning, som sedan mattas av och temperaturbilden stabiliseras. Temperaturen för den kallaste mätpunkten håller sig 5-6 grader över utomhustemperaturen genom hela mätningen.

3.3.5 Diskussion och slutsatser kring temperaturmätningar

För att undersöka inverkan av systemets komponenter samt risken för att låga temperaturer ska uppkomma i schaktet har faktiska mätningar gjorts i fyra drifttaga trycksättningssystem. I två av de analyserade system var fläkten placerad i toppen av räddningshisschaktet, dvs det enda som värmdes upp luften mellan det fria och schaktet var själva fläkten och väldigt begränsade kanaldelar. I de andra två testerna trycksattes hissachakten från botten där viss uppvärmning av luften sker innan det trycks in i hissachaket, primärt via kanaldragningar inomhus. Mätningarna genomfördes under varierande längd, där exempelvis testet med kallast utomhustemperatur pågick i över 60 minuter.

Den första mätningen genomfördes i Stockholm under vintern 2021 där utomhustemperaturen uppgick till -7 °C. Systemet är inget vanligt trycksättningssystem enligt dagens praxis men nyttjar fläktar och utomhusluft för att brandgasventilera schaktet varpå det fortsatt är intressant att analysera. Testet pågick i ungefär 15 minuter, vilket baserat på de andra testerna innebär att den största temperatursänkningen ska ha erhållits i schaktet. Temperaturmätningen på plan strax ovan inblåset sänktes under denna tidsperiod från 13 till 7 °C. Tilluft till hissfläktarna transporteras genom relativt stora volymer invändigt i byggnaden vilket innebär att luften värms upp och sannolikt är orsaken till den relativt låga temperatursänkningen i hissachaket.

Den andra mätningen genomfördes i Stockholm under våren 2022 där utomhustemperaturen uppgick till 8 °C. Hissachaket trycksattes med en takplacerad fläkt utan invändiga kanaldragningar. I detta test, som pågick under ca 2 h, kan det noteras att temperaturen inom några meter från inblåset närmade sig utomhustemperaturen i slutet av testet (ca 1 °C i differens efter 60 minuters

trycksättning). I testresultatet kan det också urskiljas att hisschaktet snabbt återgår till inomhustemperatur vid avstängd trycksättning.

Den tredje mätningen genomfördes i Göteborg under vintern 2024 där utomhustemperaturen uppgick till mellan ca -10 °C och -12 °C. Även i denna byggnad är trycksättningsfläkten placerad på taket i toppen av räddningshisschaktet, vilket innebär att det i princip enbart är fläkten som värmer upp luften innan den trycks in i schaktet. Testet pågick i över 60 minuter där temperaturen i hisschaktet som lägst var ca 0,5 °C.

Den sista mätningen genomfördes i Göteborg under vintern 2025 där utomhustemperaturen uppgick till ca 0 °C. Trycksättning av hisschaktet gjordes med en fläkt som var placerad i källarplanet med 12–13 meters kanaldragning mellan uteluftsgaller och hisschaktet. Efter 10 minuters trycksättning var temperaturen i nedre delen av schaktet 7,5 °C och efter ytterligare 35 minuter hade temperaturen sjunkit ytterligare en grad, till 6,5 °C.

Vid dimensionering av trycksättningssystem nyttjas normalt konservativa beräkningar av temperaturprofilen i räddningshisschaktet för att ta hänsyn till värsta tänkbara tryckprofil i schaktet. I dessa beräkningar beaktas dock normalt ingen uppvärmning av luften utan utomhustemperaturen ansätts utgöra den lufttemperaturer som blåses in i schaktet. I verkligheten erhålls uppvärmning av luften genom systemet, exempelvis genom kanaler, fläktar, och liknande. Det finns även en uppvärmningseffekt av den termiska trögheten i hisschaktets betongväggar. Beräkningsmodeller som kan nyttjas för att ta fram för temperaturprofiler vid dimensionering av trycksättningssystem, exempelvis från *Trycksättning av trapphus för utrymning - Brandforsk 330-031* [7], visar dessutom på en stor temperaturskillnad i den trycksatta volymen (exempelvis att utomhustemperatur råder vid inblåset men att inomhustemperatur råder på plan längst ifrån inblåset). Temperaturmätningarna enligt ovan visar dock på en mer marginell temperaturskillnad inom den trycksatta volymen där det skiljer ca 6 °C från den kallaste och varmaste delen, vilket i verkligheten alltså ger en relativt jämn tryckprofil över schaktets höjd.

De faktiska mätningarna på plats visar på att en tröghet i både systemet och uppvärmningen av schaktet vilket resulterar i en påtaglig temperaturdifferens mellan utomhusmiljön och räddningshisschaktet. Det kan dessutom noteras att den invändiga och utvändiga temperaturskillnaden ökar desto kallare det är utomhus. I mätningarna kan det urskiljas att den största temperaturreduceringen i hisschakten sker under de första 10 minuterna, därefter minskas temperaturgradienten kraftigt och marginell minskning av temperaturen i schaktet erhålls.

Väggarna runt de hisschakt som temperaturmätningar genomfördes var i samtliga fall av betong, vilket är ett material med låg värmekonduktivitet. Detta är sannolikt en av anledningarna till att temperaturen i hisschaktet snabbt ökar när trycksättningsfläkten stängs av, vilket bland annat kan urskiljas i Figur 5 samt i "pucklarna" i Figur 8 och Figur 10.

I testet med kallast utomhustemperatur (mellan -10 °C och -12 °C) kan det konstateras att det fortsatt är plusgrader i hisschaktet efter 60 minuters trycksättning. Detta med en inblåsningshastighet på 4 m³/s med en fläkt som är utvändigt placerad på toppen av hisschaktet. Det behöver således vara kallare utomhus, eller att luftvolymen i trycksättningssystemet ökas, för att risk för minusgrader ska uppstå i schaktet. Vid dessa temperaturer börjar också de högre energibehoven för fasövergångar spela in, vilket kan medföra en tröghet i nedkylningen av schaktet då luftfuktigheten i hisschaktet ökar när den kalla utomhusluften möter den varmare inomhusluften. Hur mycket kallare det skulle behöva vara utomhus är något som skulle behöva studeras ytterligare för att ge definitiva svar.

Sammantaget kan det konstateras att temperaturdifferensen mellan schakttemperaturen och utomhustemperaturen vid trycksättning skiljer sig mer ju kallare det är utomhus. Detta är rimligt i och med att temperaturdifferensen i schaktväggarna mot inblåsningsluften då också är större.

3.4 Temperaturer i Sverige

Risker kopplat till att räddningshissen, dess komponenter och säkerhetssystem, utsätts för lägre temperaturer än vad som de testas för enligt SS-EN 81-72 föreligger främst under en relativt begränsad del av året. Samtidigt är Sverige ett avlångt land med stora temperaturvariationer mellan olika orter där det är minusgrader i fler dagar i norr än vad det är i söder.

För att undersöka temperaturvariationerna över Sverige har data från SMHI analyserats för fem stora städer; Malmö, Göteborg, Stockholm, Umeå och Luleå. Datan redovisas generellt en gång per timme för varje dygn, med undantag för ett fåtal avvikelser där vissa dagar saknar enskilda timregistreringar. Den totala datan omfattar dock över 143 000 värden varpå avsaknaden av vissa timregistreringar ger begränsat utslag på den totala mängden.

I Tabell 1 redovisas en sammanställning av andel mätvärden som understiger en viss temperatur i respektive analyserad stad.

Tabell 1. Redovisar procentuell andel mätvärden där temperaturen understiger XX °C i fem städer inom Sverige. Omfattar data från SMHI mellan år 2008 och 2024.

Temperatur	Malmö	Göteborg	Stockholm	Umeå	Luleå
< 0 °C	8,07%	11,21%	17,77%	32,36%	37,18%
< -2,5 °C	4,03%	5,76%	9,80%	22,51%	27,74%
< -5 °C	1,71%	2,97%	5,29%	15,72%	20,70%
< -7,5 °C	0,70%	1,39%	2,78%	10,87%	15,38%
< -10 °C	0,26%	0,61%	1,37%	7,30%	11,30%
< -12,5 °C	0,07%	0,18%	0,67%	4,81%	7,77%
< -15 °C	0,02%	0,02%	0,26%	3,09%	5,15%
< -17,5 °C	0,01%	0,00%	0,10%	1,87%	3,30%
< -20 °C	0,01%	0,00%	0,02%	1,04%	1,95%

Den temperatur som rekommenderas vara dimensionerande vid beräkning av trycksättningssystem är 99:e percentilen. Temperaturen som detta motsvarar för den analyserad datamängden i respektive stad redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Redovisar 99:e temperaturpercentilen i fem städer i Sverige. Omfattar data från SMHI mellan år 2008 och 2024.

Malmö	Göteborg	Stockholm	Umeå	Luleå
-6,5 °C	-8,6 °C	-11,1 °C	-20,2 °C	-22,9 °C

3.5 Slutsatser kopplat till identifiering av problembild

Räddningshissar testas för temperaturer mellan 0 och 40/65 °C enligt SS-EN 81-72. Utöver dessa temperaturer tar tillverkare inget ansvar för hissens funktion. Det finns därför osäkerheter kring vad som händer med hissen om minusgrader skulle råda i hisschaktet. Denna osäkerhet förstärks även under intervjuerna med besiktningsmän och tillverkare. De flesta uttrycker det som sannolikt att det kommer finnas en fortsatt funktion på hissen och dess säkerhetsfunktioner även om de utsätts för enstaka minusgrader men i och med att det inte testas av tillverkarna är det inget som kan säga med säkerhet.

Temperaturmätningar vid trycksättning med varierade utomhustemperatur visar en skillnad i temperatur inom hisschaktet och utomhus. Denna skillnad visar sig öka desto kallare det är utomhus samt desto närmare hisschaktstemperaturen kommer 0 °C. Uppvärmningen av luft erhålls genom systemet, tex kanaler, fläktar, osv och den termisk trögheten i hisschaktets betongväggar resulterar i en högre temperatur i schaktet än vad som uppmäts utomhus. I mätningarna kan det även urskiljas att den största temperaturreduceringen i hisschakten sker under de första 10 minuterna, därefter minskas temperaturgradienten kraftigt och marginell temperaturminskning erhålls.

Enligt temperaturdata från SMHI kan det urskiljas att det är stora temperaturskillnader i Sverige. I de södra delarna av Sverige är det ca 10 % av mätvärdena mellan 2008–2024 som understiger 0 °C medan det längst norrut är närmare 40 % av mätvärdena som understiger 0 °C under samma tidsperiod. Temperaturmätningen i hisschakt vid en utomhustemperatur på ca -10 °C visar att det fortsatt är plusgrader inom schaktet även efter lång tids trycksättning. Denna temperatur täcks in i 99:e temperaturpercentilen i Sveriges sydliga delar varpå det är osannolikt att det kommer föreligga någon risk för minusgrader inom hisschaktet vid trycksättning. Detta även med den minst gynnsamma utformningen av ett trycksättningssystem, sett till risken med låga temperaturer i schaktet.

4. IDENTIFIERING AV MÖJLIGA LÖSNINGAR

I intervjuer med brandkonsulter, besiktningsmän och leverantörer lyftes ett antal olika lösningar för att hantera risker kopplat till låga temperaturer i räddningshisschaktet. Frågan lyftes även i referensgruppen där ytterligare lösningar diskuterades. De lösningar som bedöms finnas för att hantera risker kopplat till låga temperaturer i räddningshisschaktet redovisas i korthet nedan.

Problematiken med att kall luft riskerar att påverka hissens funktion innebär att oavsett lösningsförslag som implementeras för att motverka detta så behöver det finnas en åtgärd som säkerställer att trycksättningssystemet tas ur drift om schaktet blir för kallt. För att säkerställa detta föreslås det att räddningshisschaktet förses med en temperaturgivare som stänger av trycksättningsfläkten om temperaturen i schaktet varaktigt (> 60 s) är under $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Temperaturgivaren föreslås att placeras ca två våningsplan från trycksättningens inblås i schaktet. Denna placering är vald baserat på mätningar och beräkningar som visar på att detta sannolikt är den placering som innebär kallast temperatur och alltså blir mest konservativ. Denna åtgärd föreslås alltså oavsett lösning för att upprätthålla plusgrader i hisschaktet, i och med att hissens funktionssäkerhet inte kan garanteras vid låga temperaturer.

I och med att trycksättningssystemet behöver tas ur bruk om för låga temperaturer uppstår i schaktet så påverkar temperaturen trycksättningssystemets funktionssannolikhet. Detta innebär i sin tur att risken för att brandgaser tränger in i hisschaktet påverkas. Olika system kan därför införas som på olika sätt hanterar riskökningen som uppstår. Dessa system kan delas in i (1) system som på olika sätt motverkar att räddningshisschaktet blir kallt eller (2) system som reducerar risken för att brandgaser tränger in i räddningshisschaktet. Systemen redovisas under respektive underrubrik nedan.

4.1 System för att motverka kall luft i hisschaktet

Det finns olika sätt att motverka att luften i räddningshisschaktet blir för kall. De olika strategier som bedömts rimliga att studera vidare i arbetet beskrivs kortfattat nedan.

4.1.1 Uppvärmning av luft via värmekälla

Genom att inblåsningsslufte värms upp innan den når räddningshisschaktet kan det säkerställas att temperaturen inom schaktet är över $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Uppvärmning av luften kan exempelvis genomföras med hjälp av ett värmebatteri eller via ordinarie värmesystem (exempelvis fjärrvärme).

Erfarenhetsmässigt från intervjuerna värms luften normalt till ca $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ vid en dimensionerande utetemperatur.

Uppvärmningen behöver aktiveras av en styrfunktion (temperaturgivare) och den värmekälla som väljs behöver dimensioneras för att hantera temperaturer ned till en viss gräns. Systemet innebär alltså en risk för felfunktion i att (1) temperaturgivare inte fungerar, (2) värmesystem inte fungerar och/eller (3) att utetemperatur understiger dimensionerande temperatur för systemet.

4.1.2 Uppvärmning av luft via kanalsystem

I trycksättningssystem där uteluften leds via ett invändigt kanalsystem innan det når hisschaktet sker en uppvärmning av luften via värmeledning i kanalsystemet. Denna uppvärmning innebär att utomhustemperaturen kan vara lägre innan för låga temperaturer i räddningshisschaktet uppstår vid trycksättning. Det kan alltså sägas vara en passiv, men mindre effektiv, variant av uppvärmningssystemet som beskrivits i avsnitt 4.1.1 ovan. Att systemet är passivt innebär att det inte är något undersystem som behöver aktiveras utan uppvärmning kommer alltid ske om trycksättningssystemet aktiveras.

4.1.3 Trycksättning med luft från en inomhusmiljö

Ytterligare en variant av uppvärmning av luften är att ta luft via en annan inomhusmiljö, i intervjuerna nämns garageluft som exempel, för att trycksätta hisschaktet. På så vis är luften som trycksätter hissen redan tempererad och kalla temperaturer kan undvikas.

Detta system innebär dock att ett nytt riskscenario införs, nämligen att trycksättningssystemet felaktiverar vid brand i utrymmet som luften tas ifrån. Detta skulle kunna innebära att systemet bidrar till omfattande brandgasspridning i byggnaden. På grund av den omfattande konsekvensen av ett sådant fel bedömdes systemet inte lämpligt att utvärdera vidare.

4.1.4 Reduktion av flätkapaciteten vid låg temperatur

En annan lösning som identifierats är att reducera flätkapaciteten på trycksättningsfläkten om temperaturen i schaktet blir för låg. I och med att hisschaktet oftast har betongväggar finns det en inneboende termisk tröghet i konstruktionen. Om luftflödet i schaktet minskar när det blir minusgrader kan det således innebära att temperaturen går upp till plusgrader igen.

För att säkerställa att brandgasspridning ut i schaktet inte sker behöver det säkerställas att det finns ett visst övertryck i räddningshisschaktet även när flätkapaciteten reducerats. Lösningen innebär ett beroende av en styrning via temperaturgivare och i och med att övertrycket i hisschaktet sänks innebär lösningen en lägre skyddsnivå för räddningshisschaktet vid låga utomhustemperaturer.

4.1.5 Push/pull-system där fläkten till räddningshissen stängs av vid låg temperatur

En liknande lösning som den i avsnitt 4.1.4 ovan, är att utforma ett system där den tryckande fläkten i räddningshisschaktet kompletteras med en sugande fläkt i personhisschaktet. Dessa fläktar kan då dimensioneras så att ett visst övertryck hålls i räddningshisschaktet, även om fläkten i det schaktet behöver stängas på grund av låga utomhustemperaturer. Systemet innebär att två (eller fler) tryckstyrda fläktar används för att säkerställa rätt tryckbild i schakten.

Systemet blir beroende av tryckgivare för styrningen av fläktarna samt att dimensioneringen är korrekt i det fall en av fläktarna faller bort. På samma sätt som i avsnittet ovan så innebär även fallet med kall temperatur ett lägre skydd än grundfallet, då endast ett marginellt övertryck i räddningshisschaktet uppnås. En ytterligare faktor är att i fallet med kall temperatur är det avgörande att inte "fel" fläkt fallerar. Vid låga temperaturer stängs alltså fläkten som trycker av för att inte blåsa in kall luft i schaktet. Detta innebär att funktionen hos fläkten som har den sugande funktionen blir avgörande för att upprätthålla tryckbild.

