



Høgskulen på Vestlandet

Master Thesis

ING5002

Predefinert informasjon

Startdato:	09-05-2020 09:00	Termin:	2020 VÅR
Sluttdato:	02-06-2020 14:00	Vurderingsform:	Norsk 6-trinns skala (A-F)
Eksamensform:	Masteroppgave		
SIS-kode:	203 ING5002 1 MOPPG 2020 VÅR HAUGESUND		
Intern sensor:	(Anonymisert)		

Deltaker

Kandidatnr.:	304
--------------	-----

Informasjon fra deltaker

Tittel *:	Bruk av heis til rømning ved brann
Engelsk tittel *:	The Use of Elevators for Egress in Fires

Egenerklæring *: Ja Inneholder besvarelsen Nei
konfidensielt
materiale?:

Jeg bekrefter at jeg har Ja
registrert
oppgavetittelen på
norsk og engelsk i
StudentWeb og vet at
denne vil stå på
vitnemålet mitt *:

Jeg godkjenner avtalen om publisering av masteroppgaven min *

Ja

Er masteroppgaven skrevet som del av et større forskningsprosjekt ved HVL? *

Nei

Er masteroppgaven skrevet ved bedrift/virksomhet i næringsliv eller offentlig sektor? *

Ja, Rambøll

Bruk av heis til rømning ved brann



Vebjørn Borgen Gladsø
Høgskolen på Vestlandet
Masteroppgave i Brannsikkerhet

Haugesund
02/06-2020



Høgskulen
på Vestlandet

Bruk av heis til rømning ved brann

Masteroppgave i Brannsikkerhet

Forfatter:
Vebjørn Borgen Gladsø

Forfatter sign.

Oppgaven uttatt:

Vår 2020

Åpen oppgave

Veileder: Jon Arve Brekken

Ekstern veileder: Dag Denstad

Stikkord:

Heis, rømning, assistert rømning,
evakueringsheis, evakuering, rømningsheis

Antall sider: 115

+

Vedlegg: 0

Haugesund, 02/06-2020

Dette arbeidet er gjennomført som ledd i masterprogrammet i brannsikkerhet ved Høgskulen på Vestlandet. Studenten(e) står selv ansvarlig for metodene som er anvendt, resultatene som er fremkommet og konklusjoner og vurderinger i arbeidet.

Forord

I 2011 la jeg inn en betydelig innsats for å kunne avtjene førstegangstjenesten i en stilling som brannsoldat. Dette hadde lite med interesse for brann å gjøre, men heller at jeg da fikk inngå i en fin turnusordning. Det skulle vise seg at brannfaget etter hvert fanget interessen min, men det er merkelig å tenke på hvor tilfeldig det er at jeg nå leverer en mastergradsoppgave innen brannsikkerhet.

Arbeidet med oppgaven har vært omfattende og nå som prosessen er ferdig er det merkelig å se det endelige resultatet. Lesingen, skrivingen og alle usikkerheter har etter hvert materialisert seg på en grei måte. På tross av at jeg i løpet av året også har brukt noe tid på andre prosjekter, føler jeg at jeg har lagt meg og levert i henhold til en ambisiøs linje.

Sommeren 2019 jobbet jeg for Rambøll, og fikk ta del i et prosjekt som omfattet rehabilitering av en gammel brygge der muligheten for å benytte heis som del av rømningsvei ble undersøkt. Problemstillingen førte med seg mange interessante diskusjoner, og det ble naturlig å ta den videre da jeg skulle velge tema for masterprosjektet. Arbeidet har vært svært lærerikt, spesielt med tanke på at jeg i løpet av arbeidet har vært innom mange standarder og regelverk som jeg tror kan være nyttig å ha kjennskap til i forbindelse med fremtidige prosjekter.

Studien har primært forgått i lokalene til Rambøll i Trondheim. Her har arbeidet nytt godt av at jeg har vært omringet av kaffemaskiner og faglig sterke, kunnskapsrike kollegaer som hele veien har tatt seg tid til å diskutere spørsmål og problemstillinger.

Dag Denstad som er avdelingsleder på spesialfag bygg ved Rambøll i Trondheim har vært min eksterne veileder under arbeidet. Intern veileder fra Høgskolen på Vestlandet har vært Jon Arve Brekken. Ellers vil jeg takke Roy Stark og Sigbjørn Gladsø for gjennomgang av oppgaven.

Sammendrag

I norsk sammenheng har bruk av heis til rømning blitt aktuelt i forbindelse med økte krav til tilgjengelighet og universell utforming, men heiser tilrettelagt for rømning kan også være relevant i forbindelse med komplekse eller høye byggverk. Det kan forventes at norske byggeforskrifter i overskuelig fremtid i større grad vil tilrettelegge for bruk av heis som supplement til påkrevde rømningsveier i byggverk, selv om brann er detektert. Rapporten samler litteratur og informasjon, og vil forhåpentligvis være nyttig for branntekniske rådgivere som vurderer å prosjektere med heis tilrettelagt for rømning.

Denne masteroppgaven konkretiserer faktorer som vanskeliggjør prosjektering med heis tilrettelagt for rømning ved brann i Norge. Videre er det utarbeidet et forslag til hvordan heis- og byggtekniske spesifikasjoner kan sikre heisers funksjon, samt ivareta krav til personsikkerhet ved rømning. Løsningene er sammenliknet med relevante deler av utvalgt utenlandsk regelverk og sikkerhetsnivået er vurdert i henhold til standardiserte metoder for kvalitative og probabilistisk kvantitative risikoanalyser. Oppgaven tar også for seg de menneskelige aspektene knyttet til bruk av heis ved brann.

Rapporten konkluderer med at de tekniske utfordringene er overkommelige med tradisjonelle heisløsninger på tross av at det vil være en grad av risiko for menneskelige svikt knyttet til utførelse, prosjektering og drift. Videre fremheves det at heisløsninger kan dokumenteres å tilfredsstille et akseptabelt sikkerhetsnivå og at revisjon av aktuelle byggeforskrifter derfor bør vurderes.

Abstract

Application of elevators in terms of egress in Norway have become relevant as building regulations increasingly emphasize on accessibility and universal design of buildings, but also because it could be relevant within high rises or complex structures. It could be expected that Norwegian building regulations will, within foreseeable future, facilitate the use of elevators in buildings as a supplement to the required means of egress even though fire has been detected. This report reviews relevant literature and information with a goal of being helpful for fire safety engineering in Norway.

This Master's thesis highlights factors that problematize the design of elevators for egress in the event of fire in Norway. There is also compiled a suggestion on how elevator and building technical specifications can ensure the operation of elevators for escape purposes, as well as how to safeguard life safety. The solutions are compared to relevant sections of foreign building regulations, and the inherent risks of the solutions are assessed according to standardized methods for qualitative and probabilistic quantitative fire risk analysis. The thesis also reviews the human factors related to the use of elevators for egress.

The report concludes that the technical challenges of safeguarding elevator operation are manageable even with the application of traditional elevators. There will however be risks related to human errors in engineering, installation and operation. Furthermore, it is emphasized that elevator solutions for egress can be documented to satisfy acceptable risk in terms of life safety, consequently, revisions of relevant building regulations should be considered.

Innholdsfortegnelse:

Bruk av heis til rømning ved brann	2
Forord	I
Sammendrag	II
Abstract	III
Bildetekstliste	VIII
Definisjoner	X
1. Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling	3
1.3 Mål	3
1.3.1 Resultatmål	3
1.3.2 Effektmål	3
1.4 Avgrensinger	3
1.5 Rapportens oppbygning	4
2. Metode.....	5
2.1 Valg av fremgangsmåte	5
2.2 Litteraturstudie	6
2.3 Mulighetsstudie:.....	8
2.4 Standarder og regelverk.....	9
2.4.1 Bruk av heis i byggeforskrifter	9
2.4.2 Andre relevante standarder:	10
2.5 Metode for fastsetting av generell systembeskrivelse:	11
2.6 Eksempelstudier: Heisløsninger.....	12
2.6.1 Eksempel 1: Heis tilrettelagt for bruk ved rømning uavhengig av funksjonsnedsettelse med ordinær betjening:	12
2.6.2 Eksempel 2: Evakueringsheis utformet for assistert rømning:	12
2.7 Risikovurdering for eksempelstudium 1:	13
2.7.1 Generelt om analyse og formål:	13
2.7.2 Forutsetninger, antagelser og avgrensninger:	14
2.7.3 Sannsynlighet, konsekvens og risikoakseptkriterium:	14
2.7.4 Fareidentifikasjon:	14
2.7.5 Årsaks og sannsynlighetsanalyse:	16
2.7.6 Konsekvensanalyse:	16
3. Teori.....	17
3.1 Rømning	17

3.2	Skisse av typisk branncelleinndeling i heis- og trappekjerne:	19
3.3	Generelt om tekniske aspekter knyttet til heis og brann:	20
3.3.1	Røyk- og brannkontroll:	20
3.3.2	Kraftforsyning:	21
3.3.3	Vannproblematikk:	21
3.3.4	Styresystem:	21
3.3.5	Brannalarmanlegg og alarmorganisering:	22
3.4	Menneskelige faktorer	23
3.4.1	Bevissthet	23
3.4.2	Villighet	23
3.4.3	Persepsjon	24
3.4.4	Sosial påvirkning	24
3.4.5	Stress	25
3.4.6	Risiko for panikk	25
4.	Regelverk og krav	26
4.1	Norsk regelverk knyttet til bruk av heis som del av rømningsvei	26
4.2	Krav i TEK17 knyttet til universell utforming og bruk av heis til rømning:	27
4.3	Aspekter i det norske regelverket som er relevante for komparativ analyse	28
4.3.1	Redning ved hjelp av brannvesenets høydemateriell	28
4.3.2	Rømningsvindu	30
4.3.3	Hva om rømning skulle skjedd oppover?	31
4.3.4	Seksjoneringsvegg:	31
4.4	Aktuelle internasjonale standarder for bruk av heis som del av rømningsvei:	32
4.5	Svensk regelverk knyttet til bruk av heis som del av rømningsvei	33
4.6	Britisk regelverk knyttet til bruk av heis som del av rømningsvei	34
4.6.1	Generelt om bruk av heis til rømning:	34
4.6.2	Evakueringsheiser i BS9999	35
4.6.3	Krav til styring i heiser som skal brukes til evakuering:	35
4.7	Amerikansk regelverk knyttet til bruk av heis som del av rømningsvei	37
4.7.1	NFPA 101:	37
5.	Litteraturstudie: Byggverk med heis til rømning	40
5.1	Byggverk med rømningsheis i Norge	40
5.2	Byggverk med heis som del av rømningsvei i Sverige	41
5.3	Byggverk med heis som del av rømningsvei utenfor Norden	42
5.3.1	Burj Khalifa	43
5.3.2	Petronas Towers	44

5.3.3	Forest Glen Station.....	45
6.	Litteraturstudie: Hendelser knyttet til heis og rømning	46
6.1	Joelma Building, 1974.....	46
6.2	World trade Center, 2001	47
6.3	Hiroshima City, 1996	48
6.4	MGM Grand, 1980	49
7.	Generell systembeskrivelse for heis som skal benyttes til rømning:	50
7.1	Tekniske aspekter vedrørende rømningssikkerhet som må ivaretas:	50
7.2	Forhold knyttet til bruk av heis til rømning som må ivaretas i rømningsstrategien:	51
8.	Mulighetsstudie:	53
8.1	Brannvesenet:	53
8.2	Heisleverandører:	53
8.3	Elektroingeniør:	54
8.4	Oppsummering av mulighetsstudie:	55
9.	Eksempelstudium 1: Kontorbygg	56
9.1	Beskrivelse av analysebyggverket:	56
9.2	Beskrivelse av heisløsning:	57
9.2.1	Generelt om heisløsningen	57
9.2.2	Fastsetting av logisk sone:	58
9.2.3	Skilting og informasjon:	58
9.2.4	Plan for alarmorganisering (relevant for heis):	59
9.2.5	Prinsipp for heisens system:	60
9.2.6	Prinsipp for rømningsstrategi:	61
9.3	Vurdering av løsning mot relevant utenlandsk byggeforskrift	63
9.3.1	Punkter der eksempelstudium 1 avviker fra NFPA 101	63
9.3.2	Oppsummerende kommentarer til avvik:	64
9.4	Risikovurdering av eksempelstudium 1 - Kontorbygg	65
9.4.1	Sannsynlighet, konsekvens og akseptkriterier:	65
9.4.2	Fareidentifikasjon:	66
9.4.3	Årsaks- og sannsynlighetsanalyse:	67
9.4.4	Konsekvensanalyse:	69
9.4.5	Usikkerhetsanalyse:	72
9.4.6	Følsomhets, sårbarhet- og sensitivitetsanalyse	73
9.4.7	Risikoevaluering:	74
9.4.8	Konklusjon risikoanalyse:	76
10.	Eksempelstudium 2: Heis for assistert rømning	77

10.1	Beskrivelse av løsningen:	77
10.2	Vurdering av løsning mot relevant regelverk:	83
10.3	Risikovurdering for eksempelstudium 2:	83
11.	Diskusjon	84
11.1	Diskusjon om eksisterende byggverk med heiser til rømning	84
11.2	Aktuelle hendelser knyttet til heis og rømning	85
11.3	Mulighetsstudie:	85
11.4	Eksempelstudie 1:	86
11.4.1	Analyse:	86
11.4.2	Løsningens påvirkning på brannvesenets innsats:	87
11.4.3	Kostnader:	87
11.4.4	Sårbarheter i utførelse og prosjektering:	87
11.4.5	Tekniske sårbarheter:	88
11.4.6	Andre aspekter:	89
11.5	Eksempelstudium 2:	89
11.5.1	Generelt om løsningen	89
11.5.2	Utførelse:	90
11.6	Generelt om personsikkerhet knyttet til heis og rømning	90
11.7	Generelt om de menneskelige aspektene	90
12.	Konklusjon	92
13.	Fremtidig arbeid	93
13.1	Test av ytelsen til en logisk sone med tanke på røyktetthet:	93
13.2	Studier av menneskelige aspekter i prøveprosjekter med god sikkerhetsmargin	93
14.	Referanser	94

Bildetekstliste

Figur 1 - Patenttegninger for nødbrems og personheis	1
Figur 2 - Strategi for fremgangsmåte	5
Figur 3 - Illustrasjon av «snowballing»-metodikk	6
Figur 4 - Kategorisering av blokker for flytskjema	11
Figur 5 - Flytskjema for risikovurdering av brann i byggverk (NS 3901)	13
Figur 6 - Visualisering av hendelsestre (SN-INSTA 951)	16
Figur 7 - Visualisering av FN-kurve (SN-INSTA 951)	16
Figur 8 - Forklaring av rømningstid og akseptkriterier for menneskelige tålegrenser [30] ..	17
Figur 9 - Typisk heis- og trappekjerne [16]	19
Figur 10 - Prinsipp for heis med brannsluse	20
Figur 11 - Eksempel på brannalarmorganisering [24]	22
Figur 12 - Pålitelighet i for komponenter i brannalarmanlegg (PD 7974-7:2003)	22
Figur 13 - Nasjonalmuseet og Gardermoen [74] [70]	40
Figur 14 - Friends Arena, Wrangelska palatset, Victoria Tower og Clarion Hotel Post	41
Figur 15 - Burj Khalifa i Dubai [82]	43
Figur 16 - Petronas Towers [83]	44
Figur 17 - Forrest Glen Station [86]	45
Figur 18 - Brannen i Joelma Building [89] [88]	46
Figur 19 - World trade center i brann 11/9-2001 [90]	47
Figur 20 - Heisarrangement WTC [88]	47
Figur 21 - Valgte rømningsveier og daglig bruk av trapper (Hiroshima 1996) [91]	48
Figur 22 - Begrunnelse for valg av rømningsvei (Hiroshima, 1996) [91]	48
Figur 23 - Personer søker tilflukt på balkonger under brannen i MGM Grand. [93]	49
Figur 24 - Prinsippskisse for heissystem som skal brukes ved brannalarm	50
Figur 25 - Spesielle forhold vedrørende rømningsstrategi, aspekter innenfor stiplet firkant vises i detalj på neste side.	51
Figur 26 - Generelle aspekter vedrørende rømningsstrategi knyttet til bruk av heis	52
Figur 27 - E-post fra en av heisleverandørene	54
Figur 28 - Illustrasjon, 3d-modell og branntegninger (plan 12)	56
Figur 29 - Heis- og trappekjerne med grønn «rømningsskravur» på aktuell heis	57
Figur 30 - Logisk sone	58
Figur 31 - Dynamisk heisskilt	58
Figur 32 - Flytskjema for tekniske aspekter knyttet til bruk av heis ved brann	60
Figur 33 - Spesielle forhold i rømningsstrategien	61
Figur 34 - Rømningsstrategi for bruk av heis generelt	62
Figur 35 - Hendelsestre for brannspredning ut av startbranncelle i sprinklet kontorbygg	67
Figur 36 - Brannspredning fra brannsluse til heisstol	69
Figur 37 - FN-kurve som presenterer konsekvens og frekvens dersom heis som stopper mellom etasjer	70
Figur 38 - FN-kurve dødsfall i heis som står fast sammenliknet med akseptkriterium	74

Tabell-liste:

Tabell 1 - Krav i TEK17 som kan relateres til heis ifm. universell utforming	27
Tabell 2 - Byggverk utenfor Norden der heis har en funksjon ved rømning.....	42
Tabell 3 – Alarmorganisering i kontorarealer	59
Tabell 4 – Alarmorganisering i logisk sone (heis- og trappesjakt).....	59
Tabell 5 - Oversikt over punkter der heisløsningen avviker krav fra NFPA 101	63
Tabell 6 - Fareidentifikasjon	66
Tabell 7 - Bakenforliggende årsaker til brannspredning ut av startbranncelle.....	67
Tabell 8 - Risikoreduserende tiltak	75
Tabell 9: Krav til heisstol og heissjakt	77
Tabell 10 - Oversikt over punkter der heisløsningen avviker krav i BS9999:2008.....	83

Definisjoner

Alarmorganisering	<i>Samspill mellom deteksjon, melding, oppkobling, overføring og tiltak</i>
Analyseobjekt	<i>Objekt som analyseres med hensyn på risiko</i>
Assistert rømning	<i>Planlagt bistand til rømning tilrettelagt ved organisatoriske tiltak.</i>
Brannscenario	<i>Kvalitativ beskrivelse av forløpet av en brann med hensyn til tid, med angivelse av spesifikke hendelser som karakteriserer den analyserte brannen og skiller den fra andre mulige branner</i>
DIBK	<i>Direktoratet for byggkvalitet</i>
Evakuering/rømning	<i>Prosess der mennesker og dyr ved egen hjelp eller assistert av andre forflytter seg eller forflyttes til et sikkert sted etter at varsling om evakuering er gitt.</i>
Evakueringsheis	<i>Norsk oversettelse fra britisk regelverk som omfatter en heis tilpasset assistert rømning</i>
FDV	<i>Forvaltning drift og vedlikehold</i>
Fluktvei	<i>Del av en branncelle, som brukes til rømning og evakuering fram til rømningsvei eller til sikkert sted.</i>
Frekvens	<i>Forventet antall forekomster av en hendelse per tidsenhet</i>
Funksjonskrav	<i>Overordnet formål eller oppgave som skal oppfylles</i>
Heisløsning	<i>Heissystemet med sjakt, tilstøtende rom, styringer, heisstol, kabling osv.</i>
Konsekvensanalyse	<i>Systematisk fremgangsmåte for å beskrive eller beregne konsekvens</i>
Logisk sone	<i>Område som overvåkes av brannalarm-anlegg der deteksjon skal iverksette en gitt styring/aksjon.</i>

Multikriteriedetektor

Røykdetektor som baserer deteksjon på ulike forekomster av branngasser, røykutvikling og temperaturendringer der utviklingen av forekomstene ses i forhold til hverandre i en samlet vurdering før alarm aktiveres.

Multisensordetektor

Røykdetektor med flere sensorer som baserer deteksjon på ulike forekomster av branngasser, røykutvikling og temperaturendringer der utviklingen av forekomstene vurderes av hver enkelt sensor, og der grad av påvirkning danner grunnlag for at alarm aktiveres

Risiko

Utrykk for kombinasjonen av sannsynligheten for og konsekvensen av en uønsket hendelse

Risikoakseptkriterium

Kriterium som legges til grunn for beslutning av akseptabel risiko

Risikoanalyse

Systematisk fremgangsmåte for å beskrive eller beregne risiko. Risikoanalysen utføres ved kartlegging av uønskede hendelser samt årsaker til og konsekvenser av disse.

Risikoevaluering

Sammenlikning av risiko med gitte risikoakseptkriterier

Rømningsstrategi

Overordnet plan for hvordan et byggverk skal evakueres.

Rømningsvei

Én eller en rekke brannceller tilrettelagt for rømning mellom oppholdsrom/branncelle og sikkert sted.

Røykkontroll

Tiltak som vil hindre eller styre røykspredning i et byggverk.

Sensitivitetsanalyse

Undersøkelse av hvordan en konklusjon påvirkes av ulike verdier av stokastiske (tilfeldige variabler).

Sikkert sted

Område hvor kritiske forhold ikke er eller vil kunne være en trussel for mennesker og dyr.

TEK

Forskrift om tekniske krav til byggverk, byggeteknisk forskrift

Trapp- og heiskjerne

Område med heiser, trapperom med eventuelle sluser.