4.2 System för att minska risken för brandgasspridning till hisschaktet

Förutom att minska risken för att luften i räddningshisschaktet blir för kall så kan även andra system som risken för brandgasspridning införas.

4.2.1 Sprinkler

Ett sätt att minska risken för att brandgaser tränger in i räddningshisschaktet är att införa sprinklerskydd i byggnaden. Sprinklerskyddet innebär att risken för omfattande bränder reduceras, vilket i sin tur minskar risken för brandgasspridning till räddningshisschaktet. I ett fall där sprinkler fungerar kommer fortfarande viss rökproduktion ske/ha skett men denna bedöms ge begränsad påverkan på insatsen och säkerheten i räddningshisschaktet.

Sprinklerskyddet innebär även andra positiva aspekter på brandskyddet. Sådana andra aspekter beaktas dock inte i den vidare analysen.

4.2.2 Extra brandceller (exempelvis extra sluss)

Ett annat sätt att minska risken för brandgasspridning till räddningshisschaktet är att införa ytterligare brandcellsgränser mellan verksamheter i byggnaden och schaktet. Detta kan exempelvis vara i form av extra slussar eller liknande. Ytterligare brandcellsgränser innebär en ökad sannolikhet för att någon av brandcellsgränserna upprätthålls vid brand, vilket alltså minskar risken för brandgasspridning till räddningshisschaktet. Vid införandet av en sådan brandcell är det dock viktigt att beakta storleken och säkerställa att en slussfunktion uppfylls, det vill säga slussen har en storlek som innebär att endast en dörr i taget kan förväntas vara öppen.

5. UTVÄRDERING AV MÖJLIGA LÖSNINGAR

För att utvärdera funktion och säkerhetsnivå av respektive lösning som identifierats i föregående avsnitt genomförs riskanalyser där utformningen jämförs med förenklad dimensionering enligt BBR [1]. En tidigare jämförelse genomfördes i SBUF:s rapport 13565 [6] där systemlösningar och teknisk utformning av räddningshissar och trycksättningssystem analyserades. Där fokuserades på hur trycksättning, med ingående komponenter så som strömförsörjningssystem och liknande, kunde motsvara lösningar enligt förenklad dimensionering. I denna rapport är problemställningen liknande, men fokus ligger på att utvärdera utformningar för att hantera risken för låga utomhustemperaturer i trycksättningssystemet. En enklare sammanställning av beräkningarna från SBUF:s rapport 13565 [6] redovisas i avsnitt 4.1 nedan för att ge bakgrund till beräkningarna som genomförs inom ramen för detta projekt.

5.1 Tidigare genomförd riskanalys (SBUF:s rapport 13565)

Under 2018–2020 genomfördes ett arbete för att utreda tekniska lösningar för utformning av räddningshissar, vilket sammanställdes i SBUF:s rapport 13565 "*Tekniska lösningar för utformning av räddningshissar*". I rapporten analyserades regler och kostnader för räddningshissar som utformas enligt standarden SS-EN 81-72. Därutöver var syftet med arbetet var att undersöka vanligt förekommande lösningar för räddningshissar samt att jämföra säkerhetsnivån mellan ett utförande enligt förenklad dimensionering i BBR och ett utförande där slagdörren framför räddningshissens schakt ersätts av övertrycksättning.

För att utreda säkerhetsnivåerna för de olika lösningarna genomfördes en riskanalys genom felträd där risken för brandgasspridning till hisschaktet studerades. För att brandgasspridning ska ske till hisschaktet behöver branden vara tillräckligt stor för att hissens funktion ska påverkas. Därav beaktades exempelvis inte bränder som är begränsad till startobjektet. Därtill behöver dörrar och trycksättningssystem falla för att brandgasspridning ska riskeras till hisschaktet.

Statistiken som nyttjades i jämförelsen kom huvudsakligen från New Zealand Fire Service Commission som 2008 tog fram en omfattande sammanställning av felsannolikheter, inklusive osäkerhetsskattningar, för trycksättningssystem, sprinkler och brandlarm. Datan finns sammanställd i "*Effectiveness of Fire Safety Systems for Use in Quantitative Risk Assessments*" [8]. För felsannolikheten för dörrar nyttjades data från SBUF-projektet "*Trycksättning av trapphus – Risker och möjligheter*" [9] där risker för uppställda dörrar utvärderas i flerbostadshus och kontorsbyggnader.

I rapporten framgår det av de inledande beräkningarna att räddningshissar utformade enligt allmänna råd i BBR normalt har högre tillförlitlighet än lösningar där slagdörren framför räddningshissen ersätts av övertrycksättning av hisschaktet. I rapporten analyseras därför kompletterande åtgärder för att förbättra tillförlitligheten på trycksättningssystemet. Där konstateras att risk för fel i kraftmatning till trycksättningsfläkten är så pass låg att sekundärkraft inte ger en nämnvärd förhöjning i skyddet. En åtgärd som har större effekt är redundant styrning av trycksättningssystemet genom att räddningspersonal ges möjlighet till att manuell aktivera systemet, exempelvis via ett "1-0-auto" vred.

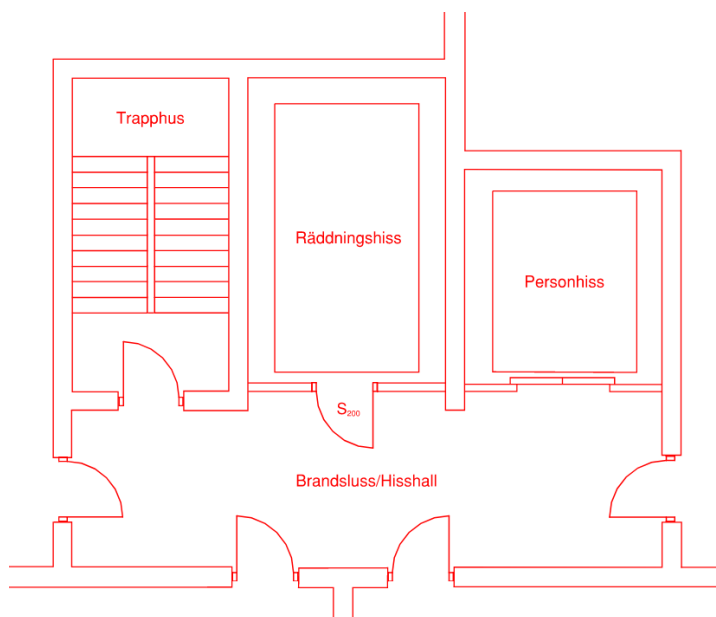
Statistiken som nyttjades i beräkningarna är i huvudsak baserad på förutsättningar i Nya Zeeland, med undantaget för dörrar vars felsannolikhet baserades på fältförsök i Sverige. Då resultatet i stort baserades på en jämförelse mellan en dörr och trycksättningssystemets felfunktion blir detta en avgörande faktor. I Sverige testas och kontrolleras system och installationer i byggnaden i samband med idrifttagande samt utmed byggnadens livslängd, vilket kan avvika från hur det sker i

Nya Zeeland. Detta tydliggörs av statistiken i "Effectiveness of Fire Safety Systems for Use in Quantitative Risk Assessments" [8] där risk för en fallerad dörr uppgår till 19 % (med PERT-osäkerhetsfördelning min 0,020, max 0,33), vilket kan jämföras med de 1,1-10 % som presenteras i "Trycksättning av trapphus – Risker och möjligheter" [9]. I Sverige finns begränsat med underlag för nationella felsannolikheter på trycksättningssystem, vilket gör att underlag från andra nationer behöver nyttjas. Att blanda felfrekvenserna mellan olika nationer skulle dock kunna ge en felaktig skattning av risken, då både byggregler och kontrollprocessen ser olika ut. De fortsatta beräkningarna kommer därför helt utgå från statistikunderlaget i "Effectiveness of Fire Safety Systems for Use in Quantitative Risk Assessments" [8]. Det kan dock konstateras att detta sannolikt innebär att funktionen hos trycksättningssystem och dörrar underskattas i förhållande till svenska byggnader.

5.2 Utformning av byggnad med räddningshiss

I SBUF:s rapport 13565 [6] redovisas systemlösningar och teknisk utformning av räddningshissar och trycksättningssystem. I denna rapport presenteras därför dessa enbart kortfattat med information som är relevant för den fortsatta analysen. Om läsaren vill ha mer information eller detaljer kopplat till dessa systemlösningar så hänvisas till den tidigare rapporten.

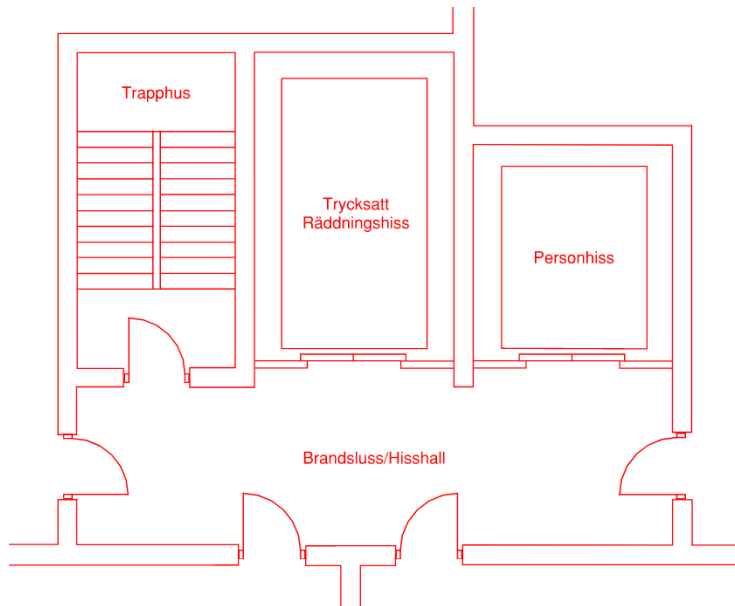
Enligt förenklad dimensionering i BBR [1] ska en brandsluss upprättas mellan en räddningshiss och anslutande lokaler. Det innebär att två slagdörrar erfordras mellan de anslutande utrymmena och räddningshissen. En layout av en utformning enligt förenklad dimensionering kan urskiljas i Figur 11.



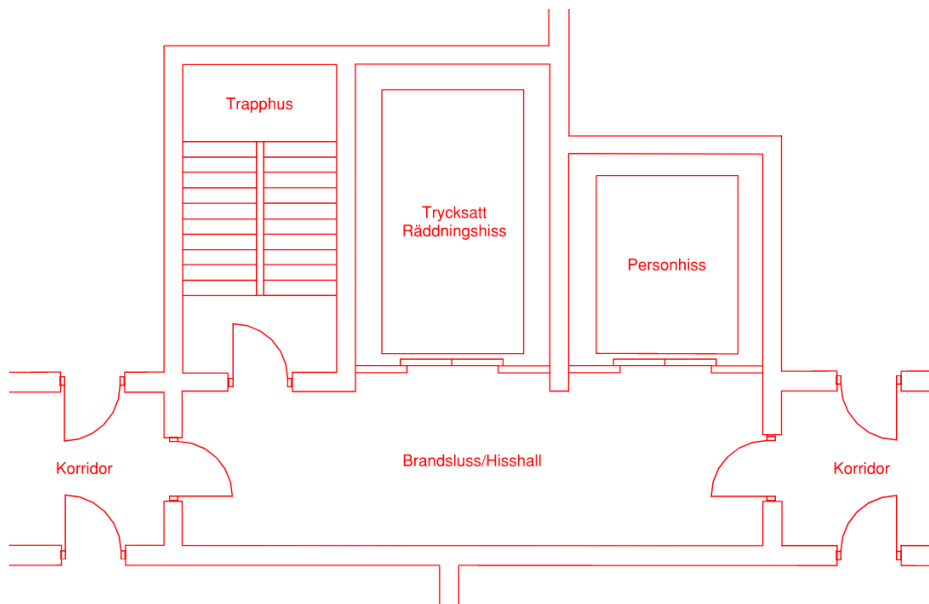
Figur 11. Illustration av en utformning enligt förenklad dimensionering.

För att få en ökad funktionalitet i byggnaden ersätts normalt slagdörren framför räddningshissen med brandklassade hissfronter i kombination med trycksättning av hisschaktet. Exempel på utformningar av denna typ redovisas i Figur 12, Figur 13 och Figur 14. För att trycksättningssystemet ska fungera och kunna generera ett övertryck över hissfronterna behöver ett anslutande utrymme mot brandslussen tryckavlastas. Det kan exempelvis säkerställas genom att ett anslutande schakt öppnas upp mot fria, exempelvis genom en lucka i toppen på personhissen.

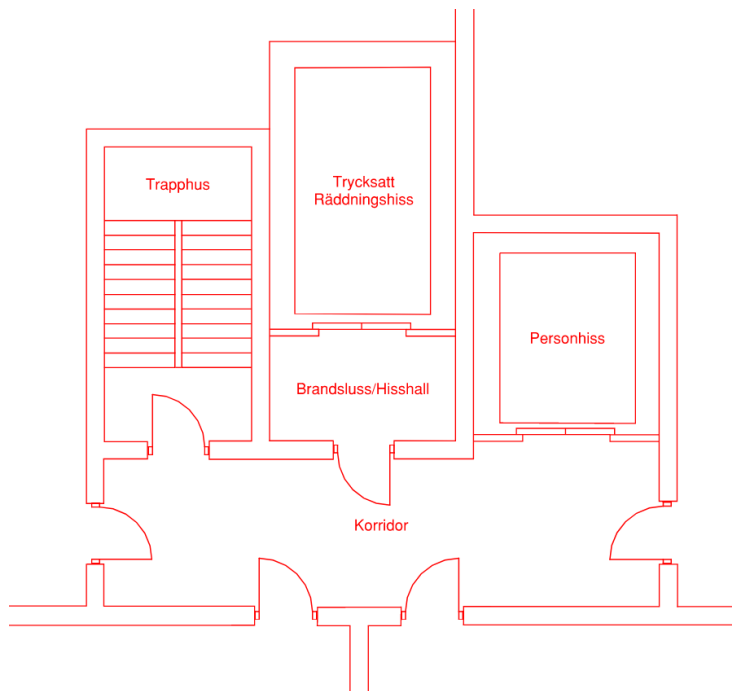
Undertrycket kan även skapas mekaniskt via en fläkt som exempelvis sätter personhisschaktet i undertryck.



Figur 12. Illustration av en utformning där trycksättning ersätter slagdörren framför räddningshissen.



Figur 13. Illustration av en utformning där trycksättning ersätter slagdörren framför räddningshissen.



Figur 14. Illustration av en utformning där trycksättning ersätter slagdörren framför räddningshissen.

Här kan det noteras att utformningarna i Figur 12 och Figur 13 är de vanligast förekommande vid analytisk dimensionering och därför även de lösningar som analyseras vidare i denna rapport.

5.3 Kvantitativ riskanalys

För att utvärdera säkerhetsnivån kopplat till de olika lösningarna för att hantera risken för att inte få minusgrader i räddningshisschaktet vid låga utomhustemperaturer vid trycksättning genomförs en kvantitativ riskanalys genom felträd.

Felträd är en metod för att beräkna felsannolikheter av kombinerade händelser. I ett felträd analyseras risken för att ett fel inträffar där felet normal representeras av en så kallad topphändelse. Sannolikheten för att topphändelsen inträffar beräknas genom att sannolikheten för olika grundorsaker till fel analyseras och kombineras. Grundorsakerna kan kombineras antingen genom addition, om varje fel i sig innebär att topphändelsen inträffar, eller multiplikation, om flera grundhändelser behöver inträffa samtidigt för att topphändelsen ska inträffa. För vidare beskrivning av felträdsanalys hänvisas till *Handbok för riskanalys* som getts ut av Räddningsverket [10].

Ingångsvärdet är att bygga vidare på de beräkningar som genomfördes i den tidigare utförda riskanalysen [6], med följande förändringar och förenklingar:

- I tidigare rapport [6] beaktades storleken på en brand för att utreda sannolikheten fram brandgasspridning till räddningshisschaktet. Denna risk är samtidigt lika stor i både fallet enligt förenklad dimensionering samt fallet med trycksättning. För aktuell jämförelse av säkerhetsnivå ger således inte storleken på brand någon effekt och beaktas därför inte vidare. Undantaget gäller dock i byggnader som kompletterats med ett automatiskt vattensprinklersystem, där ett fungerande system kan begränsa, och i många fall släcka, en brand vilket minskar påfrestningen mot räddningshisschaktet. Skyddet som erhålls av det automatiska vattensprinklersystemet beaktas i beräkningarna, där detta är relevant.

- Statistik för trycksättningssystemet och de tekniska systemen tas i sin helhet från "Effectiveness of Fire Safety Systems for Use in Quantitative Risk Assessments" [8] för att erhålla en likvärdig skattning av felfrekvenserna. Se även förklaring i avsnitt 4.1.
- Då tillägget i aktuellt fall utgörs av risken för låga utomhustemperaturer som leder till minusgrader i hisschaktet beaktas enbart felsannolikheten enligt det förväntade värdet i statistikunderlaget. Beräkningar för osäkerhetsfördelningen bedöms vara tillräckligt analyserat i [6].
- I den tidigare SBUF rapporten [6] analyserades risk för att räddningshissen skulle bli obrukbar, vilket innefattade att även kraftmatning av själva hissen beaktades. I aktuellt fall analyseras enbart skyddssystemen (dörr samt trycksättning) och därav risk för brandspridning till hisschaktet. Hissens kraftmatning analyseras därför inte vidare i denna rapport.