Trykksetting

Røykkontroll ved bruk av overtrykk som barriere mot røykspredning fra områder med lavere trykk

Usikkerhetsanalyse

Overordnet gjennomgang av alle ledd i en analyse for å avdekke og håndtere usikkerhet i modeller, data, antagelser, forutsetninger og forenklinger i analysen

Verifikasjon

Bekreftelse ved å fremskaffe et objektivt bevis på at spesifiserte krav er oppfylt

VTEK

Veiledning til byggteknisk forskrift

Årsaksanalyse

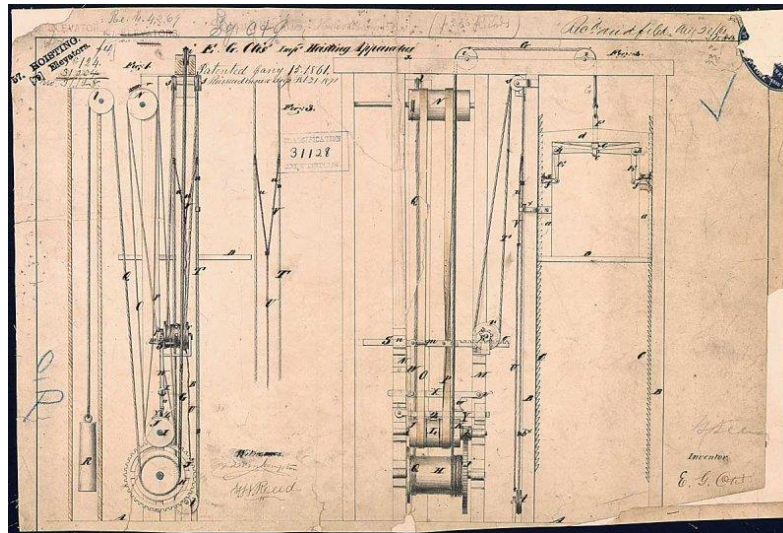
Systematisk fremgangsmåte for å kartlegge årsaker og beskrive eller beregne sannsynlighet for en uønsket hendelse

Definisjoner er innhentet ved bruk av nettsiden til kollegiet for brannfaglig terminologi. [1]

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Elisha Otis introduserte i 1854 sin sikre personheis. Heisen var utført med et patent som sikret at den ikke kunne falle til bunnen av sjakten som følge av svikt i heiskabler. Prinsippet brukes fortsatt som et av flere nødbremsesystem i mange heiser. Generelt spennes bremsene åpne ved bruk av heiskabelen, og dersom kabelen feiler løsnes bremsene slik at heisen blir stående der den er. Som følge av dette «fail-safe»-patentet ble heiser etter hvert svært utbredt, og nå oppleves det som en selvfølge at det skal være heis i de fleste byggverk med flere etasjer.



Figur 1 - Patenttegninger for nødbrems og personheis

Flere ganger opp gjennom historien har sviktende heisfunksjoner medført konsekvenser for personer som skulle rømme fra brann. Klassiske eksempler er at heiser har stoppet mellom etasjer som følge av brutt kraftforsyning, eller at dørsensorer som har blitt blokkert av røyk har holdt dører åpne slik at heiser har blitt stående. Det ble etter hvert tydelig at det måtte iverksettes tiltak for å ivareta sikkerheten for evakuerende personer, og en enkel løsning på dette problemet har vært å unngå bruk av heiser ved brann. Før det fantes sofistikerte brannalarmanlegg var det vanskelig å få programmert heisene til å gå automatisk ut av drift ved brann, og det ble i stedet brukt skilter og markeringer som advarte personer mot å ta heisene i bruk. Dette har med stor sannsynlighet bidratt til at den allmenne oppfatningen er at heis og brann er en dårlig kombinasjon. Tradisjonelt sett er det også sannhet i dette, og det er derfor ikke rart at mange av verdens byggeforskrifter, inklusivt den norske, fortsatt skriver at heiser generelt ikke skal brukes til rømning ved brann.

TEK 17 skriver følgende i §11-14 (7): «Heis og rulletrapp kan ikke være del av fluktvei eller rømningsvei. Slike innretninger skal stoppe på en sikker måte ved brannalarm.» [2]

Imidlertid bringer det også med seg fordeler dersom heis- og bygningstekniske aspekter kan tilrettelegges på en måte som gjør at personer sikkert kan ta heiser i bruk ved evakuering. Papirer publisert etter en NFPA konferanse så tidlig som 1914 viser at bruk av heis til rømning ble diskutert som en fordelaktig mulighet allerede for over hundre år siden. [3] De positive sidene ble den gangen relatert til mulighetene for å kunne oppføre byggverk med lange vertikale avstander og samtidig ivareta korte forflytningstider ut. I mer moderne tid har heiser blitt aktuelle også i forbindelse med krav om tilgjengelighet og universell utforming av byggverk. Som følge av at krav

til tilgjengelighet blir mer relevant forventes at det etter hvert også vil stilles strengere krav til evakuering enn det tidligere er gjort.

Følgende utvalgte forskningspublikasjoner og masteroppgaver fremhever bruk av heis til rømning som en mulighet med tanke på tilgjengelighet ut av bygg.

- «Alle inn» - «alle ut ved brann»? – [4]
- *Brannsikkerhet ved Universell Utforming, Belghaug, 2011* [5]
- *Bygg for alle – Lik brannsikkerhet for alle?* [6]

Bruk av heis til rømning ble også diskutert ved utarbeidelse av TEK10 [7]. I en høringsuttalelse datert 23. juni 2009 kan det leses at eventuelle krav om rømnings-/evakueringsheis ikke ble innført som følge av at slike heiser ikke var utviklet. Det ble også poengtert at en kost-nyttevurdering knyttet til installasjons- og bygningsmessige tiltak for tilrettelegging bruk av heis ved brann var vanskelig å gjennomføre. [8]

Med teknologiutviklingen har forutsetningene for å kunne prosjektere velfungerende heisløsninger for bruk ved brann blitt adskillig bedre. I løpet av det siste tiåret har det blitt prosjektert flere heiser tilrettelagt for assistert rømning i Norge, og i det jobbes i skrivende stund med en norsk standard relatert til bruk av heis ved brann. Ett av målene med standarden er å tilrettelegge for at byggverk skal oppfylle lov om likestilling og forbud mot diskriminering. Det pågår også forskning knyttet til bruk av heis til rømning i Sverige, og Direktoratet for byggkvalitet og Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap har også igangsatt et forskningsprosjekt ved RISE i Trondheim. [9]

Bakgrunnen for valg av problemstilling er at det kan forventes at norske byggeforskrifter i overskuelig fremtid i større grad vil tilrettelegge for bruk av heis i forbindelse med rømning. Dersom dette skjer vil det bli et behov relevant kompetanse og litteratur. Denne masteroppgaven har som primærmål å være til hjelp ved brannteknisk prosjektering, ved å gi en oversikt over utfordringer som bør håndteres, samt forslag til tiltak som kan implementeres for å redusere risikoen knyttet til bruk av heis til rømning. Tanken er at rapporten skal gi innblikk og informasjon relevant for bruk av heis til rømning slik at muligheten for slik prosjektering kan vurderes helhetlig og effektivt i en tidlig prosjektfase.

1.2 Problemstilling

Problemstillingen er konkretisert til følgende punkter:

- Dokumentere byggtekniske og heistekniske spesifikasjoner som må ivaretas for å sikre heisers funksjon og sikkerhet i rømningsfasen.
- kartlegge hvordan bygg- og heistekniske detaljer kan ivareta menneskelige aspekter knyttet til bruk av heis som del av rømningsvei.

1.3 Mål

Målene for masteroppgaven er delt inn i resultat- og effektmål:

1.3.1 Resultatmål

- Utarbeide en rapport som gir forslag til hvordan heis- og byggtekniske spesifikasjoner kan ivareta sikkerheten for personer ved rømning i Norge.
- Utarbeide vurdering av risiko forbundet med bruk av heis til rømning.
- Rapporten skal være et godt oppslagsverk for å finne relevant informasjon og litteratur vedrørende bruk av heis til rømning.
- Rapporten skal konkretisere eventuelle faktorer som vanskeliggjør prosjektering der det er tilrettelagt for rømning med bruk av heis ved brann.

1.3.2 Effektmål

- Rapporten skal være til hjelp ved brannteknisk prosjektering av liknende løsninger.
- Rapporten skal gi brannprosjekterende et grunnlag for å vurdere hvorvidt rømning ved bruk av heis er en aktuell løsning i byggverk i en tidlig prosjektfase.

1.4 Avgrensinger

Rapporten tar for seg problemstillinger knyttet til brann. Problemstillinger knyttet til bruk av heis ved jordskjelv, flom, krig eller terror er ikke vurdert.

Generelt behandler denne masteroppgaven heis til bruk ved rømning som et supplement til de rømningsveier som i utgangspunktet er påkrevd for byggverk. Det kan likevel forventes at mange aspekter vil være relevante for problemstillinger knyttet til å bytte et trapperom mot et heissystem for rømning.

1.5 Rapportens oppbygning

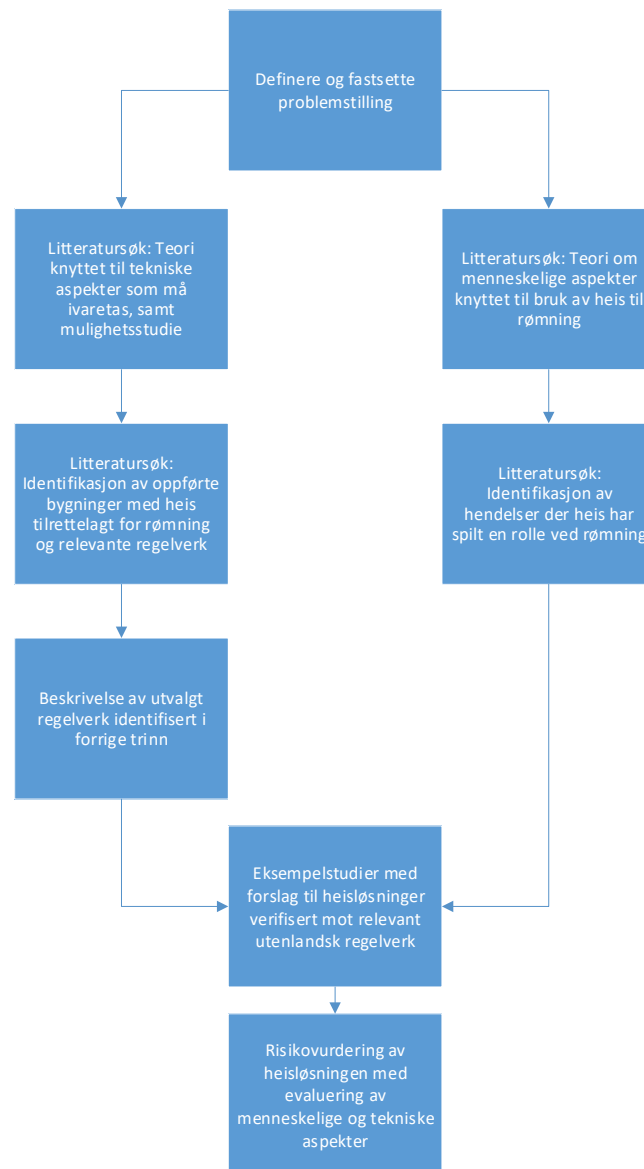
Kapittel 1	Innledningsvis beskrives bakgrunn for prosjektoppgaven, problemstilling, mål, avgrensninger og rapportens oppbygning. Innledningen presenterer også pågående forskning, relevant arbeid, utvikling og historiske detaljer relatert til problemstillingen.
Kapittel 2	Beskriver fremgangsmåten i prosjektarbeidet, og for innhenting og bearbeiding av informasjon som benyttes for å besvare problemstillingen. Her beskrives også metoder, samt teori knyttet til risikovurdering.
Kapittel 3	Inneholder teori innhentet gjennom litteratursøk knyttet til de tekniske aspekter vedrørende bruk av heis ved brann, samt de menneskelige aspektene.
Kapittel 4	Presenterer utvalgte relevante regelverk fra Norge og utlandet, samt publikasjoner utarbeidet i forbindelse med standardiseringsarbeid.
Kapittel 5	Inneholder resultatene fra et litteraturstudium som tar for seg byggverk med heiser tilrettelagt for bruk til rømning. Studiet kartlegger så langt praktisk mulig hvilke regelverk byggverkene ble oppført i henhold til.
Kapittel 6	Dette kapittelet inneholder resultatet fra et litteraturstudium omhandlende hendelser der heiser har hatt en funksjon ved rømning. Kapitlet har som hensikt å danne grunnlag for drøfting av menneskelige aspekter knyttet til bruk av heis ved brann.
Kapittel 7	Viser en generell systembeskrivelse som på en logisk måte viser hvordan tekniske aspekter og rømningsstrategier kan fungere.
Kapittel 8	Omfatter et mulighetsstudium. Studiet er basert på møter med brannvesenet, elektroingeniør og heisleverandører, og drøfter utfordringer fra andre perspektiver enn brannrådgiverens.
Kapittel 9	Eksempelstudium 1 som tar for seg bruk av heis for alle personer uavhengig av funksjonsnedsettelse i et 15 etasjes kontorbygg. Beskrivelse av løsning, sammenlikning mot utenlandsk regelverk, samt risikovurdering.
Kapittel 10	Eksempelstudium 2 presenterer en kravspesifikasjon for bruk av heis til assistert rømning. Løsningen sammenliknes med relevant utenlandsk regelverk, og det gjennomføres en enkel kvalitativ risikovurdering.
Kapittel 11	Diskuterer resultater fra de forskjellige studiene.
Kapittel 12	Kapittelet konkluderer arbeidet, og presenterer videre arbeid som kan være relevant for problemstillingen.