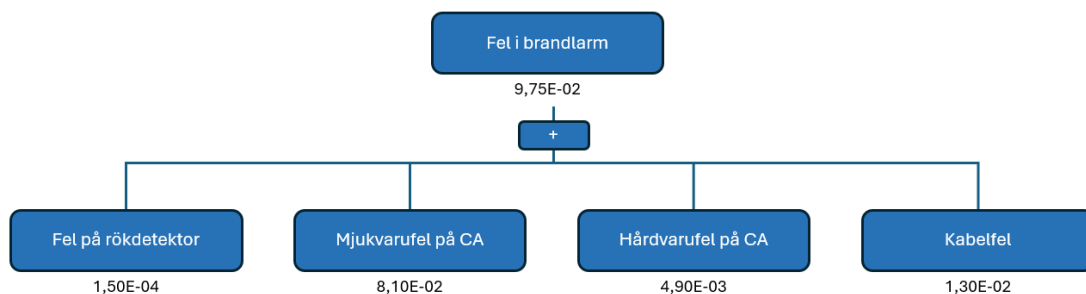
5.3.1 Generell indata

Statistiken som nyttjas i beräkningarna är hämtade från "Effectiveness of Fire Safety Systems for Use in Quantitative Risk Assessments" [8]. Underlaget är en litteraturstudie som sammanställer statistik från flertalet källor samt genomför felträdsanalyser för att utvärdera funktionen av olika system i byggnader. I tabellen nedan presenteras en sammanställning av den indata som kommer användas i de fortsatta beräkningarna.

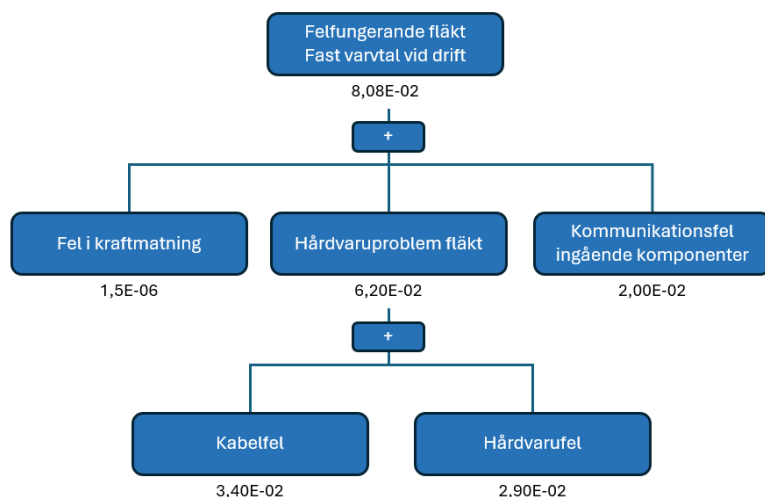
Tabell 3. Sannolikheter för felfunktioner för olika brandtekniska system i analysen.

Typ	Felfunktion	Felsannolikhet (förväntat värde)
Brandlarm	Fel på rökdetektor	$1,50 \times 10^{-4}$
	Kabelfel	$1,30 \times 10^{-2}$
	Hårdvarufel Brandlarmscentral	$4,90 \times 10^{-3}$
	Mjukvarufel Brandlarmscentral	$8,10 \times 10^{-2}$
Trycksättningsfläkt	Hårdvarufel Fläkt	$2,90 \times 10^{-2}$
	Fel i kraftmatning	$1,50 \times 10^{-6}$
	Kabelfel Fläkt	$3,40 \times 10^{-2}$
	Kommunikationsförlust mellan ingående komponenter	$2,00 \times 10^{-2}$
	Kabel-, relä- och styrfel Tryckstyrning	$6,66 \times 10^{-2}$
	Hårdvarufel Frekvensomvandlare	$2,40 \times 10^{-2}$
	Hårdvarufel Tryckstyrning	$5,60 \times 10^{-2}$
Brandgaslucka	Hårdvarufel Lucka	$7,90 \times 10^{-2}$
	Kabelfel	$1,30 \times 10^{-2}$
	Motorfel	$2,40 \times 10^{-2}$
Dörrar	Slagen/otät/felaktigt monterad dörr	$7,20 \times 10^{-2}$
	Hårdvarufel	$1,30 \times 10^{-1}$
Sprinkler	Bostad	$1,00 \times 10^{-1}$
	Kontor	$5,00 \times 10^{-2}$

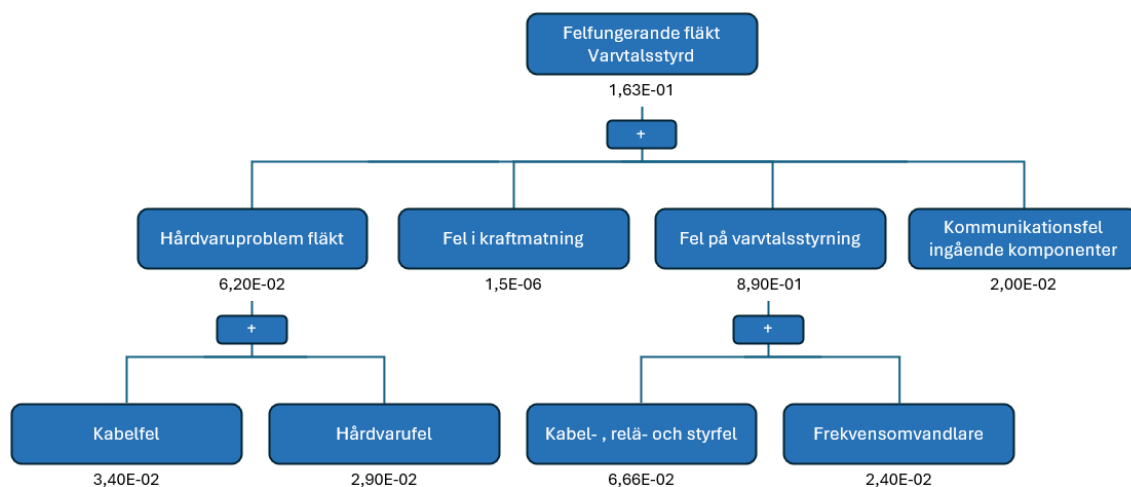
För att förenkla den fortsatta hanteringen av felfunktioner genomförs beräkningar av underträd för de generella och återkommande parametrarna, som exempelvis system för brandlarm, trycksättningsfläkt, brandgaslucka och dörrar. I fortsatta avsnitt används i stället "Fel i brandlarm", "Felfungerande fläkt", "Felfungerande lucka" och "Fel på dörr" som grundfel.



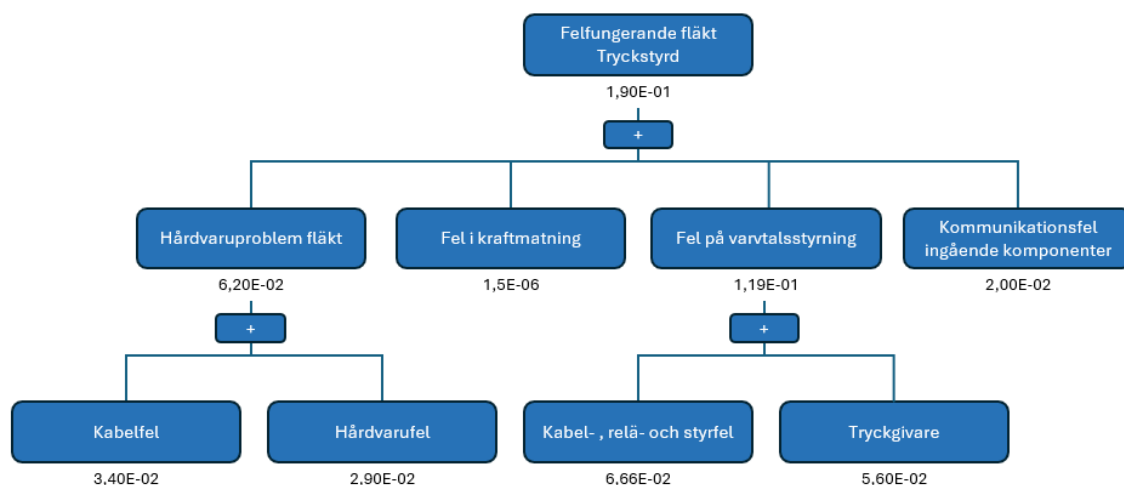
Figur 15. Underträd för fel i brandlarmsystemet. CA står för Centralaparat.



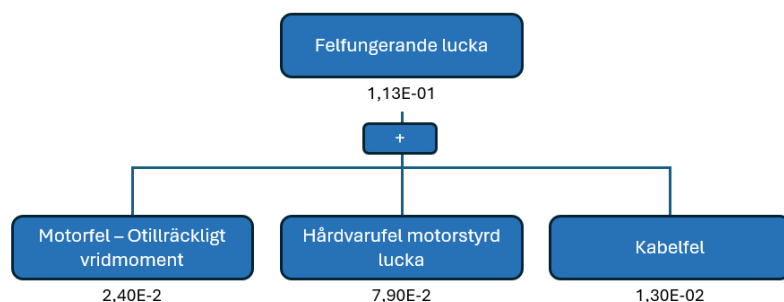
Figur 16. Underträd för felfungerande fläkt med fast varvtal vid drift.



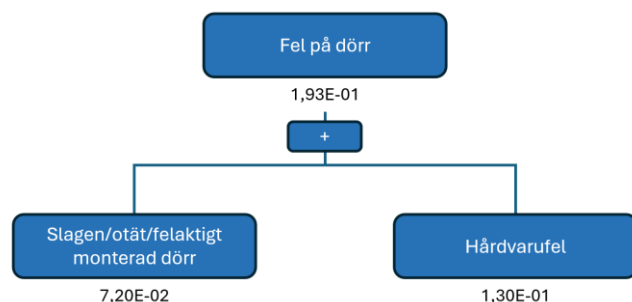
Figur 17. Underträd för fel i varvtalsstyrd fläkt.



Figur 18. Underträd för felfungerande fläkt med tryckstyrning.



Figur 19. Underträd för fel på lucka.



Figur 20. Underträd för fel på dörr.

Ovanstående felträd har utgjort grunden för felfunktioner som använts vid beräkningarna som redovisas i avsnitt 5.3.3.

5.3.2 Sannolikhet för minusgrader i räddningshisschakt

I den testdata som redovisas i avsnitt 2.3 kan det urskiljas att det finns en tydlig tröghet i nedkylningen av räddningshisschaktet vid låga utomhustemperaturer. Trögheten erhålls både från själva trycksättningssystemet och betongkonstruktionen i schaktet vilket resulterar i en påtaglig temperaturdifferens mellan utomhusmiljön och räddningshisschaktet. Det kan dessutom noteras att

den invändiga och utvändiga temperaturskillnaden ökar desto kallare det är utomhus. I mätningarna kan det urskiljas att den största temperaturreduceringen i hisschakten sker under de första 10 minuterna, därefter minskas temperaturgradienten kraftigt och en mer marginell minskning av temperaturen i schaktet erhålls. I testet med kallast utomhustemperatur (mellan -10 °C och -12 °C) kan det konstateras att det fortsatt är plusgrader i hisschaktet efter 60 minuters trycksättning. Detta med en inblåsningshastighet på 4 m³/s med en fläkt som är utvändigt placerad på toppen av hisschaktet. Det behöver således vara kallare utomhus, eller att trycksättningsvolymen ökas, för att risk för minusgrader ska riskeras i schaktet.

I de fortsatta beräkningarna ansätts trycksättning, via fläkt placerad direkt mot schaktet, med en utomhustemperatur om -8 °C kunna riskera orsaka minusgrader i räddningshisschaktet. Värdet bedöms både beakta osäkerheter i data samt att trycksättning av hisschaktet kan ske med en högre luftvolym. Här bör det dock observeras att vid betydligt högre trycksättningsvolym än 4 m³/s kan giltigheten i detta antagande behöva ses över. Statistiskt för att temperaturen ska understiga -8 °C i de orter som analyserats i avsnitt 2.5 redovisas i Tabell 4.

Tabell 4. Sammanställning av sannolikhet för att temperaturen understiger -8 °C i analyserade orter. Omfattar data från SMHI mellan år 2008 och 2024.

Ort	Sannolikhet
Malmö	0,57 %
Göteborg	1,18 %
Stockholm	2,43 %
Umeå	10,11 %
Luleå	14,47 %

I system där trycksättningsfläkten kanalansluts till hisschaktet kommer ytterligare uppvärmning av utomhusluften ske innan den når in i hisschaktet. För att utreda temperaturökningen i kanalsystemet nyttas Paroc Calculus som är baserad på ISO 12241:2022 [11]. Beräkningarna genomförs för ett system med horisontella spirokanaler som har 630 mm i diameter och ansätts vara 10, 20 respektive 30 meter långa. Utomhustemperaturen och flödet varierar mellan -5, -10 och -15 °C respektive 3, 4 och 5 m³/s. Resultatet av beräkningarna framgår av Tabell 5.

Tabell 5. Sammanställning av beräkningar för temperaturökningen i kanalsystem.

Flöde [m ³ /s]	Kanallängd [m] – 630Ø kanal								
	10	20	30	10	20	30	10	20	30
3	1,0 °C	1,9 °C	2,8 °C	1,2 °C	2,3 °C	3,4 °C	1,4 °C	2,8 °C	4,1 °C
4	0,7 °C	1,4 °C	2,1 °C	0,9 °C	1,8 °C	2,6 °C	1,1 °C	2,1 °C	3,1 °C
5	0,6 °C	1,2 °C	1,7 °C	0,7 °C	1,4 °C	2,1 °C	0,9 °C	1,7 °C	2,5 °C
	-5 °C utomhus 20 °C inomhus			-10 °C utomhus 20 °C inomhus			-15 °C utomhus 20 °C inomhus		

Temperaturökningen i kanalsystem kommer behöva beräknas för respektive fall, men som exempel ger ett 20 meter långt kanalsystem en temperaturdifferens om 2,0 °C vid ett flöde på 3,5 m³/s och

–10 °C utomhus. Med den layouten kan plusgrader fortsatt förväntas i hisschaktet och felsannolikheten kan beräknas utifrån –10 °C, istället för –8 °C. Sannolikhet för att utomhustemperaturen ska understiga –10 °C redovisas i Tabell 6 nedan.

Tabell 6. Sammanställning av sannolikhet för att temperaturen understiger -10 °C i analyserade orter. Omfattar data från SMHI mellan år 2008 och 2024.

Ort	Sannolikhet
Malmö	0,26 %
Göteborg	0,61 %
Stockholm	1,37 %
Umeå	7,30 %
Luleå	11,30 %

5.3.3 Felträdsberäkningar

I avsnitt 4.2 redovisas ett antal fall och layouter för hur trapphus-/hisskärnor normalt utformas. Figurerna illustrerar både hur dessa kan se ut utifrån en utformning enligt krav från förenklad dimensionering i BBR samt där trycksättningssystem ersätter slagdörren framför räddningshissen. De fortsatta beräkningarna baseras på dessa layouter. I Tabell 7 sammanställs de händelser som behöver inträffa för att brandgasspridning ska riskeras till räddningshisschaktet.

Tabell 7. Fel som behöver inträffa för att brandgasspridning ska riskeras till hisschakt.

<i>FD - Förenklad dimensionering (exempel redovisas i Figur 11)</i>	<i>AD 1 – Övertrycksättning istället för dörr (exempel redovisas i Figur 12)</i>	<i>AD 2 – Extra dörr mellan hiss och intilliggande lokal (exempel redovisas i Figur 13 eller Figur 14)</i>
a) Fel på dörr mot brandrum b) Fel på dörr mot hiss	a) Fallerat eller avsaknad av sprinklersystem b) Fel på dörr mot brandrum c) Fel i tryckssättningssystem	a) Fallerat eller avsaknad av sprinklersystem b) Fel på dörr mot brandrum c) Fel på dörr mot hisshall d) Fel i tryckssättningssystem

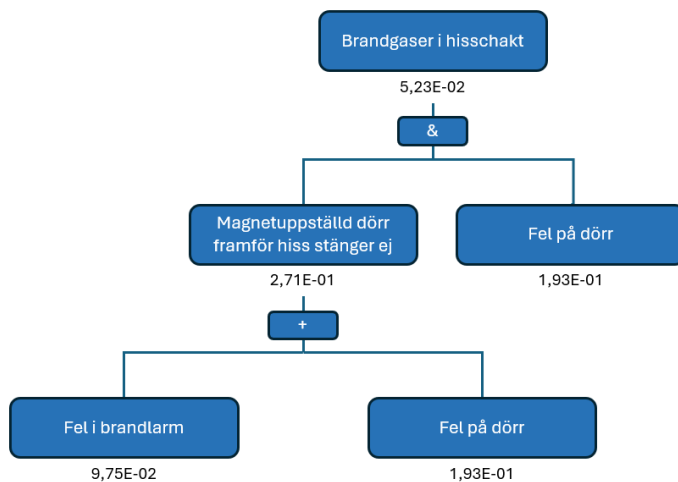
I FD samt AD 2 förutsätts dörr mot hiss/hiss hall vara uppställda på magnet kopplat till brandlarmet, i enighet med de resonemang som fördes i den tidigare rapporten [6].