2. Metode

Dette kapitlet beskriver fremgangsmåter for innhenting og bearbeiding av informasjon, og beskrivelse av de viktigste litteraturkildene som er brukt i rapporten. Fremgangsmåter knyttet til prosjektarbeidet og håndtering av utfordringer som har dukket opp blir også beskrevet. Metode for hver enkelt del av rapporten beskrives detaljert.

2.1 Valg av fremgangsmåte

Rapporten omfatter litteraturstudier, eksempelstudier og en mulighetsstudie. Gjennom hele prosessen har det vært fokus på etterprøvbarehet, altså at rapportens resultater i stor grad gjenskapes ved å benytte samme metodikk og premisser. Strategien for fremgangsmåten for å løse rapportens problemstillinger vises i figuren under.



Figur 2 - Strategi for fremgangsmåte

2.2 Litteraturstudie

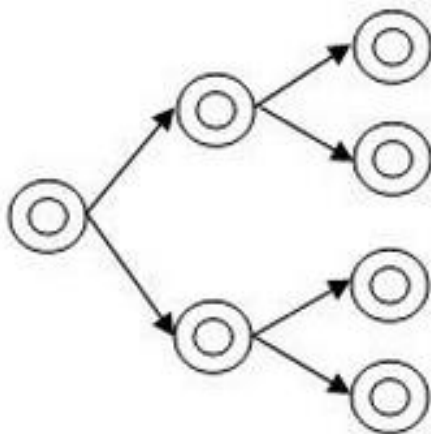
Problemstillingens omfang frambød et behov for dypere forståelse omkring bruk av heis til rømning ved brann, og det ble derfor iverksatt litteratursøk for å få oversikt over relevant litteratur.

Konkrete mål med litteratursøket var å innhente litteratur knyttet til:

- Byggverk der heis er tilrettelagt for å ha en funksjon ved rømning, samt hvilke forskrifter byggverkene oppført i henhold til.
- Uønskede hendelser der heis har spilt en rolle ved brann
- Menneskelige aspekter knyttet til bruk av heis til rømning

Litteraturstudiet ble gjennomført ved hjelp av søkemotorene *google*, *Researchgate*, *IEEE* og *Oria*. Søk etter litteratur inneholdt typisk søkeord som; «Evakueringsheis», «heis brann», «bruk av heis ved brann», «rømningsheis» «rømning heis brann» og liknende kombinasjoner på norsk. Dette resulterte stort sett i nyhetsartikler og vitenskapelige artikler knyttet til universell utforming. Resultatene viste at det var behov for å gjøre tilsvarende søk på engelsk, men det ble også valgt å gjøre det på svensk. På engelsk ble det brukt kombinasjoner av søkeord som; «lift», «elevator», «evacuation», «egress», «fire». På svensk ble det brukt søkeord som; «hiss», «utrymning», «brand» og «evakuering». Søkene på engelsk og svensk resulterte i forskningsartikler og rapporter som belyser aspekter knyttet til bruk av heis som del av rømningsvei.

Videre ble metoden «snowballing» benyttet for å finne flere litteraturkilder. Dette vil i praksis si at nye relevante litteraturkilder finnes ved å se i kildematerialet til artiklene som er funnet, for så å gjenta prosessen. For at denne metoden skal gi gode resultater er det viktig å ta utgangspunkt i gode og anerkjente forskningspublikasjoner. Dette sikrer at kilder som finnes i neste steg også er kvalitetssikret av andre, da typisk personer med forskningsbakgrunn. Når det brukes «snowballing» for litteraturinnhenting er det også viktig å ta utgangspunkt i ferske publikasjoner, da kildene blir eldre og eldre for hvert steg.



Figur 3 - Illustrasjon av «snowballing»-metodikk

«Snowballing» kan også gjøres baklengs. Dette gjøres ved å finne ut hvilke artikler som tilsynelatende er gode ved å sjekke hvor mange som har brukt dem som referanse. Dersom mange forskningsartikler refererer til en gitt kilde, er dette som regel en kvalitetssikring i fagmiljøet som tilsier at kilden er pålitelig. Baklengs «snowballing» er i mindre grad brukt i litteraturinnhenting for denne rapporten.

Litteratursøket danner grunnlag for kapittel 5, 6 og seksjon 3.4, samt deler av teorien. Kapitlene gir oversikt over byggverk som er oppført med heiser tilrettelagt for rømning, samt hvilke regelverk de er oppført i henhold til. Det er også identifisert hendelser der bruk av heiser har påvirket rømningen. Dette er vurdert som hensiktsmessig som følge av at kunnskap om, og ivaretagelse av menneskelige aspekter vil spille en viktig rolle i forbindelse med rømningsstrategier som skal baseres på blant annet bruk av heiser.

Et utvalg av de mest relevante referansene er gjengitt i rapporten:

- Forskningsrapporten «*Användande av utrymningshissar vid utrymning av tunnelbanestation*» er et litteratur- og eksempelstudium skrevet av Axel Mossberg og Daniel Nilsson, publisert i 2018. Rapporten har vært til god hjelp ved utarbeidelse av denne masteroppgaven, da studien gir et ferskt overblikk over forskning som er gjort knyttet til bruk av heis ved brann generelt. [10]
- NIST (National institute of standards and technology) Technical Note 1825; *The Use of Elevators for Evacuation in Fire Emergencies in International Buildings*, datert juli 2014 er også en viktig litteraturkilde. Her ble det funnet mye relevant litteratur, spesielt knyttet til de menneskelige aspektene forbundet med bruk av heis til rømning. Rapporten gir også en oversikt over byggverk der det er lagt opp til bruk av heis ved brann. [11]
- NIST (National institute of standards and technology) har publisert en oversikt; «*Collected Publications Related to the Use of Elevators During Fires (NIST SP 983)*». Oversikten har vært til god hjelp for å finne relevant litteratur for rapporten. Den er imidlertid ikke oppdatert etter november 2013 og mange av artiklene i oversikten er 20 til 30 år gamle. [12]

2.3 Mulighetsstudie:

Rapporten presenterer også en mulighetsstudie som ble gjort i forbindelse med et prosjekt som omhandlet rehabilitering av en gammel brygge i Trondheim. Bryggen skulle settes i stand til moderne kontorlokaler. Det ble i tidlig prosjektfase vurdert å benytte en løsning med heis som én av rømningsveiene. På tross av at det er snakk om en brygge med fem tellende etasjer var det mulighet for preakseptert vindusrømning for alle personer som oppholdt seg i de to øverste etasjene som følge av «heldige» halvetasjer og interntrapper. Dette medførte at heis kunne etableres som et supplement til de preaksepterte ytelses som omfatter rømningssikkerhet. Grunnen til at heis ble vurdert som et supplement handlet om at den preaksepterte rømningsveien der 60 personer skulle kunne ta seg ut av fire vinduer 5 meter over gateplan ble vurdert å være uheldig. En utradisjonell løsning der det ble tilrettelagt for bruk av heis til rømning ble på mange måter ansett som minst like bra som ett preakseptert hopp fra 5 meter.

Metoden for mulighetsstudien kan sammenlignes med metodikken for en intervjustudie. Hensikten var å innhente informasjon knyttet til aspekter som måtte hensyntas, og hva som kunne være problematisk fra andre perspektiver enn brannrådgiverens. Det ble derfor arrangert møter med en elektroingeniør med erfaring fra arbeid knyttet til heis, brannvesenet og flere heisleverandører/heisentreprenører. Et aspekt som kan trekkes frem er at disse møtene ble avholdt primært med tanke på gjennomføring av et reelt byggeprosjekt. Dette medførte at partene i møtene måtte forholde seg til at heis til rømning var noe som det ble vurdert å gjøre alvor ut av, og de ble derfor nødt til å ta stilling til dette. Å konfrontere partene med et reelt prosjekt vurderes som den mest valide innfallsvinkelen for å innhente informasjon.

Grunnen til at det til slutt ikke ble prosjektert med heis til rømning handler om problematikk rundt vannsikring og takopplett. Byggverket ble til slutt prosjektert med to trapperom og uten rømningsvinduer. Byggherre og arkitekt ønsket i utgangspunktet å prosjektere med heis til rømning som følge av at det frigjorde arealer for utleie, og derfor var byggherren også villig til å legge noen ekstra kroner på bordet for en spesiell heisløsning.

Følgende er eksempler på aspekter som ble diskutert:

- Generelle problemstillinger fra andre enn brannrådgiverens perspektiv som vanskeliggjør prosjektering der heis skal kunne brukes i forbindelse med rømning fra et byggverk der brann er detektert.

2.4 Standarder og regelverk

2.4.1 Bruk av heis i byggeforskrifter

Ettersom oppgavens problemstilling omhandler prosjektering av løsninger der heis brukes som del av rømningsvei er det relevant å undersøke utenlandsk regelverk, og hvordan dette løses der. Dette vurderes også som en fornuftig innfallsvinkel i forbindelse med detaljering og verifisering av eksempelstudier som omhandler aspekter som ikke finnes i norsk regelverk. En svakhet med dette er at regelverk må vurderes helhetlig. Med det menes at forutsetningene for hvordan et konkret problem håndteres i forskjellige lovverk ikke nødvendigvis er like. Siden bygningstekniske detaljer kan forventes å være forskjellige fra land til land må det også forventes at det er forskjell på brannscenarier.

Rapporten presenterer relevante regelverk og standarder fra Norge, Sverige, Storbritannia og USA. Deler av regelverkene som omfatter bruk av heis som del av rømningsvei blir gjengitt i rapportens kapittel 5. Dette gjelder for heiser som skal brukes for assistert rømning, og for heiser som kan brukes til rømning uavhengig av personers grad av funksjonsnedsettelse. Begge deler er vurdert som relevante for problemstillingen på bakgrunn av at funksjonen, påliteligheten og sikkerhetsnivået som legges til grunn for bruk av heis ved brann generelt er uavhengig av funksjonsevnen til personen i heisen.

På tross av at oppgaven er gjennomført i samarbeid med et multinasjonalt rådgiverfirma har det vist seg problematisk å få innsyn i nyeste versjon av enkelte standarder og regelverk. En grunn for dette er at lisenser typisk kjøpes for bruk i ett enkelt land, og at det ikke er lov å dele over landegrenser. Flere av de utenlandske lovverkene og standardene som omtales i denne oppgaven er ikke nødvendigvis relevante for typiske prosjekter som gjennomføres i Norge, og det vurderes derfor som naturlig at nye og oppdaterte eksemplarer kan være vanskelig å oppdrive, både gjennom skolen og rådgiverfirma.

Regelverk som er gjengitt fra en utdatert versjon ved rapportens innleveringstidspunkt er følgende:

Standard/regelverk	Gjeldende versjon:	Versjon som gjengis i rapporten:	Kommentar:
<i>BS 9999:2008 "Code of practice for fire safety in the design, management and use of buildings" [13]</i>	2017	2008	En kommentar til dette er at bruk av heiser til rømning ble introdusert i de to store amerikanske regelverkene i 2009. [10] Det kan derfor ikke utelukkes at relevante deler av <i>BS9999:2017</i> er oppdatert sammenliknet med versjonen fra 2008.
<i>NFPA 101, Life safety code [14]</i>	2018	2015	Det er ikke identifisert endringer mellom versjoner av <i>NFPA 101</i> fra 2015 til 2018 på deler som omhandler bruk av heis til rømning ved gjennomgang av revisjonshistorikk. Det antas derfor at det ikke er betydelige forskjeller mellom versjonene når det gjelder bruk av heis til rømning.

2.4.2 Andre relevante standarder:

Oppgavens problemstilling gjorde det nødvendig å undersøke diverse standarder for å innhente relevant informasjon, spesielt i forbindelse med utarbeidelse av teorikapitlet. Bruk av heis til rømning beskrives generelt blant annet i «*Smoke Engineering Handbook* [15]» og «*SFPE handbook* [3]», men på et overordnet plan. For å kunne gi litt mer konkret informasjon knyttet til hvordan tekniske utfordringer løses i praksis er det valgt å også bruke standarder og tekniske spesifikasjoner for innhenting av informasjon.

- Brannmannsheisstandarden *NS-EN 81-72:2015* [16] er vurdert å gi god oversikt over tekniske utfordringer knyttet til bruk av heis ved brann, og hvordan de kan løses.
- Heisstandardene *NS-EN 81-20:2014* [17] og *NS-EN 81-73:2016* [18] er brukt for generell informasjon om heisers virkemåte. I tillegg gir CEN-TS 81-76 [19] forslag til sikkerhetstiltak for heiser som skal brukes til assistert rømning.
- Heisløsninger som skal fungere i et bygg samtidig som det er brann er avhengig av et velfungerende brannalarmanlegg. Informasjon om brannalarmanlegg og alarmorganisering er hentet fra *NS 3960:2019 Brannalarmanlegg – Prosjektering, installasjon, drift og vedlikehold*. [20]
- Samtidig som arbeidet med masteroppgaven har det pågått et arbeid med en standard, *prNS 3807 bruk av heis til rømning*. Ettersom standarden har vært på høring samtidig som oppgaven ble gjennomført var det naturlig hente inspirasjon fra høringsutkastet, samt kurs relatert til standarden som ble avholdt i samarbeid med BFO 29.01.2020.

Det ble også brukt tekniske spesifikasjoner og rapporter ved utarbeidelse av eksempelstudier. Risikovurderinger er gjennomført i henhold til standarder. Utover de som allerede er trukket fram over, er følgende tekniske rapport og standard benyttet i oppgavens resultatdeler.

- I forbindelse med kapitlet som viser menneskelige og tekniske aspekter som må ivaretas er det tatt utgangspunkt i en standard med samme målsetning; *BS PD ISO/TR 25743:2010 – «Study on the use of lifts for evacuation during an emergency»* [21]
- Det er også brukt standarder i forbindelse med risikovurdering, henholdsvis *SN-INSTA/TR 951:2019 Analytisk brannteknisk prosjektering – Probabilistisk metode* [22] og *NS 3901 risikovurdering av brann i byggverk* [23].

2.5 Metode for fastsetting av generell systembeskrivelse:

For å kunne vurdere hvilke tiltak som må implementeres for å sikkert kunne benytte heis ved brann i et byggverk er det nødvendig å kartlegge hvilke faktorer som kan utgjøre farer og risikoer. Dette er gjort ved å ta utgangspunkt i den tekniske rapporten *BS PD ISO/TR 25743:2010 (E)* [21] som omhandler bruk av heis i forskjellig type nødsituasjoner. Denne tekniske rapporten er produsert i samarbeid med brannmannskap og heisingeniører og er tiltenkt å være til hjelp ved utarbeiding av internasjonale standarder. I dette prosjektet vurderes bare farer og risikoer knyttet til brann.

Det utarbeides flytskjemaer som viser hvordan en heis som skal brukes ved rømning kan fungere. Flytskjemaene viser hvordan systemet på en logisk måte avgjør om heisen er en tilgjengelig rømningsvei, samt hvordan rømningsstrategien kan håndteres. Ettersom flytskjemaene viser en generell oversikt over hele systemet kommer også utfordrende aspekter frem, men på en måte som tydeliggjør hvorfor de må håndteres.

Flytskjemaene benyttes videre i rapporten for å vurdere de bygg og heistekniske løsningene som kommer frem i det første eksempelstudiet. Rapporten har imidlertid som målsetning å være et godt hjelpemiddel for brannteknisk prosjektering der det tilrettelegges for bruk av heis ved rømning, og flytskjemaene er derfor utformet med en generell innfallsvinkel. Flytskjemaene er også tenkt å være til hjelp ved fareidentifikasjonen som beskrives i NS 3901 [24], som vanligvis benyttes i forbindelse med risikovurderinger av brann i byggverk, og er relevant ved prosjektering av løsninger der heis skal ha en funksjon ved brann.

Dersom heis skal ha en funksjon ved brann er det kritisk at samspillet med heissystemet og brannalarmanlegget blir riktig. Blokkdiagrammet gir en grov oversikt over detaljer som bør hensyntas når systemet skal programmeres og testes.

Figurene i flytskjemaene er kategorisert som følger:



Figur 4 - Kategorisering av blokker for flytskjema

2.6 Eksempelstudier: Heisløsninger

I eksempelstudiene vurderes to forskjellige typer heisløsninger som kan brukes til rømning. Generelt en løsning der heis betjenes som vanlig under gitte forutsetninger ved brann, samt en annen løsning tilpasset for assistert rømning ved bruk av heis. Det bemerkes at begge løsninger forutsetter dispensasjon fra *TEK17-14 (7)*.

2.6.1 Eksempel 1: Heis tilrettelagt for bruk ved rømning uavhengig av funksjonsnedsettelse med ordinær betjening:

Heisløsning tilpasset bruk i forbindelse med rømning fra eksempelvis kontor, hotell og leilighetsbygg. Dette er en løsning som skal være tilgjengelig for alle personer uavhengig av funksjonsevne, og skal ivareta personsikkerheten ved bygningstekniske tiltak i tillegg til overvåkning og sanntidsinformasjon fra et byggverks brannalarmanlegg. Denne heisløsningen er inspirert av høringsutkastet til *prNS 3807 – Bruk av heis til evakuering*. Løsningenes egenskaper er også sammenliknet med systembeskrivelser utarbeidet fra *BS PD ISO/TR 25743:2010 (E)* [21].

Heisløsningen som fremgår av litteraturstudiet sammenliknes videre med de krav som stilles i relevante deler av *NFPA 101* [14].

Denne heisløsningen skal i «Eksempelstudium 1», dokumenteres i et kontorbygg med 15 etasjer som ligger i utkanten av Trondheim. Dokumentasjonen omfatter en kort beskrivelse av byggverket, beskrivelse av heisløsning, samt en risikovurdering som helhetlig vurderer sikkerheten til heisløsningen i det aktuelle byggverket. Byggverket er utvalgt på bakgrunn av at det er brannteknisk godt tilrettelagt for at en risikovurdering skal resultere i at heis til rømning kan tillates. Risikovurderingen er basert på kvalitative og kvantitative probabilistiske metoder, og er forsøkt så langt praktisk mulig gjennomført i henhold til *NS 3901* [24]. Metode for risikovurderingen beskrives ytterligere i kapittel 2.7.

2.6.2 Eksempel 2: Evakueringsheis utformet for assistert rømning:

Denne heisløsningen er utformet for bruk i forbindelse med assistert rømning for personer med nedsatt funksjonsevne. En slik heis kan være aktuell i forbindelse med publikumsbygg som trafikkterminaler, kjøpesenter, museer, stadionanlegg og andre typer byggverk som defineres som risikoklasse 5 i henhold til *VTEK*. Grunnen til dette er at slike bygg typisk har interne organisasjoner som kan ha roller ved brann, eksempelvis styring av heis. Utformingen av denne heisløsningen er for assistert rømning og er inspirert av *CEN/TS 81-76*. [19]

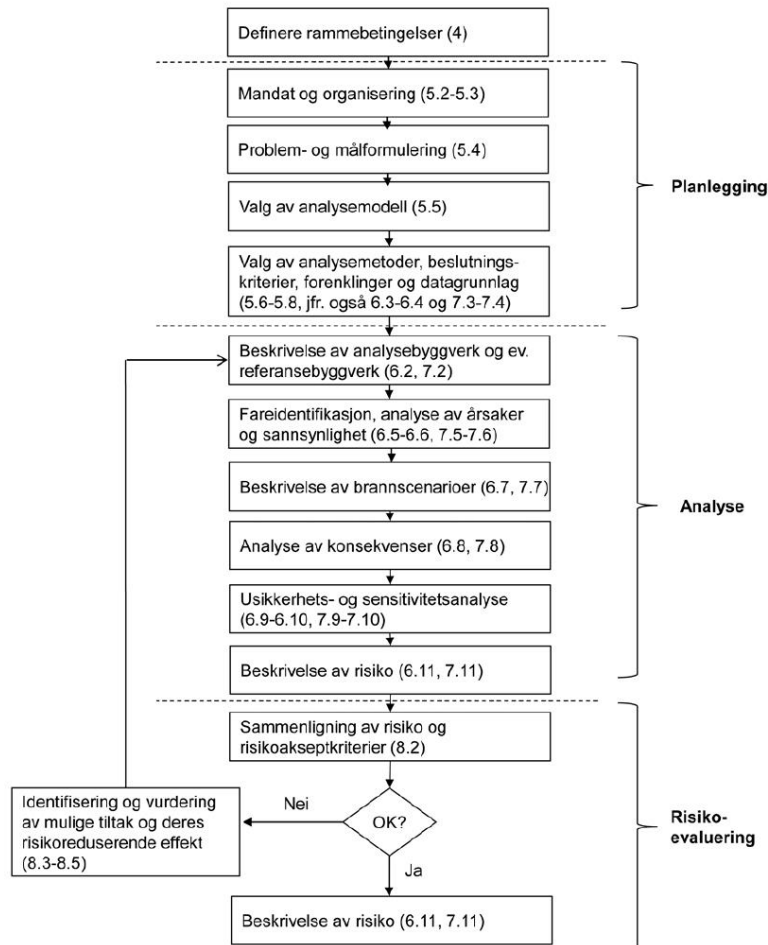
Løsningen vil sammenliknes med krav til heiser til bruk for assistert rømning sammenliknes med relevante deler av *BS9999:2008* [13].