Beroende på verksamhet kan utformning av dörrarna se olika ut. Exempelvis skulle bostäder enligt AD 1 kunna utföras med freeswing på lägenhetsdörrarna. Det medför en minskad risk för att dörren ska lämnas öppen, i och med att lägenhetsinnehavaren manuellt kan stänga dörren efter sig och dörrstängaren sannolikt fungerar i de fall detta inte sker. I [6] ansätts sannolikheten för att en utrymmande person i bostadsmiljö stänger lägenhetsdörren efter att den passerats till 90 % (± 5 %), dvs i enbart 1 av 10 fall riskerar den lämnas öppen. Vid senare dialoger med personal från räddningstjänsten samt restvärdesledare har denna siffra istället uppskattats till 50 %. Det finns med andra ord stora osäkerheter i värdet. Aktuell felträdsanalys utgör en jämförelse mellan förenklad dimensionering samt utformningen med övertrycksättning där en högre sannolikhet för att dörren stängs av de utrymmande minskar risken för brandgasspridning till hisschaktet. I fortsatta beräkningarna nyttjas därför det lägre värdet då det ger mer konservativa utfall, vilket är det senaste erhållna värdet om 50 % för sannolikheten att utrymmande personer stänger lägenhetsdörren efter sig.

5.3.3.1 Felträdsanalyser utan beaktande av åtgärder för hantering låga temperaturer vid trycksättning

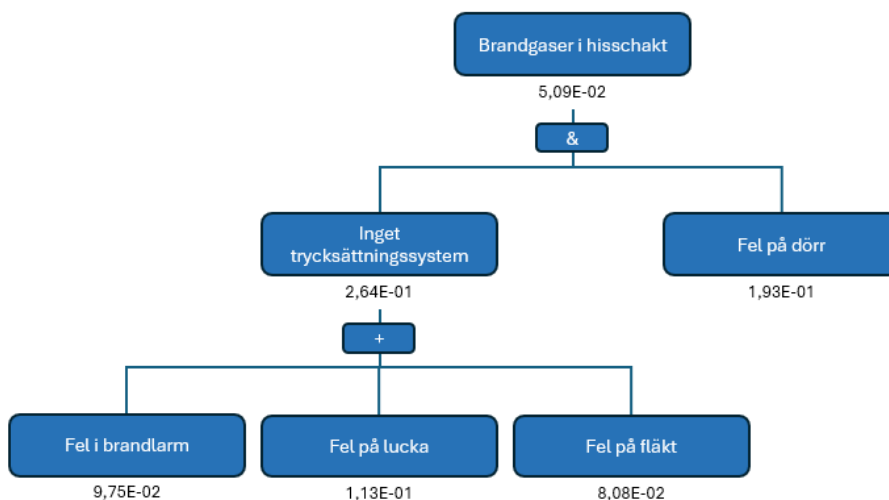
Som inledande felträdsanalys genomförs beräkningar för de olika fallen utan beaktande av åtgärderna för att hantera låga temperaturer vid trycksättning, utan dessa introduceras i kommande avsnitt.

För att erhålla en jämförbar nivå genomförs först beräkningar på fallet enligt förenklad dimensionering (FD).

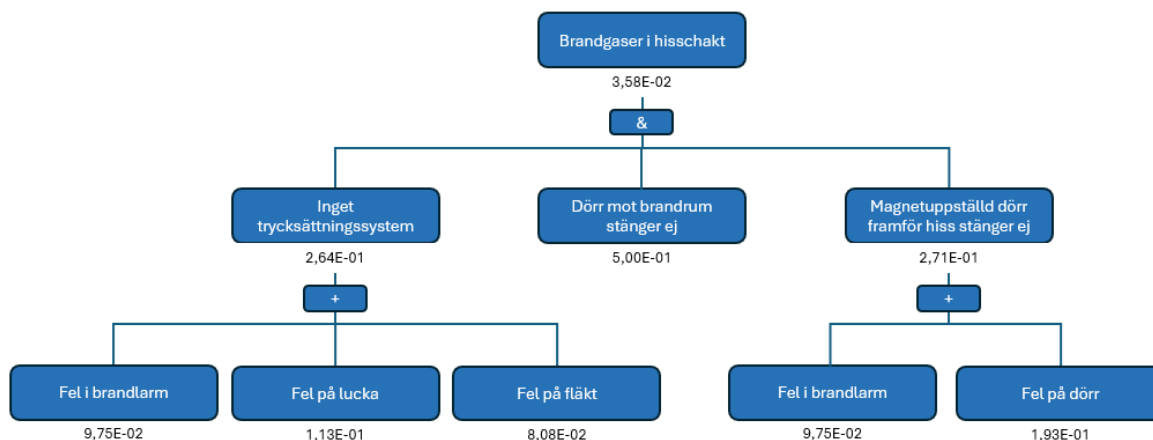


Figur 21. Felträd för FD – förenklad dimensionering.

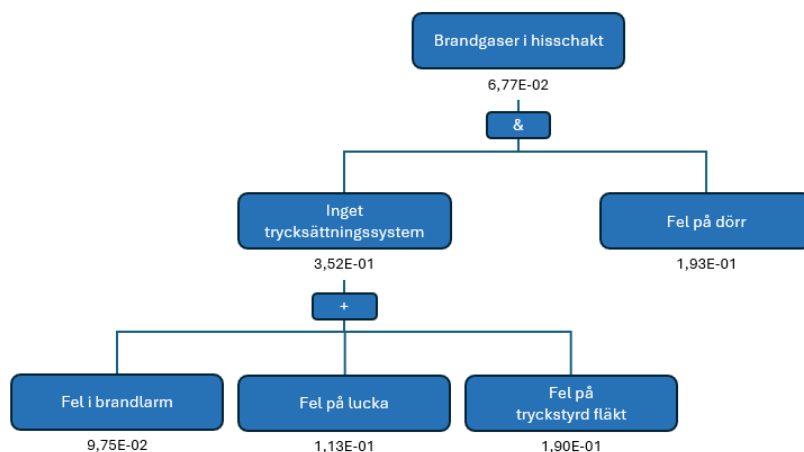
Trycksättningssystemen i AD 1 och 2 kan variera vilket också gör att felsannolikheten är olika. Nedan redovisas två exempel: ett där räddningshisschaktet trycksätts med fläkt med fast varvtal vid drift där luften evakueras via en lucka i toppen på personhisschaktet samt ett där trycksättning sker via en tryckstyd där luften evakueras via en lucka i toppen på personhisschaktet. Beräkning av felträd för fallen med fläkt med fast varvtal vid drift redovisas i Figur 22 och Figur 23 medan beräkning av felträd med den tryckstyrda fläkten redovisas i Figur 24 och Figur 25. AD 1 utgår från en kontorsverksamhet där dörr mot lokalen är utförd med dörrstängare medan AD 2 utgår från att dörr mot lägenhet är utförd utan dörrstängare.



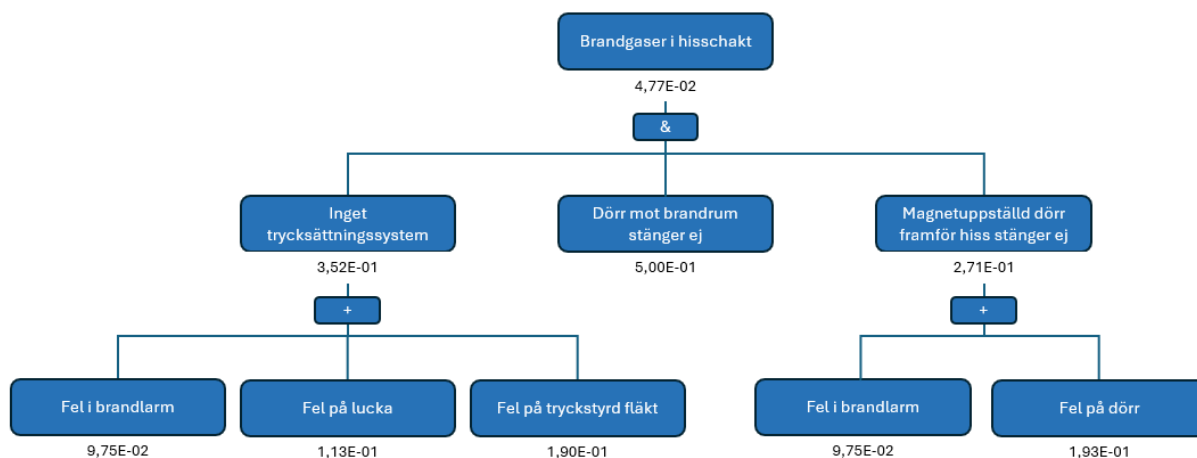
Figur 22. Felträd för AD 1 vid trycksättning med fläkt med fast varvtal vid drift där luften evakueras via lucka i toppen på personhissen.



Figur 23. Felträd för AD 2 vid trycksättning med fläkt med fast varvtal vid drift där luften evakueras via lucka i toppen på personhissen.



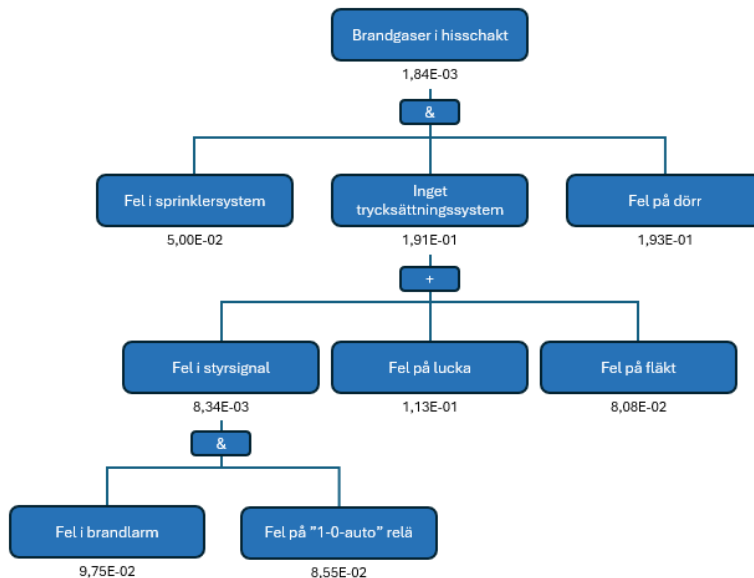
Figur 24. Felträd för AD 1 vid trycksättning med tryckstyrd fläkt.



Figur 25. Felträd för AD 2 vid trycksättning med tryckstyrd fläkt.

I den tidigare riskanalysen [6] redovisas åtgärder för att minska felfrekvensen i trycksättningssystemet. En av åtgärderna är att tillskapa en manuell aktivering av trycksättningssystemet genom relä (1-0-auto) vilket ökar sannolikheten för att systemet erhåller en

aktiveringssignal. I [6] antas att relät har motsvarande felsannolikhet som en brandlarmscentral. Om relät installeras i ett system inom en byggnad där lokalerna skyddas av ett automatiskt vattensprinklersystem kan felträdet se ut enligt Figur 26. Observera att beräkningarna utgår från förutsättningarna enligt Figur 22.



Figur 26. Felträd för AD 1 vid trycksättning med fläkt med fast varvtal vid drift där luften evakueras via lucka i toppen på personhissen. Trycksättningssystemet förses med manuellt aktiverings relä och byggnaden är utförd med ett automatiskt vattensprinklersystem.

I tabellen redovisas en sammanställning av risken för brandgaser i hisschaktet beroende på systemuppbyggnad samt tekniska system. Värdena tilldelas även en färgsättning för att tydliggöra förhållandet gentemot lösningen enligt förenklad dimensionering där rött innebär att felfrekvensen är högre än förenklad dimensionering medan grönt innebär att felfrekvensen är lägre.

Tabell 8. Sammanställning av beräkning för risk för brandgasspridning till räddningshisschakt.

	AD 1	AD 2
Förenklad dimensionering	5,23E-02	
Trycksättning med fast varvtal vid drift	5,09E-02	3,58E-02
Trycksättning med fast varvtal vid drift inkl. manuellt styrrelä	3,68E-02	2,60E-02
Trycksättning med fast varvtal vid drift i sprinklad byggnad	2,54E-03	3,58E-03
Trycksättning med tryckstyrd fläkt	6,77E-02	4,77E-02
Trycksättning med tryckstyrd fläkt inkl. manuellt styrrelä	5,54E-02	3,90E-02
Trycksättning med tryckstyrd fläkt i sprinklad byggnad	6,77E-03	4,77E-03

Här bör det även noteras att termiken i ett avstängt system med en öppen lucka i personhisschaktet innebär att ett visst övertryck upprätthålls för räddningshisschaktet. Dessa övertryck bedöms dock inte vara tillräckliga för att förhindra brandgasspridning till räddningshisschaktet i det dimensionerande fallet.

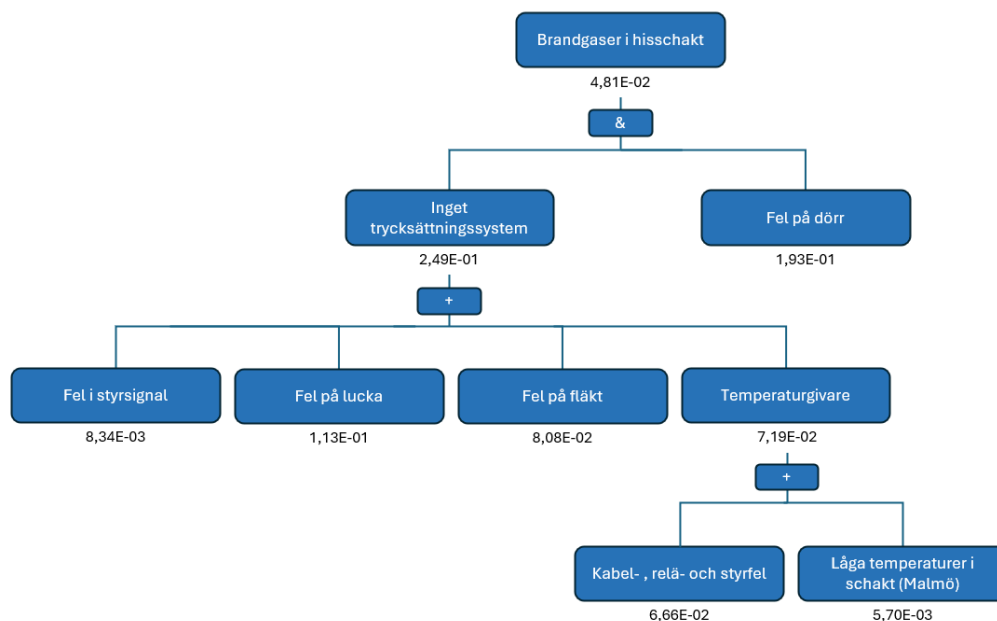
5.3.3.2 Felträdsanalyser med beaktande av åtgärder för hantering låga temperaturer vid trycksättning

I avsnitt 4.1 redovisas olika lösningar för att hantera risker kopplat till låga temperaturer i räddningshisschaktet. När dessa introduceras som en del av trycksättningssystemet ökar risken för fel någonstans i kedjan. För att utvärdera om åtgärderna kan resultera i att risken för brandgasspridning till hisschaktet är högre än vad som erhålls i en lösning enligt förenklad dimensionering kompletteras beräkningarna i avsnitt 5.3.3.1.

Avstängning av trycksättningsfläkt vid låg temperatur

Som redovisat i kapitel 0 föreslås att en temperaturgivare installeras i hisschaktet som stänger av trycksättningsfläkten om temperaturen varaktigt (> 60 s) understiger under 0°C . Denna åtgärd föreslås implementeras för att säkerställa att trycksättningssystemet tas ur drift om schaktet blir för kallt.

I avsnitt 5.3.2 redovisas vilken utomhustemperatur som krävs för att minusgrader ska riskeras i hisschaktet ($< -8^{\circ}\text{C}$). I samma avsnitt presenteras också statistik för hur sannolikt det är att temperaturen ska understiga -8°C i fem städer i Sverige, exempelvis 0,57 % i Malmö. Introduceras risken för att trycksättningssystemet ska stängas av i Malmö till felträdet som redovisas i Figur 22 erhålls resultat enligt Figur 27. I beräkningen antas temperaturgivaren ha motsvarande felfunktion som styr-, kabel och relä i system för en tryckstyrd fläkt. Beräkningen utgår även från att det manuella styrrelät för aktivering av trycksättningssystemet finns installerat.



Figur 27. Felträd för sannolikhet för brandgaser i hisschakt vid beaktande av temperaturgivare som bryter fläkten vid låga temperaturer i hisschaktet. Beräkningarna är genomförda för Malmö.