Det gjøres ikke en objektspesifikk risikoanalyse for denne løsningen. I stedet er det valgt å gjøre en enkel kvalitativ vurdering.

2.7 Risikovurdering for eksempelstudium 1:

2.7.1 Generelt om analyse og formål:

I alle byggverk der det er ønskelig å prosjektere med heis som del av rømningsvei må nødvendigvis dokumentasjon av at personsikkerheten er ivaretatt legges til grunn. I forbindelse med eksempelstudium 1 gis et eksempel på risikovurdering der målet er å dokumentere personsikkerheten for heisløsningen i analysebyggverket. Risikovurderingene er så langt praktisk mulig utført i henhold til *NS 3901:2012* [24] og *SN-INSTA 951* [22].



Figur 5 - Flytskjema for risikovurdering av brann i byggverk (NS 3901)

Analysen benytter risikoakseptkriterier relatert til problemstillingen, utarbeidet på bakgrunn av brannstatistikk fra byggverk som skal ha tilsvarende risiko som analysebyggverket.

Målet med analysen er å identifisere og analysere farer og potensielle uønskede hendelser med tanke på frekvensen for hvor ofte de inntreffer og den negative konsekvensen de kan påføre analyseobjektet, altså heisen. Dersom resultatet av analysen tilsier at risikoen ikke er akseptabel skal det foreslås risikoreduserende tiltak. For å på en god måte kunne fastsette risikoreduserende tiltak er det nødvendig å vurdere usikkerhetene som foreligger i analysene, analyseresultatets følsomhet, samt heisløsningens sårbarhet om en uønsket hendelse inntreffer.

2.7.2 Forutsetninger, antagelser og avgrensninger:

Gjennom risikovurderingene er det gjort forenklinger og antagelser. Dette på grunn av problemstillingens kompleksitet og omfang. Risikovurderingene er begrenset til å omhandle de aspekter som er relevante i forbindelse med bruk av heis til rømning ved brann. Fokuset i risikovurderingene er på personsikkerhet.

2.7.3 Sannsynlighet, konsekvens og risikoakseptkriterium:

Risiko er definert som en funksjon av sannsynlighet og konsekvens. Sannsynlighet er angitt som frekvens, som også kan leses som antall år mellom hver gang den aktuelle uønskede hendelsen skjer for ett analyseobjekt, eller hvor mange like objekter det trengs for at den aktuelle uønskede hendelsen skal skje én gang i året.

Sikkerhetsnivået i byggverkene skal være på nivå med *TEK17* [2], men det er utfordrende å fastsette risikoakseptkriterier som reflekterer dette sikkerhetsnivået. For å definere et risikoakseptkriterium som mer eller mindre reflekterer sikkerhetsnivået i *TEK* er det brukt statistikk. *Brannstatistikk.no* [25] gir tall på hvor mange branner som har oppstått i forskjellige virksomheter, og om brannen medførte personskader. En fordel ved å bruke denne kilden til statistikk er at den gir tall fra Norge. Det kan forventes at de fleste byggverkene som er representert i statistikken er oppført i henhold til en eller annen versjon av *TEK*, eller tilfredsstillende minst *byggeforskrift 85* [26]. Den detaljerte statistikken finnes imidlertid bare fra og med 1/1-18, og på bakgrunn av det lave utvalget er det usikkert om statistikken er signifikant. Tallene som fremkommer av statistikken er derfor kontrollert opp mot *PD 7974-7:2003* [27] som relevant statistikk, men fra utlandet. Til slutt vurderes det hvorvidt statistikken sammenfaller med akseptkriterier for tredjeperson som typisk benyttes i industriell sammenheng.

En «fordel» knyttet til vurderinger av sikkerheten til en heisløsning er at det finnes et gitt tall på hvor mange det er plass til i heisen. En risikoanalyse kan da ta utgangspunkt i et «worst-case»-scenario der alle det er plass til i heisen kan omkomme. Fordelen er at det er enklere å ta i bruk probabilistiske kvantitative metoder når konsekvenser er kvantifiserbare.

2.7.4 Fareidentifikasjon:

Uønskede hendelser som kan utgjøre en fare ved bruk av heis til rømning fra brann avhenger av faremomenter som foreligger. Dette avhenger blant annet av virksomhet, aktive og passive brannsikringssystemer, etablerte sikkerhetstiltak og andre særskilte forhold.

Kartlegging av faremomenter gjøres som en del av vurderingen for å:

- Skaffe oversikt over alle farer som er relevante i forbindelse med bruk av heis til rømning.
- Konkretisere farer gjennom spesifisering av uønskede hendelser (for eksempel sted- og tidfesting, omfang og art.
- Etablere systematisk oversikt over relevante uønskede hendelser knyttet til bruk av heis til rømning.

Siden det finnes svært mange forskjellige branntilløp i en bygning er det aktuelt å ikke vurdere enkelte tilløp. Tilløp det ikke er grunnlag for å vurdere er:

- Tilløp som ikke har potensiale til å utvikle seg utover startbrann. Dette vil være startbranner som slukker av seg selv på grunn av mangel på brennbare materialer eller oksygen.
- Tilløp med svært lav sannsynlighet, unntatt der tilløpet kan ha svært alvorlige konsekvenser.

- Tilløp som ikke har påvirkning på rømningssikkereten knyttet til bruk av heis til rømning.

Spørsmål det kan være naturlig å stille:

- Hva kan begynne å brenne?
- Hvordan kan det brenne?
- Hvorfor branntilløpet oppstår?
- Hvor kan det oppstå?
- Når det er mest kritisk at branntilløpet oppstår?

NS 3901 angir at det som en del av analysen skal angis initierende branner på et detaljeringsnivå som samsvarer med analysens formål og målsetning. Branner som er angitt i *NS 3901* er utformet med tanke på planlegging og prosjektering av byggverk, og er således ikke direkte overførbare med tanke på hensikten til denne rapporten som er å verifisere løsninger der heis brukes til rømning. Scenarioene er uansett brukt for å identifisere uønskede hendelser.

Aktuelle eksempler fra *NS 3901* [24] som skal vurderes:

1. Et alvorlig brannscenario med rask utvikling og høy branneffekt som representerer det verst tenkelige troverdige scenarioet i byggverket.
2. Brann som oppstår i et rom som normalt er uten personer, og som kan true et større antall personer i andre deler av byggverket.
3. Brann som utvikler seg langsomt, og som ikke vil utløse et automatisk slokkeanlegg.
4. Representative brannscenarioer for det aktuelle byggverket som skal analyseres for å avdekke robustheten i den branntekniske utformingen.

Brannscenario type 1 beskriver hendelser som utgjør en spesielt høy konsekvens for rømningssikkerheten i byggverket. På tross av den lave sannsynligheten for at de skal inntreffe er det relevant å vurdere disse nærmere, da disse scenarioene er utformet for å verifisere at et byggverks branntekniske utforming også tåler hendelser som oppstår sjeldent.

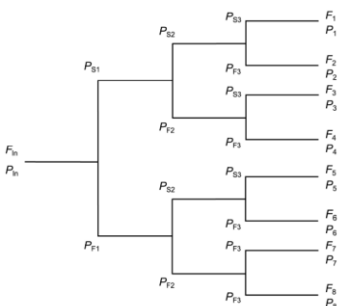
Brannscenario 2 beskriver hendelser som inntreffer i områder i byggverket hvor de får lang tid til å utvikle seg før de blir oppdaget. Disse scenarioene vil med andre ord være av betydelig størrelse når de blir oppdaget. I henhold til *NS 3901* kan dette scenarioet utelates om det er installert heldekkende brannalarmanlegg eller heldekkende brannslukkeanlegg. Det kan forventes at de fleste byggverk der bruk av heis til rømning er aktuelt vil ha både brannalarm- og sprinkleranlegg.

Brannscenario 3 beskriver hendelser som bruker lang tid på å utvikle seg, og som kun etter lang tid vil inneholde større flammer. Brannen vil imidlertid kunne avgi store mengder røyk, og kan utgjøre medføre at menneskelige tålegrenser for sikt eller giftighet overstiges i startbranncellen. Dette scenarioet er viktig i byggverk der det oppholder seg personer som ikke er i stand til å ta seg selv i sikkerhet. Scenarioet er aktuelt i forbindelse med bruk av heis til rømning, fordi det kan forventes at personer kan bli nødt til å vente på heisen.

Brannscenario 4 beskriver øvrige branntilløp som avhenger av objektet. Dette inkluderer alle scenarioer som kan true mennesker i byggverket, og som ikke allerede er inkludert i de andre kategoriene.

2.7.5 Årsaks og sannsynlighetsanalyse:

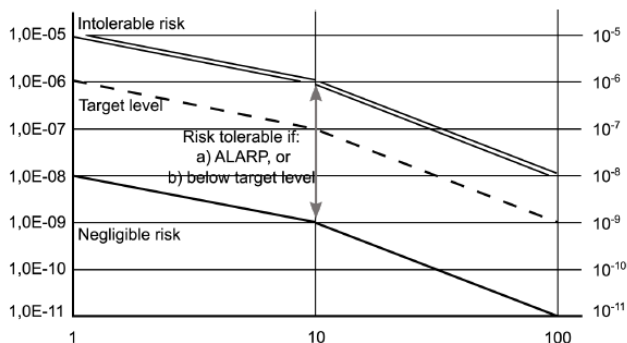
Deler av risikovurderingen er basert på probabilistiske kvantitative metoder. Dette medfører at statistikk er en sentral del av analysen. Uønskede hendelser vurderes i sammenheng med deres sannsynlighet for at de skal inntreffe, med de potensielle negative konsekvensene knyttet til bruk av heis ved brann. For å kvantifisere frekvensen for at en startbrann utvikler seg til en uønsket hendelse er det brukt hendelsestrær. Nodene i hendelsestrærne er basert på tall hentet fra «*Verifying Fire Safety Design in Sprinklered Buildings, 2011*» [28] og *SN-INSTA 951:2019* [22] og representerer svikt i aktive -og/eller passive brannsikringssystemer som skiller analyseobjektet, altså heisen fra brannen. Frekvens for initierende hendelse multipliseres med de bakenforliggende nodene.



Figur 6 - Visualisering av hendelsestre (SN-INSTA 951)

2.7.6 Konsekvensanalyse:

Konsekvensanalysen er utført som ALARP-analyse for enkelte scenarioer, og kvalitativt der det er vurdert som mer passende. En ALARP-analyse innebærer at det tas utgangspunkt i frekvens for uønsket hendelse og konsekvens, for å vurdere om sannsynligheten for at den uønskede hendelsen skjer er så lav at risikoen kan aksepteres. Akseptkriteriet henger sammen med konsekvensen, og er ti ganger strengere for ti personer enn for en. Samtidig er sannsynligheten for svikt som leder til uønsket hendelse uavhengig av konsekvens. Et FN-diagram med konsekvens på x-aksen, og frekvens på y-aksen viser hvordan det kan avgjøres hvorvidt risiko er akseptabel. Diagrammet under viser forslag til grader av risiko som er akseptabel, uakseptabel og i ALARP-området. Når risiko er i ALARP-området skal i utgangspunktet risikoreduserende tiltak implementeres så fremt det kan forsvares i et kost-nytte-perspektiv. Denne rapporten forholder seg bare til risikonivå som vurderes som akseptabel risiko i henhold til statistikk og *SN-INSTA 951* [22].

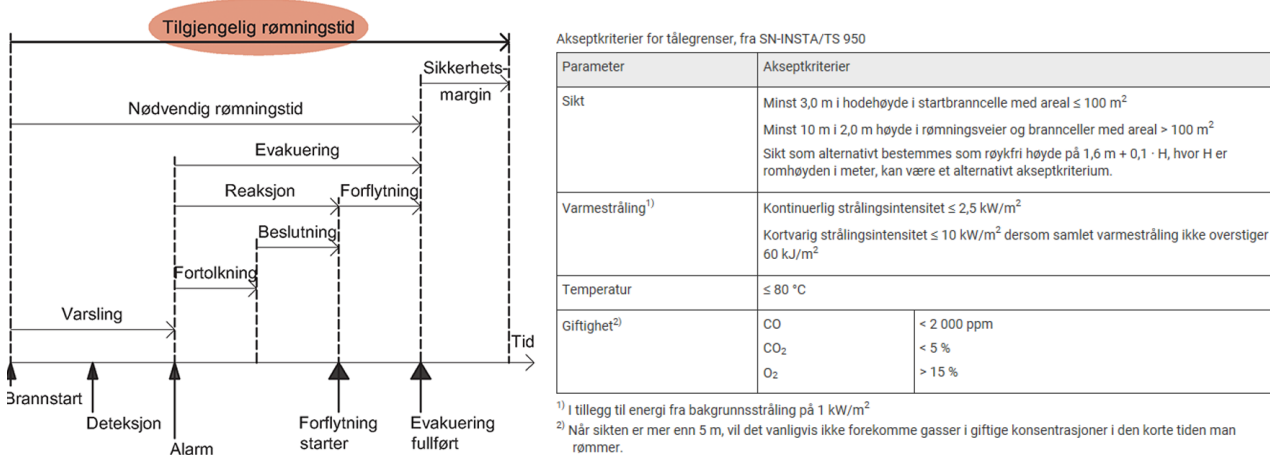


Figur 7 - Visualisering av FN-kurve (SN-INSTA 951)

3. Teori

3.1 Rømning

I forbindelse med evakuering vurderes typisk tilgjengelig og nødvendig rømningstid. Nødvendig rømningstid er tiden fra en brann starter til personer har ankommet sikkert sted. Tilgjengelig rømningstid er tiden fra brannstart til forholdene i en branncelle overskrider ett akseptkriterium for en gitt menneskelig tålegrense. Vanligvis benyttes akseptkriterier for tålegrenser fra *SN-INSTA/TS 950* [29] som definerer grenser for sikt, varmestråling, temperatur og giftighet. Tiden mellom nødvendig og tilgjengelig rømningstid er en sikkerhetsmargin, som skal reflektere omfanget av usikkerhet. [30]



Figur 8 - Forklaring av rømningstid og akseptkriterier for menneskelige tålegrenser [30]

Den nødvendige rømningstiden er summen av varslingstiden, reaksjonstiden og forflytningstiden. Varslingstiden er tiden fra brannen starter til alarmen går. Reaksjonstid bygger på de menneskelige aspektene knyttet til å igangsette rømningen, mens forflytningstiden er tiden fra personer bestemmer seg for å bevege seg ut, til de er ute. Ved bruk av heis til rømning påvirkes reaksjons- og forflytningstider og da nødvendig rømningstid. Reaksjonstid knyttes til menneskelige aspekter som presenteres i seksjon 3.4.

Påvirkningen på forflytningstid avhenger av personene i bygget. Det kan forventes at en vesentlig del av befolkningen sliter med en eller annen form for nedsatt funksjonsevne, og at det i de fleste byggverk vil oppholde seg en andel personer som vil slite med å ta seg ned trapper. På tross av dette stilles det i byggeforskriftene krav om at mange byggverk utformes universelt og tilgjengelig for å hindre diskriminering, altså at personer skal kunne ta alle deler av et byggverk i bruk uten betydelige utfordringer uavhengig av funksjonsevne. For personer med nedsatt forflytningsevne løses eksempelvis dette ved bruk av dørpumper, ramper og heiser. Dette medfører for eksempel at personer med betydelig nedsatt forflytningsevne i det daglige lett kan komme seg til, og oppholde seg i, høytliggende plan uten utfordringer fordi heisen tar dem opp og ned. Ved en brann skal heisen i henhold til TEK tas ut av drift, noe som betyr at enkelte personer med nedsatt forflytningsevne står uten en praktisk mulighet til å ta seg ned og ut uten bistand. Problemstillingen er kjent, og løses i skrivende stund typisk med sprinkling, «buddy-systemer» og spesialutstyr som for eksempel trappestoler. [8]

Med funksjonsnedsettelse og forflytningsvansker assosieres det gjerne til personer med fysisk og psykisk utviklingshemming, men det er viktig å huske at de fleste som lever lenge nok vil oppleve en grad av funksjonsnedsettelse i form av alderdom eller sykdom. Funksjonsnedsettelse trenger

heller ikke nødvendigvis å omfatte permanente forflytnings- eller orienteringsvansker, men kan også være midlertidige, for eksempel i form av idrettsskader, svangerskap eller ruspåvirkning. Personer med høyt blodtrykk kan også oppleve utfordringer med å ta seg ned mange trapper. [6]

Personer med nedsatt forflytningsevne vil i de fleste tilfeller øke den nødvendige rømningstiden som følge av økt forflytningstid. Hvor mye avhenger av hvor mange personer med funksjonsnedsettelse som rømmer, og grad av nedsatt forflytningsevne. Forlenget forflytningstid kan skyldes at noen har behov for assistanse, eller at personer med forflytningsvansker reduserer eller blokkerer personstrømmen i tilgjengelige rømningsveier. På bakgrunn av dette er det klart at forflytningstider i byggverk med vertikale avstander ideelt sett reduseres når trapperom suppleres og avlastes ved å også ta i bruk heiser, spesielt der heiser benyttes til evakuering av personer med nedsatt funksjonsevne. I praksis vil det imidlertid være store usikkerheter som følge av menneskelige aspekter.

Et byggverks høyde spiller en stor rolle for forflytningstiden og den nødvendige rømningstiden. Desto høyere et byggverk er, desto mer effektivt vil det være å ta heis i bruk til rømning. I skrivende stund finnes det flere modeller for å beregne forflytningstider ved bruk av heis, eksempelvis *Pathfinder*, *ELVAC* og *Egress Estimator*. I boken «*handbook of smoke controll engineering*» [15] finnes det et kapittel som omhandler effektiviteten til heiser som skal brukes til rømning. Boken presenterer blant annet en rekke uttrykk som kan brukes til å beregne effektiviteten til et evakueringsystem som omfatter bruk av heis eller heiser. Bruk av modeller for å beregne forflytningstider vil være svært aktuelt dersom det skal prosjekteres med heiser som alternativ til trapperom. [15]

Overnevnte aspekter er fenomener som fremkommer av rømningsstrategi der alle skal rømme ut av byggverket til sikkert sted ved brannalarm. Denne strategien benyttes i de fleste byggverk i Norge. I noen tilfeller kan det imidlertid være ønskelig å tilrettelegge for (uavhengig av funksjonsevnen til personen) et sikkert sted internt i byggverket, en strategi kjent som «*beskytt i bygget*». En variant av «*beskytt i bygget*» brukes typisk i Sverige der det ofte legges opp til at beboere i store leilighetsbygg skal vente i leilighetene ved brann.

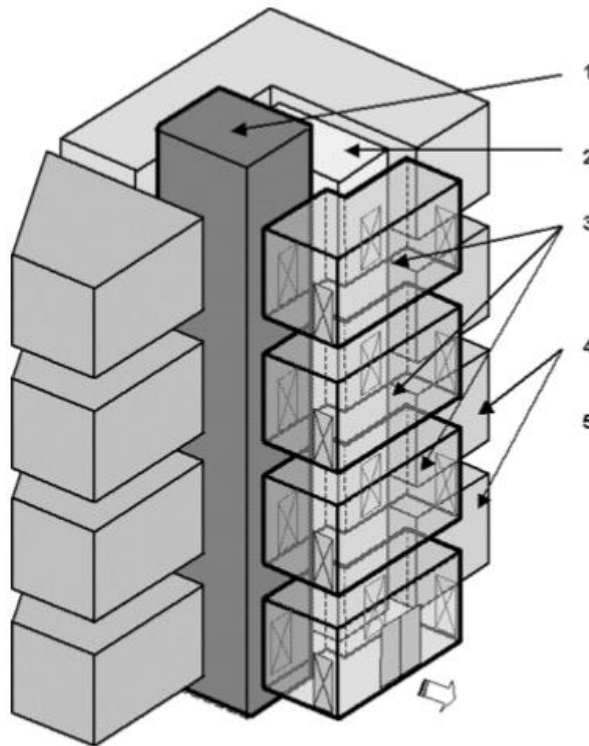
Ved utarbeidelse av *TEK 10* [7] ble det på bakgrunn av kost-nytte-vurderinger fra et samfunnsøkonomisk perspektiv besluttet at det ønskelig at også pleietrengende som kan, skal kunne bo i ordinære boliger lengre. Som følge av at dette typisk er personer i risikogrupper, som heller ikke nødvendigvis er i stand til å ivareta sin egen sikkerhet ved brann ble det da påkrevd sprinkleranlegg i boliger som risikoreduserende tiltak. Bruk av heiser til rømning ble også undersøkt, men viste seg vanskelig å vurdere i et kost-nytte-perspektiv. [8]

I en rapport som er utarbeidet av Sintef, «Bygg for alle – Lik brannsikkerhet for alle?» gis følgende eksempler på strategiske spørsmål som bør avklares og tydeliggjøres: [6]

- *Skal alle ut og vekk fra bygningen ved brann, eller skal det aksepteres at personer oppholder seg i bygningen under et brannforløp?*
- *Tiltak på mikro eller makronivå? Skal det tillates spesielle tiltak, som egne rømningsveier, for personer med nedsatt funksjonsevne (mikro) eller skal tiltak benyttes av alle(makro)?*
- *Skal universell utforming, inklusive sikker evakuering, gjelde alle bygninger eller skal kravene differensieres?*
- *Hvilke tiltak vil/kan være diskriminerende (ulike rømningsveier, GPS-sporing, «buddy»-system, assistanse for å bli hjulpet ut etc.)?*
- *I hvor stor grad skal organisatoriske tiltak tillates og hvordan skal etterlevelse av tiltak sikres?*

Bruk av heiser til rømning kan gjøre rømning tilgjengelig for mange personer uavhengig av grad av funksjonsnedsettelse på en måte som ikke er diskriminerende, spesielt om kapasiteten tillater at alle personer som vil kan ta heiser i bruk.