I tabellen redovisas en sammanställning av risken för brandgaser i hisschaktet i de fem analyserade städerna där risk för att trycksättningssystemet stängs av vid låga temperaturer i schaktet beaktas. Observera att beräkningarna enbart utgår från ett system med fläkt med fast varvtal vid drift samt med lucka ovan personhissen. Beräkningarna förutsätter även att det manuella styrrelät finns installerat. Värdena tilldelas även en färgsättning för att tydliggöra förhållandet gentemot lösningen enligt förenklad dimensionering där rött innebär att felfrekvensen är högre än förenklad dimensionering medan grönt innebär att felfrekvensen är lägre. I beräkningarna för AD 1

introduceras även det manuella styrrelät för aktivering av trycksättningssystemet samt felfrekvens i byggnad med sprinkler.

Tabell 9. Risk för brandgasspridning i olika städer utifrån att trycksättningsfläkt stängs av vid temperaturer under -8 °C. Observera att beräkningarna enbart utgår från ett system med fläkt med fast varvtal vid drift samt med lucka ovan personhissen.

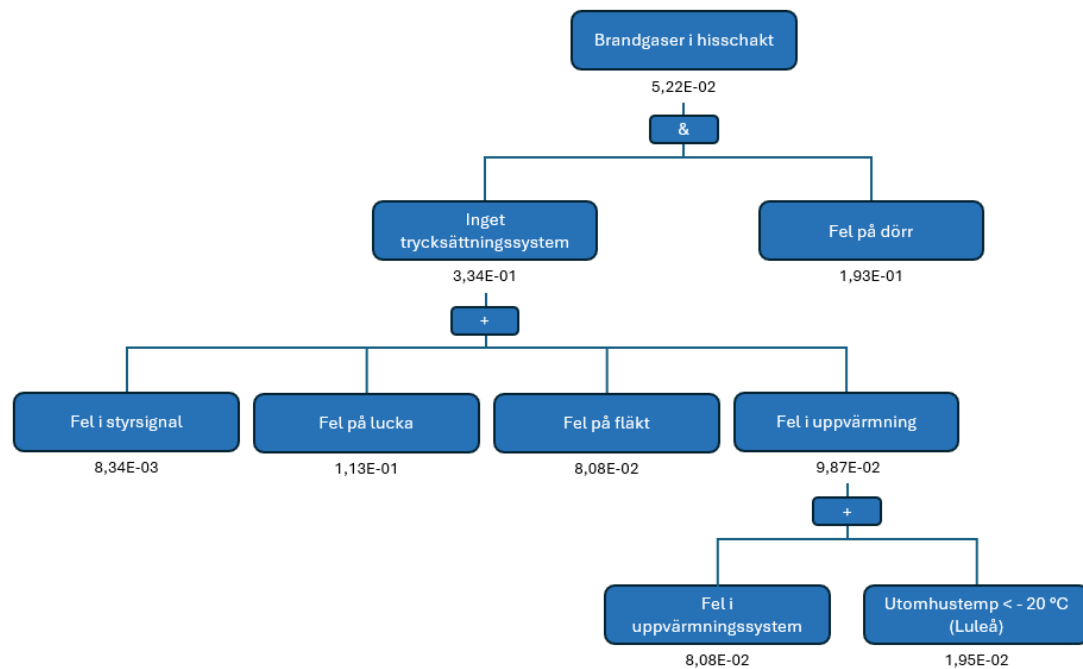
	<i>AD 1 - inkl. manuellt styrrelä</i>	<i>AD 2 - inkl. manuellt styrrelä</i>
Förenklad dimensionering	5,23E-02	
Malmö	4.81E-02	3.38E-02
Göteborg	4.89E-02	3.45E-02
Stockholm	5.08E-02	3.58E-02
Umeå	6.19E-02	4.36E-02
Luleå	6.83E-02	4.81E-02

Som tydliggörs i tabellen är risken för brandgasspridning till räddningshissen i ett trycksättningssystem med fast varvtal vid drift både bättre och sämre än ett utförande enligt förenklad dimensionering när temperaturgivaren introduceras till systemet. I byggnader med en extra sluss/dörr mellan räddningshissen och utrymmet där brandbelastning förekommer är lösningen bättre än utförandet enligt förenklad dimensionering. I byggnader med en dörr mellan räddningshissen och utrymme där brandbelastning förekommer ger temperaturgivaren i kombination med ett manuellt styrrelä för att aktivera trycksättningssystemet en bättre säkerhet än förenklad dimensionering i de södra delarna av Sverige. I landets norra delar behöver dock åtgärder tillämpas. Alternativt erhålls erforderlig skyddsnivå i byggnader med sprinkler där omfattningen av ett brandförlopp kan antas vara mindre.

Förvärmning av luft via tillförd värme

En åtgärd för att minska risken för att låga temperaturer ska riskeras i räddningshisschaktet är att luften värms upp innan den når hisschaktet. Det kan exempelvis ske via värmebatteri eller via ordinarie värmesystem (exempelvis fjärrvärme). Installation av ett fövärmningssystem skulle exempelvis kunna bli aktuellt i Sveriges norra delar enligt erhållna värden i Tabell 9, dvs vid en layout enligt AD 1.

Statistikunderlaget för uppvärmningssystem är relativt begränsat. I fortsatta beräkningar antas att systemet har motsvarande felsannolikhet som trycksättningsfläkten. Som presenterat i avsnitt 4.1.1 är systemet även beroende av temperaturgivare för aktivering av fövärmningen och därtill kan utomhustemperaturer riskeras som är utanför dimensioneringsintervallet. Reläer och styrfunktionen bedöms vara inkluderade i felfrekvensen för uppvärmningssystemet. Avseende risken för att utomhustemperaturen ska vara lägre än vad systemet dimensionerats för genomförs ett räkneexempel där systemet dimensionerats för en maximal utomhustemperatur på -20 °C. Beräkningen genomförs utifrån statistiskt för Luleå. Resultatet kan urskiljas i Figur 28.

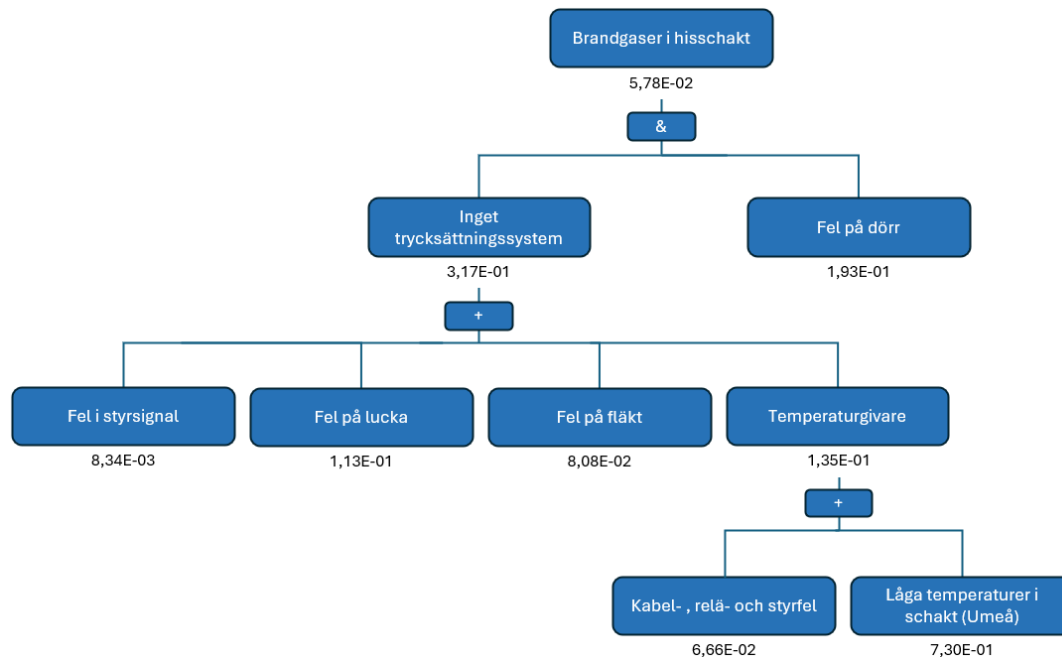


Figur 28. Felträd för sannolikhet för brandgaser i hisschakt i ett trycksättningssystem med förvärmning av luft samt manuellt relä för aktivering av systemet. Beräkningarna är gjorda för Luleå med ett system som dimensioneras för att klara av att värma utomhusluft ner till -20°C .

Som kan urskiljas är lösningen likvärdig med en utformning enligt förenklad dimensionering. Beaktas samma percentil för utomhustemperatur i Umeå så motsvarar det $-17,5^{\circ}\text{C}$. Dimensioneras uppvärmningssystemet för att kunna värma luft ner till dessa temperaturer (-20°C i Luleå respektive $-17,5^{\circ}\text{C}$ i Umeå) bedöms lösningen således vara minst lika bra som ett utförande enligt förenklad dimensionering.

Förvärmning av luft via kanalsystem

För trycksättningssystem med invändiga kanaldragningar kan den kalla utomhusluften värmas upp av inomhusklimatet innan luften når räddningshissen. Uppvärmningen som erhålls via kanalsystemet kommer behöva beräknas för respektive fall. Exempel på hur temperaturökningen i kanalsystemet kan beräknas redovisas i avsnitt 5.3.2 där en 20 meter lång 630-kanal ger en temperaturökning på 2°C vid ett flöde om $3,5\text{ m}^3/\text{s}$. I den presenterade statistiken i samma avsnitt kan det med denna kanallayout konstateras att risken för minusgrader i schaktet sänks från 10,11 % till 7,30 %. Introduceras denna sänkning i beräkningen för AD 1 i Umeå erhålls resultat enligt Figur 29. I beräkningen beaktas även det manuella styrrelät.



Figur 29. Felträd för sannolikhet för brandgaser i hisschakt vid beaktande av temperaturgivare som bryter fläkten vid låga temperaturer i hisschaktet i kombination med invändig kanaldragning för luftintag till trycksättningssystemet. Beräkningarna är genomförda för Umeå.

Som kan urskiljas i ovanstående figur resulterar den invändiga kanaldragningen att sannolikheten för att temperaturgivaren ska stänga av trycksättningsfläkten reduceras. Dock skulle en större dimension på kanal, annat flöde eller längd på kanal erfordras för att felsannolikheten skulle bli lägre än ett utförande enligt förenklad dimensionering (5,23E-02). Sannolikheten för att låga temperaturer ska bryta fläkten skulle behöva understiga 3,5 % vilket motsvarar -14,5 °C i Umeå. Det medför att det invändiga kanalsystemet behöver värma luften 6,5 °C för att lösningen ska vara acceptabel. Det skulle exempelvis kunna erhållas via en 35 meter lång horisontell 630-kanal vid ett flöde på 2,0 m³/s.

Reduktion av flätkapaciteten vid låg temperatur

En lösning som presenterats för att kunna bibehålla ett övertryck över hissfronten är att reducera flätkapacitet vid låga temperaturer i schaktet. Detta är dock ingen lösning som identifierats ha applicerats i verkligheten. Idén är att flätkapaciteten minskas till den grad att temperaturen i hisschaktet åter stabiliserar sig över 0 °C samtidigt som ett övertryck bibehålls över räddningshissens fronter gentemot hisshallen. Vilken kapacitet som erfordras för att erhålla en positiv tryckprofil gentemot hisshallen behöver beräknas från fall till fall.

När fläktens kapacitet reduceras kommer sannolikt inte acceptanskriterierna enligt exempelvis SS-EN 12101-13:2022 längre att uppfyllas. Scenariot där den reducerade flätkapaciteten blir aktuell utgör dock en ytterlighet där ett visst skydd bibehålls även om temperaturen i hisschaktet sänks till oacceptabla nivåer.

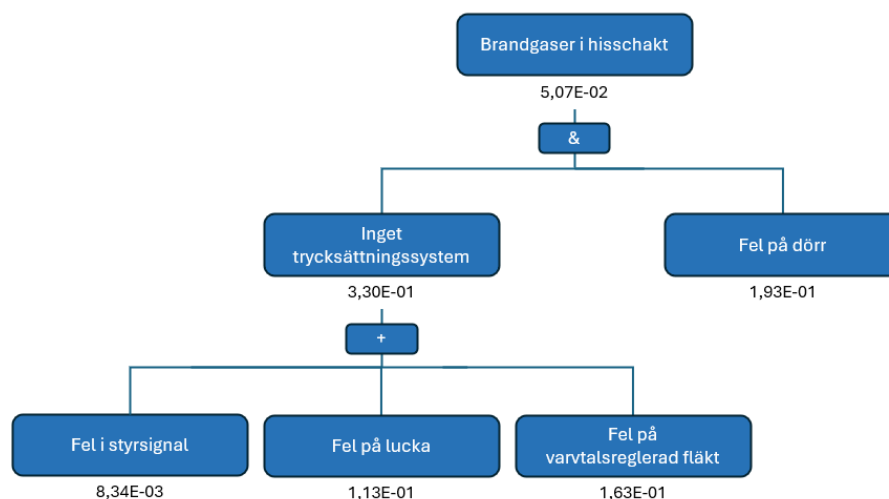
För att analysera effekterna av den reducerade flätkapaciteten har beräkningar genomförts med FDS. Dessa presenteras och redovisas närmare i Bilaga B. Simuleringarna utgår från två hisschakt som vetter mot en gemensam hisshall. Räddningshissen trycksätts med luft som är -10 °C via en fläkt med en kapacitet om 4 m³/s som är placerad i toppen av det 50 meter långa schaktet. Luften

evakueras via hisshallen och vidare till personhisschaktet som är försedd med en lucka i toppen av schaktet.

Beräkningarna i FDS visar att hisschaktet snabbt återfår en temperatur över 0 °C när fläktkapaciteten reduceras. Det fenomenet har även noterats i de faktiska mätningarna som genomförts i byggnader vilka presenteras i avsnitt 3.3. Hisschaktets betongväggar är med stor sannolikhet anledningen till den snabba återhämtningen i temperatur i schaktet.

Vid jämförelse av resultaten i FDS och de mätningarna i avsnitt 3.3 bedöms FDS överskatta kyleffekterna som trycksättningen medför. Sannolikt är detta till följd av att samtliga uppvärmningseffekter inte fångas upp i simuleringen. Om det genom FDS kan påvisas att temperaturen i hisschaktet överskrider 0 °C vid trycksättning med det reducerade flödet bedöms detta vara konservativt och med stor sannolikhet kommer temperaturen i verkligheten att överskrida den som erhållits i FDS.

Underträd för fel på varvtalsreglerad fläkt redovisas i Figur 17. Introduceras denna felsannolikhet till utformning enligt AD 1 erhålls resultat enligt Figur 30. I beräkningen beaktas även det manuella styrrelät.



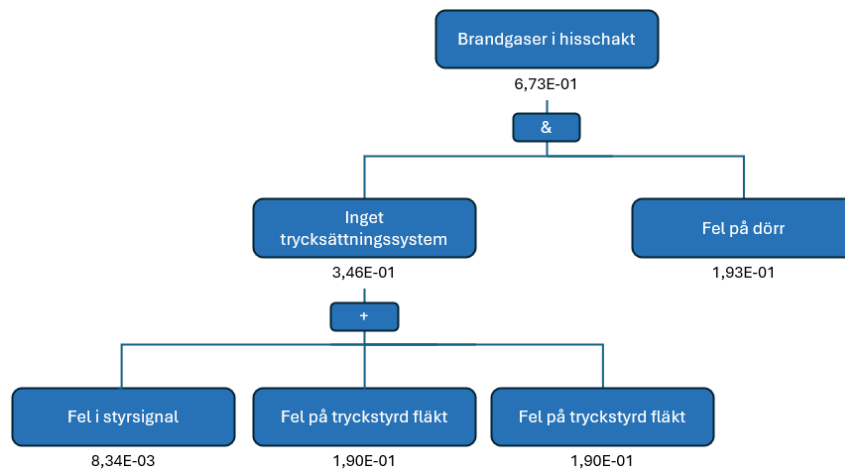
Figur 30. Felträd för sannolikhet för brandgaser i hisschakt vid beaktande av varvtalsstyrningen på trycksättningsfläkten som gör att dess kapacitet kan reduceras vid låga temperaturer i schaktet.

Det kan således konstateras att lösningen i sig kan vara minst lika bra som utformningen enligt förenklad dimensionering, under förutsättning att fläkten vid den reducerade kapaciteten kan förväntas ge ett tillräckligt övertryck i schaktet i förhållande till situationen som kan förväntas. Kapacitet som fläkten behöver reduceras till kommer variera beroende på utomhustemperaturen vilket kommer behöver verifieras från fall till fall.

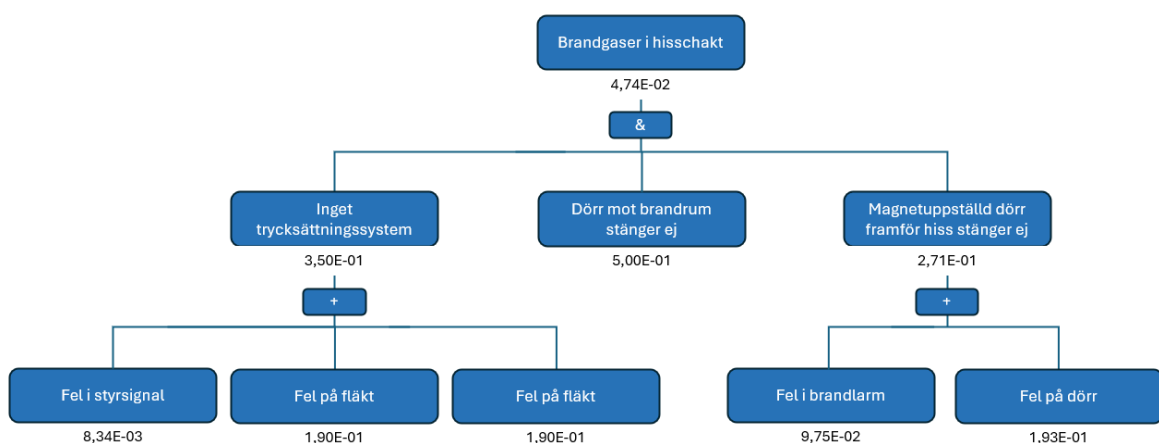
Push/pull-system där fläkten till räddningshissen stängs av vid låg temperatur

Likt lösningen för reduktion av fläktkapacitet är tanken med push/pull-systemet att bibehålla en funktion i trycksättningssystemet i ett scenario där fläkten till räddningshissen stängs av vid låg temperatur i schaktet. Detta sker genom att frånluftsfläkten som är placerad mot personhisschaktet fortsatt är aktiv och skapar ett undertryck i schaktet, och därmed i hisshallen, vilket minskar risken för spridning till räddningshisschaktet. Fläktkapacitet behöver beräknas från fall till fall för att säkerställa att det uppfylls.

Eftersom en tryckstyrd fläkt enligt aktuellt statistikunderlag har en lägre funktionssannolikhet än en lucka medför layouten en minskad funktionssannolikhet än vad som redovisats för en tryckstyrd fläktlösning i Tabell 8. Ersätts luckans funktion i Figur 24 respektive erhålls ett felträd enligt Figur 31 respektive Figur 32. I felträdet beaktas även det manuella styrrelät för aktivering av trycksättningssystemet.



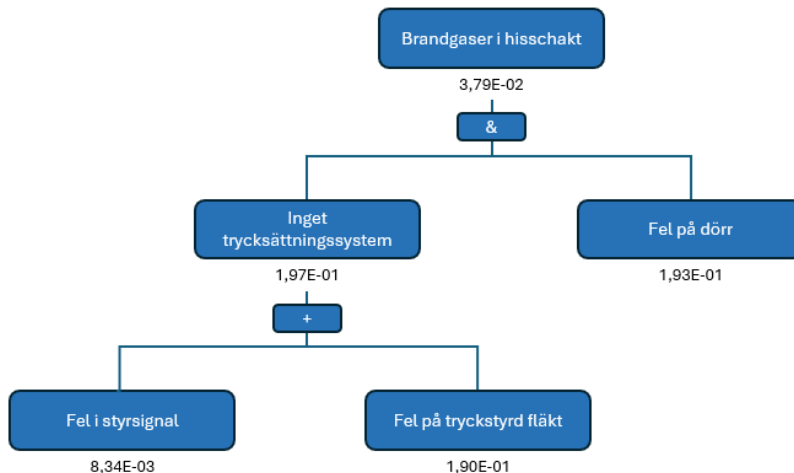
Figur 31. Felträd för "Push/pull" system med tryckstyrda fläktar. Beräkningen genomförs för fall AD 1.



Figur 32. Felträd för "Push/pull" system med tryckstyrda fläktar. Beräkningen genomförs för fall AD 2.

Ovanstående beräkningar visar på att ett "push/pull" system har en lägre funktionssannolikhet vid en layout enligt AD 1 men bättre i en layout enligt AD 2.

I scenariot där trycksättningsfläkten mot räddningshisschaktet stängs av till följd av låga temperaturer i schaktet behöver det genom beräkningar påvisas att frånluftsfläkten i personhisschaktet kan bibehålla ett undertryck i hisshallarna, gentemot räddningshissen. Felsannolikheten för funktionen som erhålls vid låga temperaturer i räddningshisschaktet beräknas i Figur 33 för en layout enligt AD 1.



Figur 33. Felträd för "Push/pull" system där enbart tryckstyrd fläkt i personhiss är aktiv. Beräkningen genomförs för fall AD 1.

5.3.4 Slutsatser och diskussion avseende felträdsberäkningar

Felträdsanalysen visar att risken för brandgasspridning varierar beroende på system och åtgärder. För byggnader med två dörrar mellan räddningshissen i kombination med trycksättningsystem med fläkt med fast varvtal vid drift är generellt risken för brandgasspridning lägre en utformning enligt förenklad dimensionering. Det gäller även vid beaktande av åtgärder för att hantera risk för låga temperaturer i hisschaktet i samtliga fem analyserade städer.

I utformningarna där det enbart återfinns en slagdörr mellan det potentiella brandrummet och räddningshissen, i kombination med trycksättning, är risken för brandgasspridning till hisschaktet likvärdig med en utformning enligt förenklad dimensionering. Det är dock nödvändigtvis inte fallet när åtgärder för att hantera risken för låga temperaturer i hisschaktet introduceras. Sammantaget kan det där konstateras att det i södra Sverige enbart behöver vidtas enklare åtgärder för att risken fortsatt ska vara minst lika låg som förenklad dimensionering, medan ytterligare åtgärder kan behövas i norra Sverige.

Sammanfattningsvis kan följande slutsatser och förslag på åtgärder dras:

- Det föreslås att en temperaturgivare monteras i hisschaktet som bryter strömmatningen till trycksättningsfläkten om temperaturen i schaktet varaktigt (> 60 s) är under $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Detta föreslås oavsett lösning för att upprätthålla plusgrader i hisschaktet, i och med att hissens funktionssäkerhet inte kan garanteras vid låga temperaturer. Temperaturgivaren föreslås att placeras ca två våningsplan från trycksättningsens inblås i schaktet. Vid försvarstablån eller motsvarande bör även en indikationslampa installeras för att visualisera för insatspersonal om temperaturgivaren löst ut.
- Trycksättningsystem föreslås förses med manuellt styrrelä (1-0-auto) som en alternativ styrfunktion för aktivering av systemet för att öka dess funktionssannolikhet, dvs ska vara oberoende brandlarmsystemet. I ett scenario där signal uteblivit från brandlarmsystemet

möjliggör det separata styrrelät att insatspersonal kan aktivera systemet manuellt. Den ökade funktionen har beskrivits i den tidigare SBUF rapporten [6] och dess positiva aspekter tydliggörs även i beräkningarna i aktuell handling. Observera att styrrelät inte rekommenderas vara överordnat temperaturgivaren i schaktet då det kan äventyra insatspersonalens säkerhet.

- För byggnader med dubbla slagdörrar mellan räddningshisschaktet och utrymme där brandbelastning förekommer, i kombination med trycksättningssystemet, erhålls en funktionssannolikhet som är minst lika bra som förenklad dimensionering även vid beaktande av att trycksättningsfläkten kan stanna vid låga utomhustemperaturer. Detta gäller för alla fem av de analyserade städerna, för både tryckstyrda och fast varvtalsstyrda fläktar och förutsätter att temperaturgivare samt manuellt styrrelä finns installerat enligt ovanstående punkter.
- I byggnader med en slagdörr mellan räddningshisschaktet och utrymme där brandbelastning förekommer, i kombination med trycksättningssystemet, blir sannolikheten för låga utomhustemperaturer mer utslagsgivande. Åtgärder som erfordras varierar över landet:
 - För system i städer som Malmö, Göteborg och Stockholm ger åtgärden med temperaturgivaren i schaktet i kombination med det manuella styrrelät en utformning som är minst lika bra som förenklad dimensionering. Detta baserat på ett trycksättningssystem med fläkt med fast varvtalsdrift samt lucka ovan personhiss. Vid annan utformning kommer kompletterande beräkningar erfordras för att påvisa att lösningen är minst lika bra som förenklad dimensionering.
 - Genom felsannolikhetsberäkningarna har det konstaterats att system belägna i städer där sannolikheten överskrider 3,5 % för att utomhustemperaturen över året är lägre än -8 °C behöver kompletterande åtgärder vidtas. Hit hör exempelvis Umeå och Luleå vilka analyserats i beräkningarna. På grund av stora skillnader i förutsättningar mellan olika byggnader/situationer är det inte möjligt att göra en direkt kostnadsjämförelse mellan olika system. Förslag på åtgärder redovisas dock nedan men det behöver analyseras vilken åtgärd som ger bäst kostnadseffektivitet inom respektive projekt.
 - Längre kanaldragningar inomhus.
 - Uppvärmningssystem.
 - Reduktion av fläktkapacitet
 - Push/pull system (obs, gäller enbart om tillräckliga åtgärder vidtas som gör att utformningen kan påvisas vara minst lika funktionssäker som förenklad dimensionering).

5.4 Kostnadsbedömning av lösningar

Val av lösningar kommer behöva anpassas för respektive projekt; exempelvis utifrån byggnadens storlek, verksamhet, vilken stad som byggnaden är tänkt att uppföras i, etc. Det medför också att kostnader kommer variera för varje utformning.

I den tidigare SBUF rapporten 13565 [6] redovisas kostnader för räddningshissar och trycksättningssystem. Utöver dessa kostnader rekommenderas det i aktuell handling att en temperaturgivare samt manuell styrrelä installeras i samtliga trycksättningssystem. De tillkommande kostnader för dessa åtgärder bedöms vara relativt kostnadsneutrala i sammanhanget, men medför en stor säkerhettrygghet för insatspersonal.

Dessa åtgärder bedöms vara tillräckliga för att hantera problemställningen kopplat till risk för låga temperaturer i räddningshisschaktet i exempelvis Malmö, Stockholm och Göteborg i trycksättningssystem med fläkt med fast varvtalsstyrning och lucka. Längre norrut, i exempelvis Luleå och Umeå, kommer ytterligare åtgärder erfordras, exempelvis i form av uppvärmningssystem eller längre kanaldragningar inomhus. Kostnader för dessa lösningar beror på förutsättningar för respektive fall samt vilken stad som byggnaden uppförs i. I många fall kan t.ex. invändiga kanaldragningar vara behovsstyrt av systemet som valts, och då är ingen kostnad tillkommande. Om uppvärmning väljs så kan kostnaden för ett värmebatteri variera mycket, beroende på vilken effekt som luften behöver värmas med. Själva uppvärmningssystemet har kostnadsbedömts till ca 50 000 kr. Erfarenhetsmässigt kan dock en sådan lösning innebära följdkrav på byggnadens huvudsäkring, då höga effekter kan krävas för att värme de stora luftmängderna. Om sådana åtgärder behövs kan det innebära väldigt höga kostnader förknippade med installationen, och driften, av systemet.

6. EFFEKTER AV NYA BRANDSKYDDSREGLER (2025/2026)

Den första juli 2025 träder nya föreskrifter från Boverket i kraft. De nya reglerna innebär vissa ändringar för kraven på trycksättning av räddningshissar. I föreskrifterna (BFS 2024:7 – 2 kap. 43§) [12] anges:

Hisschakt för räddningshiss ska vara försedda med system för trycksättning om något insatsutrymme står i direkt förbindelse med annat utrymme än utrymningspassage, tillträdesväg, brandsluss och hisschakt och dörr mellan hisschakt och insatsutrymme inte är utformad med brandgastäthet S_{200} och försedd med dörrstängare. System för trycksättning ska kunna manövreras av räddningspersonalen.

De stora ändringarna här är alltså att trycksättning anges som ett sätt att direkt uppfylla föreskrifterna, utan att tillämpa analytisk dimensionering. Boverket har också anammat manöverdonet för trycksättningssystemet som i denna, och i den tidigare, analysen visat sig vara en viktig del i att höja tillförlitligheten i systemet.

För byggnader där det finns utrymmen som öppnar direkt mot det som kallas insatsutrymme (tidigare brandsluss) krävs alltså ett trycksättningssystem. Trycksättningssystemet ska enligt föreskrifterna (BFS 2024:7 – 2 kap. 44-45§) utformas enligt SS-EN 12101-13:2022 [13]. Det anges även i föreskriften att temperaturer ska beaktas när det är aktuellt.

I praktiken är dock referensfallet i de nya byggreglerna detsamma som det som analyserats som förenklad dimensionering i denna rapport. Således är bedömningen att samma slutsatser och lösningar som anges för nu gällande byggregler (BBR 30 [1]) kan tillämpas för att uppnå erforderlig tillförlitlighet även i de kommande föreskrifterna.

7. DISKUSSION

Riskerna kring låga temperaturer ($< 0\text{ °C}$) i räddningshisschakt har undersökts i aktuell rapport. Intervjuer har genomförts med tillverkare, besiktningsmän och brandkonsulter som enhälligt uttryckt att man inte med säkerhet vet vad som händer om det skulle bli minusgrader i schaktet. Den enkla förklaringen är att hissarna inte testas för temperaturer under 0 °C , vilket innebär att deras säkerhetsfunktioner inte kan garanteras vid dessa temperaturer. Sannolikt bibehåller räddningshissen sin funktion även vid enstaka minusgrader, där säkerhetsfunktioner som gejder och buffertar sannolikt är det som påverkas/fallerar först. Det kommer därför vara viktigt att risken för att minusgrader i hisschaktet beaktas vid projektering av trycksättningssystem samt att åtgärder implementeras för att säkerställa räddningspersonalens säkerhet. Att enbart skydda enskilda delar bedöms inte vara möjligt i och med osäkerheterna kring vilken utrustning som då behöver skyddas.

Mätningar har genomförts i faktiska räddningshisschakt för att analysera temperaturen vid trycksättning med kallare utomhustemperaturer. Underlaget omfattar två system där trycksättning sker i toppen av hisschaktet och två i botten av schaktet. Utomhustemperaturen har varierat i försöken, från ca -12 °C till 8 °C . I samtliga fall kan det urskiljas stora temperaturskillnader mellan utomhus och hisschaktet där det i samtliga fall är plusgrader i schaktet under den analyserade tiden. Mätning sker generellt vid hissfronterna där den första sensorn placeras två våningar från inblåset. Detta för att mätningar på ovanliggande plan kan riskera hamna i luftfickor utanför inblåsningsplymen. Det syns även i utdatan i exempelvis Figur 8 där kallare temperaturer uppmäts fyra plan nedanför inblåset än två plan nedanför inblåset.

I beräkningarna med FDS kan det även urskiljas att temperaturen i luftströmmen från trycksättningsfläkten är någon lägre än vid hissfronterna. Detta gäller främst i direkt anslutning till inblåset då en utblandning sker längre ner i schaktet. Det behöver särskilt beaktas när hisschaktet trycksätts från sidan av schaktet där luft kan riskera påverka linor, reläer, buffert, gejdrar och fånget. Konsekvenser av detta kommer behöva utredas från fall till fall och åtgärder kan exempelvis omfatta att luften riktas med lamellgaller vid inblåset. Det bör observeras att FDS inte är anpassat för beräkningar vid låga temperaturer och resultaten från beräkningarna används endast i rapporten för att urskilja t.ex. flödesbilder för inblåsning och liknande.

Statistiskt för temperaturer i analyserade städer har valts enligt SMHI:s data under tidsperioden 2008-2024 vilket bedöms vara ett tillräckligt stort statistikunderlag för att erhålla en representativ indata. Därtill har 99:e percentilen valts, vilket avviker från den tidigare SBUF rapporten [6] som utgick från 95% konfidensintervall vid val av indata. Att en högre percentil använts i aktuell handling är kopplat till att minska osäkerheterna med beräkningarna då det i slutändan är kopplat till säkerheten kring att nyttja hissen. Detta är alltså ett konservativt antagande i förhållande till trycksättnings funktion.

Till följd av klimatförändringar kommer utomhustemperaturen även att variera över tid. Jämförs temperaturstatistiskt från SMHI mellan åren 1961-1990 med åren 1991-2020 kan det exempelvis i Luleå urskiljas att medeltemperaturen över året har ökats med $1,4\text{ °C}$. Över årets kallaste månader (jan-feb) har snitttemperaturen ökats med 3 °C under samma tidsintervall (från $-11,5$ till $-8,5\text{ °C}$). Längre söder ut kan likartade indikationer urskiljas där medeltemperaturen över tid fortsätter att öka. Resultatet i aktuell rapport förväntas därför vara relativt robust över tid. Om temperaturutvecklingen förändras och ger kallare väder över tid behöver dock slutsatserna i denna rapport ses över.

Det finns en årlig variation i brandstatistiken som också har viss påverkan på resultatet. Enligt statistik från MSB för åren 2007-2024 sker fler bränder i flerbostadshus under december och

januari jämfört med övriga månader. Dessa skillnader är dock relativt små och bedöms därför inte ha någon påverkan på resultatet i de utförda beräkningarna. För kontor ses inga sådana säsongsvariationer i bränderna.

Det kan konstateras att det finns begränsad statistik för funktion av trycksättningssystem i Sverige. I beräkningarna för felträdsanalyser har därför data i sin helhet tagits från [8] för att erhålla en jämnviktad felfrekvens för samtliga ingående parametrar. Detta skiljer sig från de felträdsanalyser som analyserats i den tidigare SBUF rapporten [6] avseende val av indata där statistik för dörrar valdes utifrån svensk statistik men statistik för trycksättningssystemet valdes enligt [8]. Eftersom jämförelsen i stort utgår från att jämföra trycksättningssystemets funktion mot dörrrens funktion bedöms utgångspunkten i att nyttja statistik från en och samma källa (det vill säga [8]) vara rimligt. I Sverige genomförs både genomgående besiktningar och det ställs krav på underhåll över tid vilket sannolikt medför att felsannolikheten för dessa system sannolikt är lägre än vad som presenteras i beräkningarna.

I analysen av de presenterade lösningarna kan det konstateras att många av byggnaderna i Sverige kräver relativt enkla åtgärder för att hantera problemställningen kopplat till låga temperaturer i räddningshisschaktet vid trycksättning. Genom installation av en temperaturgivare i schaktet i kombination med ett extra styrdon för att manuellt kunna aktivera trycksättningssystemet erhålls en bra grundskyddsnivå oavsett utformning av byggnad. Åtgärderna är dock inte tillräcklig i system med en slagdörr mellan räddningshissen och potentiellt brandutrymme i landets norra delar eller i system med tryckstyrda fläktar.

I bostadshus blir det ofta naturligt med dubbla slussar mellan lägenheterna och hisschaktet. Det ger en lösning som är minst lika bra som förenklad dimensionering i samtliga fem analyserade städer även om trycksättningssystemet riskerar stoppa vid låga utomhustemperaturer. Detta gäller även med tryckstyrda fläktar. Kostnaden för att hantera risken med låga temperaturer i hisschaktet blir då försumbar.

I system där evakuering av luft sker via passiv öppning (exempelvis lucka i toppen på personhisschaktet) kan en naturlig brandgasevanuerking ske även om trycksättningsfläkten fallerar eller stängs av. Den funktionen kan bli sämre i ett "push/pull"-system där frånluftsfläkten i personhissen blir vital för att systemet ska fungera.

Kostnadsbedömning av lösningar i de delar av landet där åtgärder behövs är utmanande. Detta då kostnaden för åtgärderna kan variera väldigt mycket, beroende på hur systemet utformas och byggnadens förutsättningar i övrigt. Exempelvis kan en lång kanaldragning inomhus behövas i vissa byggnader oavsett uppvärmningsbehov. Ett sådant utförande kan vara tillräcklig åtgärd, vilket innebär att det då inte innebär en utökad kostnad i det aktuella projektet. På motsvarande sätt kan det i andra fall vara andra förutsättningar som innebär att sprinklersystem installeras i byggnaden och att den åtgärden är tillräcklig för att ge trycksättningssystemet erforderlig tillförlitlighet. Om förutsättningarna innebär att luften behöver värmas med ett värmebatteri så är effekten på detta avgörande för kostnaden. Effektbehovet beror i sin tur på systemets, och byggnadens, utformning i övrigt och kan således variera kraftigt. I vissa fall kan dock behov av höga värmeeffekter innebära konsekvenser för byggnadens huvudsäkring, vilket är särskilt kostnadsdrivande. Uppvärmning är därför sannolikt relativt sällan en kostnadseffektiv lösning på den aktuella problematiken.

8. SLUTSATS

I denna rapport har risker kopplat till låga temperaturer vid trycksättning av räddningshissar studerats. I de utförda intervjuerna konstateras det att osäkerheterna kring vilka delar av hissen som är känsliga för låga temperaturer är stora. Dock testas hissarna endast för de temperaturintervall som anges i standarden (SS-EN 81-72) och därför kan inte funktion garanteras när temperaturen är under noll grader. Osäkerheterna kring vilka delar av hissen som är känsliga innebär att lokala åtgärder kring känslig utrustning inte är en möjlig lösning. Eftersom hissens säkerhetssystem kan påverkas är en viktig slutsats att trycksättningssystemet behöver tas ur drift om temperaturerna i schaktet blir för låga. För att trygga insatspersonalens säkerhet rekommenderas genomgående att temperaturgivare installeras i räddningshisschakt som förses med trycksättningssystem. Temperaturgivarens funktion är att stoppa trycksättningsfläkten om temperaturen varaktigt (> 60 s) är under $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ i schaktet.

Utöver denna givare/brytande funktion rekommenderas att trycksättningssystem förses med ett manuellt styrrelä (1-0-auto) som kan användas för att aktivera trycksättningssystemet oberoende av den ordinarie detektionen. Denna slutsats är i enlighet med vad som tidigare redovisats i SBUF:s rapport 13565 [6] samt krav i de kommande regelverket [12]. Dessa åtgärder tillsammans har påvisats vara tillräckliga för att hantera risk för låga temperaturer i räddningshisschakt vid trycksättningssystem med fläkt med fast varvtal vid drift samt evakuering genom passiv öppning (exempelvis lucka i toppen på personhissen) i bland annat Göteborg, Malmö och Stockholm.

För trycksättningssystem i städer som har en högre sannolikhet än 3,5 % för att få lägre temperaturer än $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ på årsbasis, till exempelvis Umeå och Luleå, kommer även kompletterande åtgärder erfordras. De åtgärder som studerats i denna rapport är uppvärmning av intagsluft (via uppvärmningssystem eller längre kanaldragningar inomhus), reduktion av flätkapacitet, "push/pull"-system, skydd med automatisk vattensprinkler samt extra brandcellsgränser/slussar. De senare alternativen med att minska risk för brandgasspridning till hisschaktet medför att funktionssannoliketen för lösningen med trycksättningssystemet är minst lika bra som en utformning enligt de allmänna råden i BBR. Detta trots risken att tryckstättningsfläkten stängs av vid låga temperaturer i schaktet. Observera att detta även gäller om fläkten är tryckstyrd.

Om extra slussar eller sprinkler inte installeras krävs i de situationer som nämns ovan åtgärder med exempelvis uppvärmning, reducerad flätkapacitet eller "push/pull"-system. För att verifiera sådana system kommer dock projektspecifika lösningar behöva utvärderas. De beräkningsprinciper som anges i denna rapport kan dock användas för sådan utvärdering.

Beräkningarna som slutsatserna i denna rapport vilar på utgår erfarenhetsmässigt från en flätkapacitet om $4\text{ m}^3/\text{s}$. Om flätkapaciteten är högre behöver en projektspecifik bedömning göras kring tillämpligheten av det som anges i rapporten.

9. REFERENSER

- [1] Boverket, "Boverkets byggregler (föreskrifter och allmänna råd) BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. 2024:14." 2024.
- [2] "Räddningshissar", Boverket. Åtkomstdatum: 04 april 2025. [Online]. Tillgänglig vid: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/brandskydd/raddningshiss/>
- [3] "SS-EN 81-72:2020", Säkerhetsregler för konstruktion och installation av hissar – Särskilda applikationer för person- och varupersonhissar – Del 72: Brandbekämpningshissar SS-EN 81-72:2020, 2020. Åtkomstdatum: 04 april 2025. [Online]. Tillgänglig vid: <https://www.sis.se/api/document/get/80023429>
- [4] Boverket, "BBR19", BFS2011-26, 2011. Åtkomstdatum: 04 april 2025. [Online]. Tillgänglig vid: <https://rinfo.boverket.se/BFS2011-6/pdf/BFS2011-26.pdf>
- [5] SWETIC, "FOS-2021-04-Trycksättning-av-hisschakt-brandbeskämpningshiss". april 2021.
- [6] J. Sender och M. Runefors, "SBUF 13565 Slutrapport Räddningshissar", SBUF, nr 2020/01, 2020.
- [7] L. Jensen, "Trycksättning av trapphus för utrymning", *Brand*. 330-031, 2005.
- [8] NZFC, "Effectiveness of Fire Safety Systems for Use in Quantitative Risk Assessments", New Zealand Fire Service Commission, Auckland, NZ:MARSH, Research Report 81, 2008.
- [9] M. Runefors och C. Persson, "SBUF 13210 Trycksättning av trapphus - Risker och Möjligheter", SBUF, nr 2017/01, 2017.
- [10] G. Davidsson, L. Haeffler, B. Ljungman, och H. Frantzich, *Handbok för riskanalys*. Karlstad: Räddningsverket, 2003.
- [11] "PAROC Calculus". Åtkomstdatum: 11 mars 2025. [Online]. Tillgänglig vid: https://calculus.paroc.com/paroc-calculus/index_se.html#/
- [12] Boverket, *Boverkets föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i händelse av brand i byggnader (BFS 2024:7)*. Karlskrona: Boverket, 2024.
- [13] SIS, "SS-EN 12101-13:2022 - Brand och räddning - System och komponenter för rök- och brandgaser - Del 13: Tryckdifferenssystem (PDS) konstruktion och beräkningsmetoder, acceptansprovning, underhåll och rutinmässig provning av installationen", Swedish Standards Institute, Stockholm, 2022.

BILAGA A – SAMMANFATTNING FRÅN INTERVJUER

Intervjuer har genomförts med teknisk specialist på Kone, besiktningsman från Kiwa och produktionssäkerhetschef på Schindler. Nedan redovisas en sammanställning av de svar som erhöles. Frågor som ställdes är fetmarkerade.

- Vad är problemet med kyla i schaktet?

Grundproblematiken som lyftes var att hissarna testas och provas för det temperaturintervall som anges i SS-EN 81-72 (0 till 40/65 °C beroende på tillämpning). Det innebär att leverantörerna inte går i god för hissensfunktion vid temperaturer under 0 °C och kunskapen om riskerna vid dessa lägre temperaturer är relativt begränsade.

Spåningar kring risker vid temperaturer under 0 °C var främst kopplat till kondensbildning som riskerar frysa och påverka vitala funktioner, som tex reläer, buffert, gejdrar och fångnet. Hissen kan då gå med öppna dörrar eller liknande. Tröghet i oljor lyftes också som en osäkerhet.

Genomgående bedömning var dock att elektronik sannolikt inte är ett problem då komponenterna i sig alstrar värme.

Ingen av de intervjuade personerna hade vetskap om någon hiss som stannat som följd av kalla temperaturer (till exempel orsakat av trycksättningssystem eller öppnade brandgasluckor).

- Är det ett lokalt problem i Sverige eller finns det även i andra länder?

De intervjuade personerna bedömer att det är ett problem som är avgränsat till Sverige och upplever inte samma problem i övriga europa.

- Testas komponenter vid 0 °C?

Hissarna körs/testas i både hot- och coldbox tester.

- Är det ett momentant problem vid minusgrader?

Kan inte sägas med säkerhet att hissen och dess säkerhetsfunktioner fungerar vid minusgrader då de inte testas för dessa. Är dock sannolikt inget momentant problem, speciellt inte på vintern när luften är torrare. Men några slutsatser kan inte dras med säkerhet.

- Finns det mer känsliga inblåsningpunkter i schaktet vid trycksättning?

Det blir sannolikt kallare att trycksätta schaktet från toppen då inblåsning längre ner i schaktet normalt kräver kanaldragningar inomhus vilket värmer upp luften.

När man trycker in luften nerifrån kan man få påverkan på korgbalen som kan börja svänga om det är för hög lufthastighet, vilket bland annat kan riskera att den hakar i gejderfästen.

Uppskattningsvis bör inblåsningshastigheten inte överstiga 2 m/s (mellan tummen och pekfingeret), men finns dock även åtgärder som kan vidtas för att lösa högre hastigheter.

Fång, hastighetsregulator och bronsfunktioner sitter i toppen som skulle kunna orsaka problem vid trycksättning med minusgrader därifrån.

Vidare sitter många känsliga komponenter på hisskorgen och då den kommer förflytta sig vid insats riskerar den att hamna framför inblåset oavsett vart det är placerat.

- **Vad har ni stött på för olika lösningar på problemet med kyla?**

Det dröjde länge innan man kom noterade problematiken så det är inte så länge som besiktningsorganen har reagerat på det. Samtidigt har det inte stötts på några bekymmer vid test/injustering eller liknande.

Lösningar som förekommit för att undvika kall inblåsningstemperatur i schaktet är bland annat att värma luft, ha kanaldragningar invändigt, att enbart aktivera fläkten när den faktiskt behövs samt att man bryter strömmen till trycksättningsfläkten via termostat. En annan lösning som även förekommit är att enbart indikera att kalla temperaturer råder i schaktet (via termostat som tänder en lampa vid försvarstablån).

Många hissar är dock projekterade långt bak i tiden, där man inte beaktat detta utan fått anpassa utformningen i slutskedet. Där har man bland annat haft dialog med både projektet och räddningstjänsten för att landa i en möjlig och godtagbar lösning.

- **Finns det något annat att tänka på när man trycksätter hisschakt som vi borde veta om?**

Tryckskillnaden över hissdörrar är viktiga att beakta som inte får vara för hög då det kan resultera i att dörrarna inte stänger. Maximal tryckskillnad som anges är 80 Pa, men att det gärna får vara lägre. Att dörrarna inte stänger kan även bli ett säkerhetsproblem.

- **Vad är skillnaden mellan inomhus- och utomhushissar? Varför klarar dom kallare temperaturer?**

Stora skillnaden är ett fång eller buffert som man kan garantera att det fungerar samt att man har element i schaktet och/eller värme i trösklar som säkerställer att temperaturer inte understiger den som hissen är dimensionerad för.

Elektroniken i sig skiljer sig inte så mycket utan att man sätter dem i boxar som är ventilerade, uppvärmda osv.

Dessa åtgärder gör att hissen blir betydligt dyrare än en normalhiss.

- **Tror ni att det är ett stort problem om hissen blir kallare än godkänd temperatur?**

Detta är inget som har inte undersökts i detalj, men risken är nog högre att hissen fungerar sämre som gör att vi kommer behöva nyttja säkerhetsanordningarna på hissen.

Vid provning så är det dock sannolikt inte något problem med hissen funktion så länge man inte kör den.

- **Är det ett ansvarsproblem i grunden då man frångår typgodkännande?**

Generellt går leverantörerna inte ifrån sina typgodkännande. För att detta ska ske behöver en verifiering ha genomförts för det aktuella fallet vilket följs upp med en besiktning på plats vilket möjliggör att de ändå kan CE-märka hissen. Detta då leverantören är ansvarig oavsett vad de levererar och vill kunna gå i god för den produkt de sätter på marknaden.

BILAGA B – SIMULERINGAR MED FDS

För att utreda om det beräkningsmässigt är möjligt att återskapa de temperaturmätningar som redovisas i avsnitt 3.3 har simuleringar med FDS genomförts.

FDS är ett flödesprogram för beräkning av brandförlopp. Programmet är i sig inte avsett för att analysera den aktuella problemställningen och beaktar inte luftfuktighet i fall där det inte finns någon vattenkälla (exempelvis sprinkler) eller energiberäkning för fasövergångar vid låga temperaturer. Samtidigt nyttjas FDS av majoriteten av brandkonsulter som projekterar räddningshissar varpå det är ett tillgängligt verktyg.

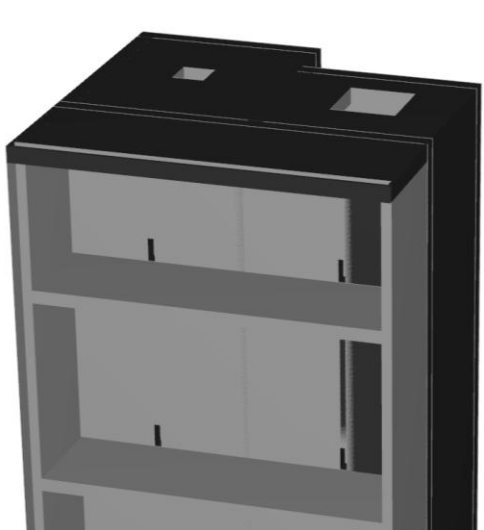
Version som används vid simuleringarna är FDS 6.9.1.

9.1 Modell

I FDS har en modell byggts upp med två hisschakt som vetter mot en gemensam hisshall. Schakten är 50 meter höga (16 våningar). Flödesmässigt trycks luft in i räddningshissen, som sedan åter vidare genom hissfronterna mot hisshallen, in igenom hissfronterna mot personhissen och ut genom en brandgaslucka i toppen av det hisschaktet. Simuleringar har genomförts med fläkt på toppen av räddningshisschaktet.

Schakten är simulerade med betongytiskikt (200 mm tjockt) och hisshallen är utformad med ytskikt av gips.

Räddningshissen modelleras med invändig area om 3,2x2,4 m², personhissen modelleras med en area om 2,3x2,3 m² och hisshallen har en area om 1,6x5,3 m². Hissfronternas läckageyta simuleras som rektangulära hål i frontens nederkant (0,1 x 0,35 m²). Brandgasluckan i toppen av personhissen har en area på 1 m².



Inblåsningsluften ansätts ha en temperatur om – 10 °C och den invändiga omgivande luften är ansatt till 20 °C.

Temperaturmätning i hisschakten genomförs med

9.2 Beräkningar och resultat

För att utreda om FDS kan nyttjas för att efterlikna temperaturprofilen inom räddningshisschaktet som erhållits vid mätningar i verkligheten analyseras följande scenarion:

- Scenario 1: Fläkt i toppen av räddningshisschaktet med en kapacitet om 4 m³/s.
- Scenario 2: Fläkt i toppen av räddningshisschaktet med en kapacitet om 4 m³/s som efter 10 minuter reduceras till 20 % av ursprungsflödet (dvs 800 l/s).

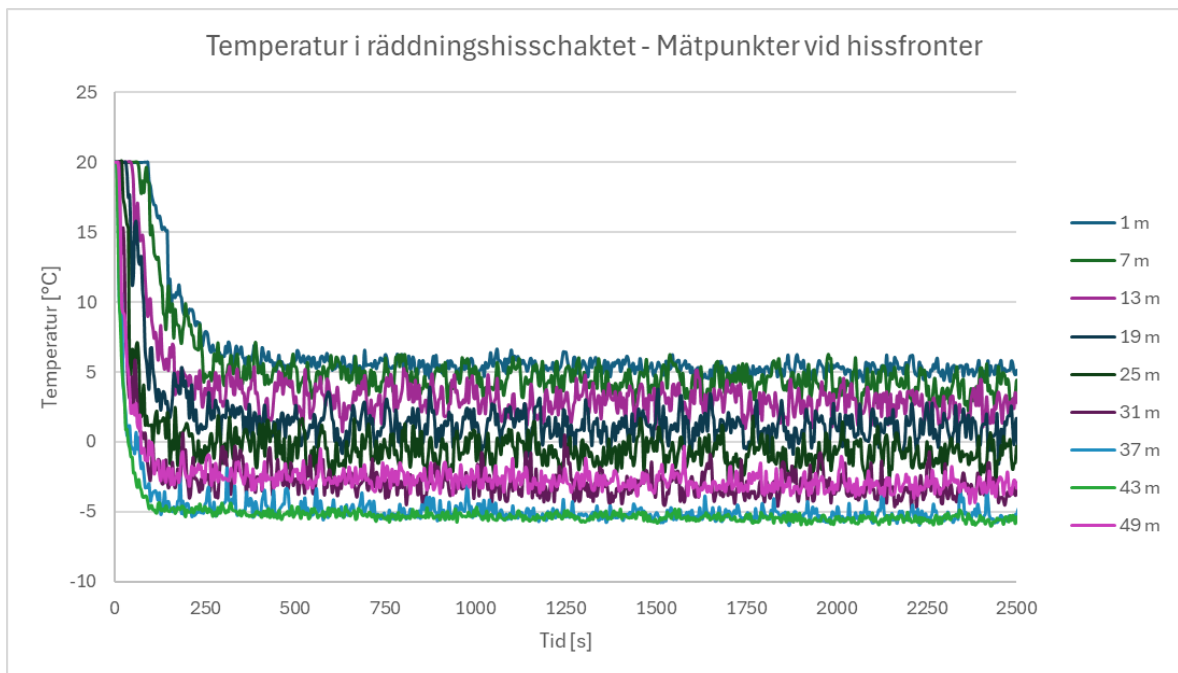
I respektive scenario analyseras temperaturer vid hissfronterna samt centralt i schaktet.

9.2.1 Scenario 1 – 4 m³/s fläkt i toppen av hisschaktet

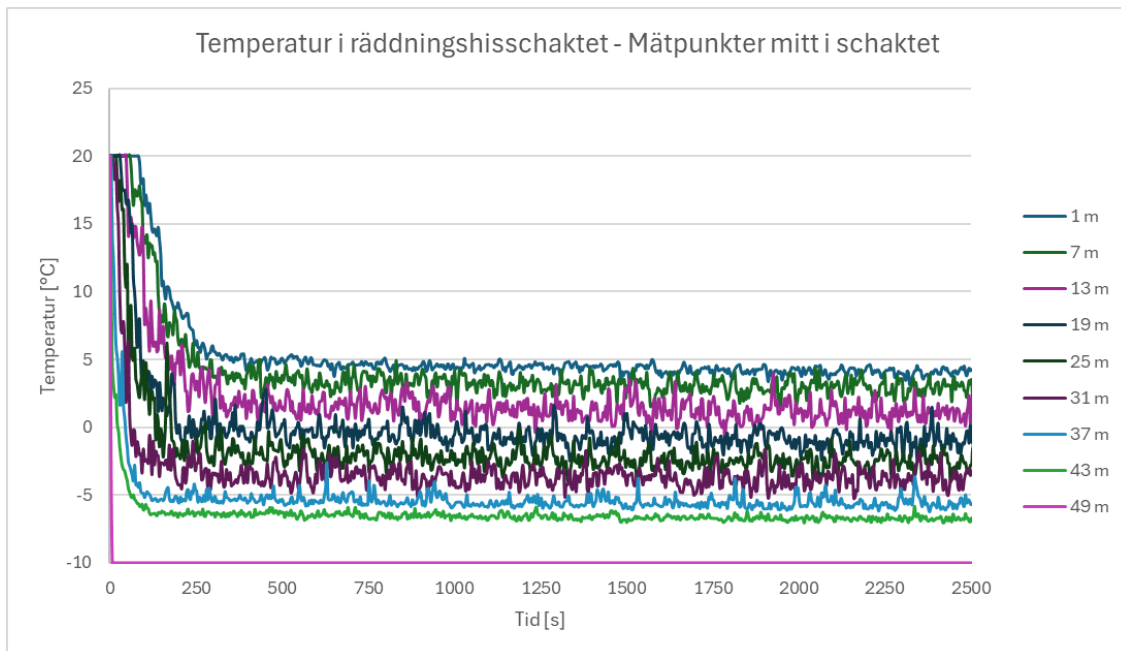
Initialt genomförs beräkningar med motsvarande fläktkapacitet som återfinns i bygganden där temperaturmätdata tagits enligt avsnitt 3.3.3. Detta för att möjliggöra en jämförelse mellan verklighet och simuleringsresultat.

Simuleringen genomförs med fläkt i toppen av hisschaktet ansätts ha en kapacitet på 4 m³/s. Resultatet kan urskiljas i Figur 34 och Figur 35.

Simuleringen pågår i ca 2 500 sekunder och avbryts därefter då jämvikt erhållits.



Figur 34. Temperatur i räddningshisschaktet vid trycksättning med ett flöde på 4 m³/s. Mätpunkterna är placerade vid hissfronterna.

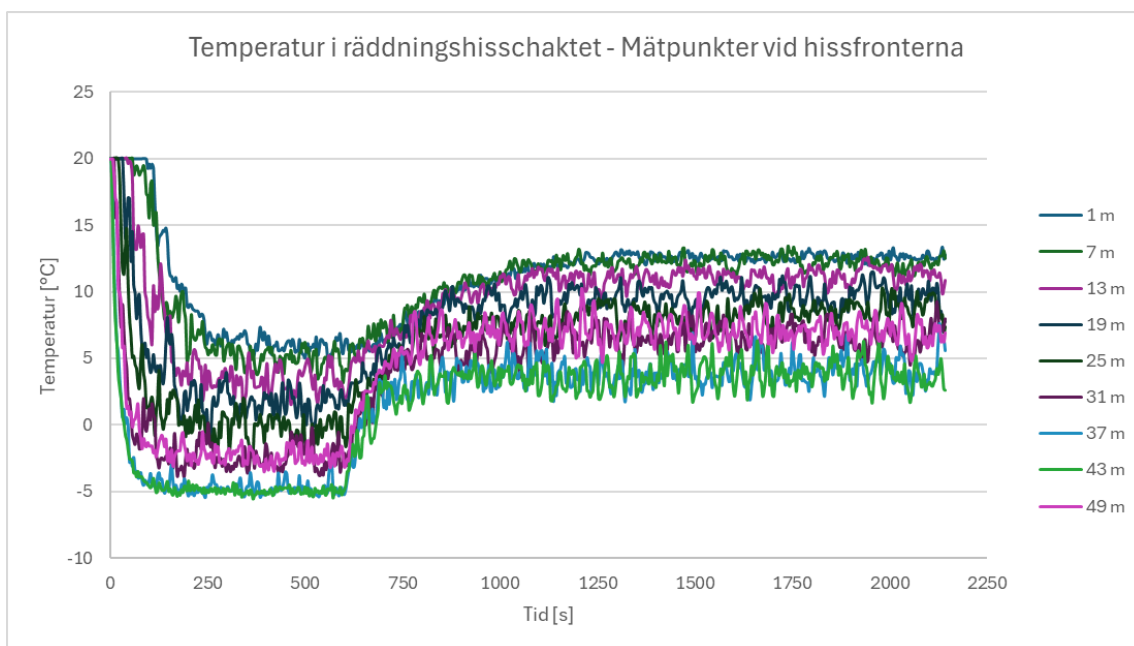


Figur 35. Temperatur i räddningshisschaktet vid trycksättning med ett flöde på 4 m³/s. Mätpunkterna är placerade mitt i schaktet, dvs rakt i luftströmmen.

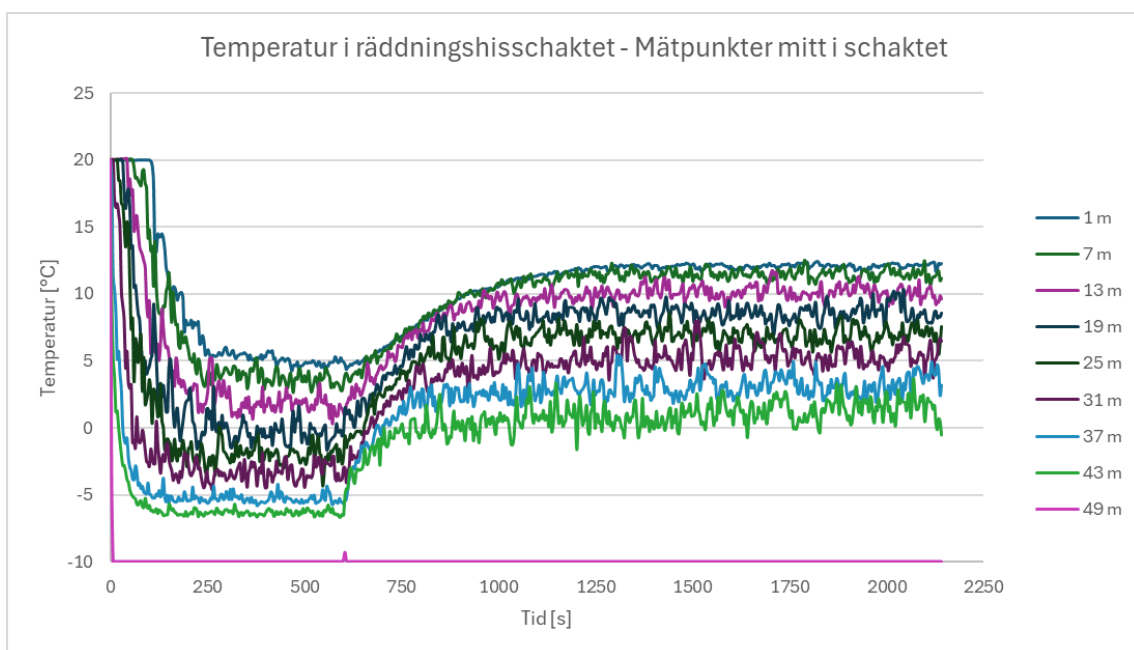
9.2.2 Scenario 2 – 4 m³/s fläkt i toppen av hisschaktet som reduceras till 800 l/s efter 10 minuter

Aktuellt scenario avser att utreda temperaturen i räddningshisschaktet vid reducering av fläkthastighet. Det skulle exempelvis kunna ske via en temperaturmätare i schaktet som reagerat på låga temperaturer. Resultatet från simuleringen av det aktuella scenariot kan urskiljas i Figur 36 och Figur 37 där skillnaden är placeringen av mätpunkter. I graferna redovisas temperaturmätningarna som höjd ovan mark där fläkten är placerad 50 meter ovan botten av hisschaktet. I Figur 38 redovisas även väggtemperaturen i räddningshisschaktet över den analyserade tiden.

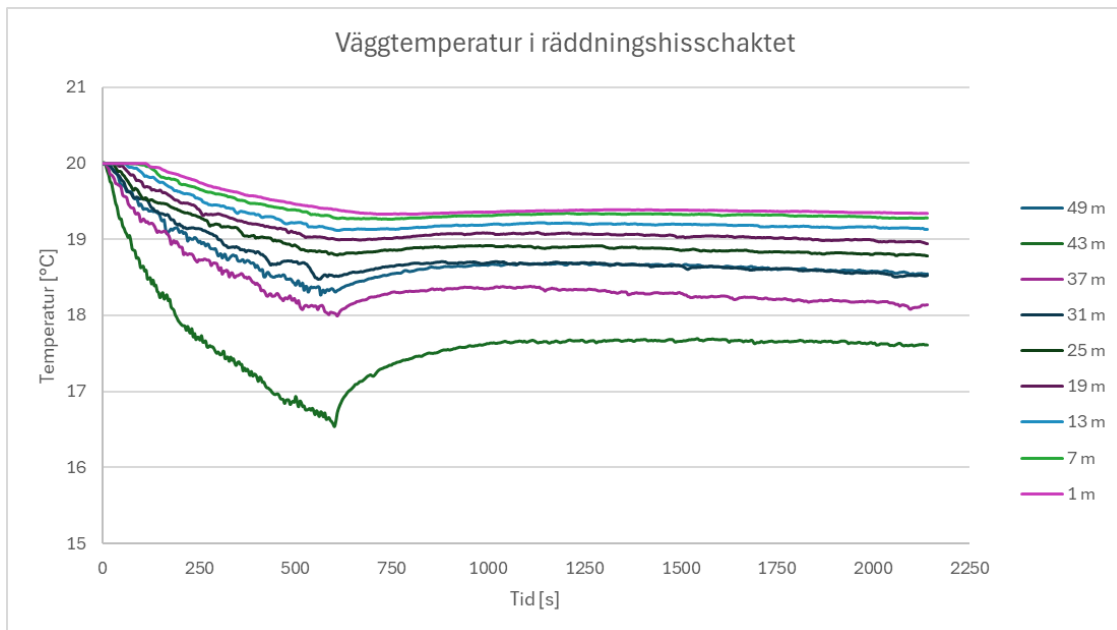
Simuleringen pågår i ca 2 100 sekunder och avbryts därefter då jämvikt erhållits.



Figur 36. Temperatur i räddningshisschaktet vid trycksättning med ett flöde på 4 m³/s som reduceras till 0,8 m³/s efter 10 minuter. Mätpunkterna är placerade vid hissfronterna.



Figur 37. Temperatur i räddningshisschaktet vid trycksättning med ett flöde på 4 m³/s som reduceras till 0,8 m³/s efter 10 minuter. Mätpunkterna är placerade mitt i schaktet, dvs rakt i luftströmmen.



Figur 38. Räddningshisschaktets väggtemperatur under det analyserade förloppet.

9.3 Diskussion och slutsatser

I simuleringarna kan det urskiljas att en betydligt snabbare temperaturgradient erhålls i det inledande förloppet. I FDS simuleringarna dröjer det ca 40 sekunder innan temperaturen vid mätpunkterna närmast fläkten understiger 5 °C, vilket kan jämföras med mätdata som redovisas i avsnitt 3.3.3 där det dröjer ca 10 minuter för temperaturen att gå från 18 till 5 °C.

Efter den initialt snabba temperatursänkningen i schaktet kan det i simuleringarna urskiljas att temperaturen stabiliseras relativt snabbt genom hela schaktet. Därefter erhålls enbart marginell temperatursänkning genom hela schaktet. Detta kan jämföras med mätdata i avsnitt 3.3 där en betydligt långsammare temperaturgradient erhålls över tid, dvs jämviktsläget nås betydligt långsammare.

I resultaten kan det tydligt urskiljas att kapaciteten på trycksättningsfläkten har en tydlig koppling med temperaturprofilen som erhålls i räddningshisschaktet vid tryckmätning med låga utomhustemperaturer. Om det genom FDS kan påvisas att temperaturen i hisschaktet överskrider 0 °C vid trycksättning med låga flöden bedöms detta vara konservativt där temperaturen i verkligheten med stor sannolikhet kommer överskrida den som erhållits i FDS.

Följande slutsatser bedöms kunna dras vid jämförelse mellan FDS och den mätdata som redovisas i avsnitt 3.3:

- FDS bedöms överskatta temperatursänkningen i schaktet när temperaturen närmar sig, eller går under, 0 °C. Det sker sannolikt till följd av att samtliga parametrar för uppvärmning inte fångas upp i modellen.
- Temperaturen i luftströmmen i direkt anslutning till fläkten kan vara betydligt kallare än övriga delar av schaktet. Detta kan tydligt urskiljas i graferna genom den stora differensen mellan temperaturmätningen vid hissfronten och centralt i schaktet. Att mäta den temperaturen kan vara svårare i praktiken till följd av den är mer oåtkomlig.

- I FDS resultatet kan det urskiljas att temperaturskillnaden mellan översta och understa planet uppgår till ca 10 °C över det 50 meter långa schaktet. I mätdatan i avsnitt 0 respektive 3.3.4 kan det urskiljas att temperaturskillnaden mellan plan 1/2 och 13 (ca 33-36 m) är ca 6-7 °C vid de rådande temperaturerna i schaktet. Motsvarande temperaturdifferens erhålls således över schaktets längd.
- Att reducera flätkapacitet kan vara en åtgärd för att hantera problemställningen kring låga temperaturer i hisschaktet vid trycksättning med kall utomhusluft. Vilken kapacitet som erfordras för att erhålla en positiv tryckprofil gentemot hisshallen behöver beräknas från fall till fall. Om den kapaciteten är hög nog för att genererar låga temperaturer i hisschaktet bedöms kunna utvärderas med FDS.

Observera att aktuell sammanställning och värdering av FDS ej är heltäckande. Val att nyttja FDS för att utreda temperaturprofiler vid dimensionering av trycksättningssystem bör utvärderas från fall till fall.