3.2 Skisse av typisk branncelleinndeling i heis- og trappekjerne:



Figur 9 - Typisk heis- og trappekjerne [16]

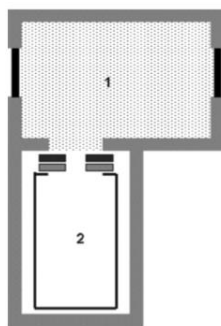
1. Heissjakt med heisgrop i bunn utformet som én vertikal branncelle gjennom alle etasjer
2. Trapperom utført som rømningsvei, som én vertikal branncelle gjennom alle etasjer
3. Sluser eller midlertidig sikkert sted. Egen sluse, som egen branncelle i hver etasje
4. Bruksarealer med en eller flere brannceller.
5. Heismaskinrom vises ikke på figuren, men ligger ofte i samme branncelle som sjakt, ellers må de utføres som egen branncelle i henhold til VTEK17.

3.3 Generelt om tekniske aspekter knyttet til heis og brann:

I byggverk med lange vertikale avstander kan brannvesenets arbeid være utfordrende. For å hjelpe brannvesenet med innsatsen i høye bygg stiller de fleste byggeforskrifter krav om brannmannsheis. Brannmannsheiser brukes for å komme tidligst mulig til brannen, relativt utvilt og med det nødvendige utstyret. I mange tilfeller kan brannmannsheiser være kritiske for å sikre brannvesenets innsats, og disse heisene er derfor utført på en måte som sikrer funksjonen så lenge som det er praktisk mulig, på tross av at byggverket står i brann. På bakgrunn av at brannmannsheiser viser at det er vanlig å prosjektere heiser som er driftssikre ved brann er det vurdert som passende å ta utgangspunkt i brannmannsheisstandarden EN 81-72 [16] for å beskrive de tekniske løsningene som ofte implementeres for å sikkert kunne drifte heiser ved brann.

3.3.1 Røyk- og brannkontroll:

For å sikre at en brannmannsheis kan brukes i den tid som er nødvendig er det viktig at det gjøres tiltak for å sikre funksjoner og komponenter mot brann- og røykpåkjenning. Det kan i enkelte tilfeller også være ønskelig for brannvesenet å benytte seg av brannmannsheisen for evakuering av personer fra høytliggende plan. [15] For å kunne gjennomføre dette på en sikker måte må forholdene i heisstolen og tilhørende venteareal være akseptable. For å sikre dette utføres brannmannsheiser med en tilhørende brannsluse, som har til hensikt å hindre brann fra å spre seg inn i heissjakten. Dette er naturligvis også relevant i forbindelse med heiser som skal ha en funksjon knyttet til evakuering uavhengig av brannvesenet.



Figur 10 - Prinsipp for heis med brannsluse

Figuren over viser en heiskjerne der 1 representerer brannslusen, og 2 heisstolen som henger i heissjakten. Figuren kan sammenliknes og betraktes tilsvarende som et trapperom Tr 3. I tillegg til brannsluser er det nødvendig med ventilasjonstekniske tiltak for å sikre sjakten ytterligere mot røykinntrenging, typisk mekanisk røykventilasjon eller trykksetting. Det vanligste i forbindelse med brannmannsheiser er trykksetting eller trykkavlastning av sjakt, med trykkavlastning i foranliggende brannsluse eller branncelle. *NS-EN 12101* [31] angir forskjellige metoder for røykkontroll i heiser. En vanlig utfordring knyttet til trykksetting er trykkforskjeller mellom sluser og sjakt, som i verste fall kan hindre heisdører fra å åpnes eller lukkes. Andre faktorer som ofte må tas med i betraktningen er skorsteinseffekt og «Piston-effekten». I det hele tatt er røykkontroll i heissjakter et komplisert aspekt som må være gjennomført på en god måte dersom heiser skal kunne driftes sikkert i et byggverk som brenner. [16] [15]

Det bemerkes at det må stilles strengere krav til røyktetthet for en heis som skal benyttes til rømning ved brann, enn for en brannmannsheis. Grunnen er at røykdykkere har utstyr som gjør at deres «tålegrenser» er adskillig høyere enn det som kan aksepteres for personer uten beskyttelse.

3.3.2 Kraftforsyning:

Sikring av kraftforsyning er vitalt for drift av heis ved brann. Dersom en heis utføres med én kraftforsyning blir drift umulig ved strøm- eller kabelbrudd. Dette medfører at heiser som skal ha en funksjon ved brann ofte må utføres med sekundær kraftforsyning, som da er uavhengig av hovedkraftforsyningen. Dette krever brannteknisk rådgivning da kabling internt i et byggverk må utføres på en måte som betydelig reduserer risikoen for at begge kraftforsyninger kan slå ut av samme brannscenario. [16]

Normalt sikres kraftforsyningen ved bruk av to uavhengige funksjonssikre kabler fra hovedtavlen, men noen ganger kan det være ønskelig å sikre kraft selv ved strømbrydd. I slike tilfeller kan sekundære kraftforsyninger sikres ved bruk av aggregat, UPS eller batteri. For en brannmannsheis må kapasiteten til den alternative kraftforsyningen sikre driften i den tid som er nødvendig for brannvesenets innsats. En heis som skal brukes til rømning må ha kraftforsyning i tiden som er nødvendig for rømning. Nødvendig rømningstid, selv med bruk av heis, forutsettes å være adskillig kortere enn nødvendig tid for brannvesenets slokkeinnsats i de fleste bygg. På bakgrunn av dette kan det forventes at en kraftforsyning tilstrekkelig for en brannmannsheis også er tilstrekkelig for en heis som skal benyttes til rømning.

En alternativ metode for sikring av kraftforsyning at brannalarmanlegget benyttes til overvåkning av kabelføringer. Prinsippet er at heisen skal tas ut av drift om det detekteres røyk i områder som truer heisens kraftforsyning. Denne løsningen er presentert i høringsforslaget til prNS 3807.

Det kan bemerkes at flere av metodene som nevnes bare sikrer heisens integritet for bruk. Dersom heis skulle erstattet en rømningsvei ville det vært nødvendig å sikre at et brannforløp som tar ut heisen, ikke kan ta ut den andre rømningsveien.

3.3.3 Vannproblematikk:

En heis som skal kunne driftes ved brann må som regel utføres på en måte som gjør den sikker i tilfelle den eksponeres for vann. Ved brann kan vann fra eksempelvis sprinklere eller brannslanger medføre en fare for skader på heisers elektriske og mekaniske utstyr. Kritisk utstyr finnes i heisstol, sjakt og heismaskinrom. [16] [15]

Det er generelt to fremgangsmåter som benyttes for å håndtere vannproblematikken. Den ene er å benytte komponenter som er funksjonssikre i våte omgivelser, mens den andre er å hindre vann fra å trenge inn i heissjakter og heismaskinrom, for eksempel ved bruk av terskler, gulvhellinger og sluk. Dersom vann aksepteres inn i heissjakt, kan det bli nødvendig med pumpe for å hindre at heisgrop fylles over 0,5 meter. [16]

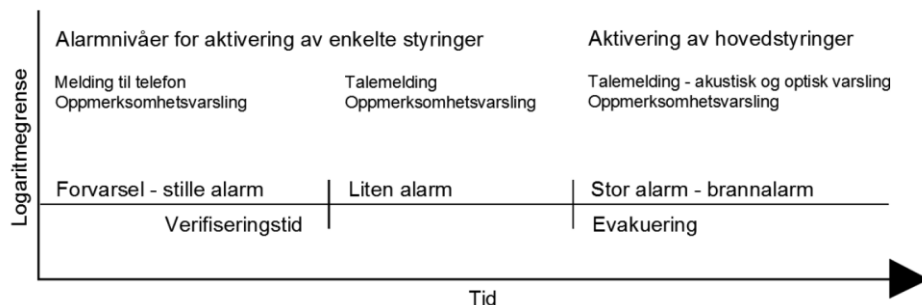
3.3.4 Styresystem:

De fleste er kjente med de automatiske heisbetjeningssystemene som brukes i det daglige. Mange heiser har også mulighet for tilbakekalling og manuell kontroll. Tradisjonelle heiser skal tilbakekalles dersom brannalarm aktiveres i byggverket, altså at heisen skal tas ut av drift med åpne dører i et trygt plan i henhold til *EN 81-73 Heisers virkemåte i tilfelle brann* [18]. Manuell styring av heiser skjer typisk i brannmannsheiser av brannvesenet, eller i heiser utformet for assistert rømning som typisk styres av spesialtrent driftspersonell. [15]

Tradisjonelt sett har det vært ansett som problematisk å la heiser gå i henhold til det daglige styresystemet ved brann, blant annet fordi personer kan fraktes til etasjer med brann og da bli eksponert for farlige situasjoner. Et annet problem er at heiser kan bli tilkalt fra mange plan, noe som kan medføre ineffektiv, eller dårlig prioritert evakuering. Heiser bør ikke kunne stoppe i hver etasje den tilkalles uten at den er tom for passasjerer, og bør prioritere etasjer der situasjonen kan forventes å være mest kritisk. [15]

3.3.5 Brannalarmanlegg og alarmorganisering:

Brannalarmanlegg gått fra å være et deteksjon- og varslingsverktøy til å bli «hjernen» i et moderne bygg. Med det menes at sanntidsinformasjon fra detektorer kan legge premisser for styring av komponenter eller utstyr som skal ha en funksjon ved brann. Dette samspillet mellom brannalarmanlegget og tiltak som iverksettes defineres som alarmorganisering. Forutsetningene for alarmorganiseringen ligger i et byggverks brannsikkerhets- og rømningsstrategi, og det er derfor naturlig at alarmorganisering håndteres av en brannteknisk rådgiver. [24]



Figur 11 - Eksempel på brannalarmorganisering [24]

Figuren over viser at brannalarmen kan gå i forskjellige nivå, typisk i forvarsel, liten alarm og stor alarm. Kriterium for deteksjon, eller for at alarm skal gå til et høyere nivå gjøres på bakgrunn av en risikovurdering, utarbeidet av brannrådgiver der brukers behov, risiko og sårbarhet er vurdert. På bakgrunn av dette er det i praksis brannrådgiveren som bestemmer når brannalarmanlegget skal sende signal om tilbakekalling til heiser. §11-14 (7) i TEK 17 er imidlertid uansett helt klart på at heiser ikke skal brukes til rømning, og dette kan ikke tolkes som anledning til å slippe dispensasjonssøknad.

Utover overnevnte aspekter kan det også etableres lokale styringer, for eksempel for røyskille (E30-Sa [F30] -dører) på magnet, der det kan være aktuelt å programmere brannalarmanlegget til å holde dørene åpne for å lette rømning, fram til røyk detekteres på en av sidene. Dette er prinsippet bak norsk standard prNS 3807:2019 bruk av heis til rømning som er under utvikling, der brannalarmanlegget skal overvåke områder rundt heisen med dens kritiske komponenter for å bestemme hvorvidt heis trygt kan driftes.

Der det er aktuelt å gå for heisløsninger som baserer seg på brannalarmanlegg og alarmorganisering må systemenes pålitelighet tas med i betraktningen. Dette må nødvendigvis gjelde hele livsløpet og fra komponent til systemnivå. Menneskelige aspekter som prosjektering, utførelse, testing og kontroll må dokumentere at systemet fungerer som det skal i den tid der systemet er kritisk for rømningssikkerheten.

Fire alarm and detection systems			
Improvement in probability of early detection in buildings with AFDA	General value	0.5 to 0.6	—
Reliability of alarm box, wiring and sounders	General value	0.95 to 1	—
Reliability of detectors	Commercial smoke	0.9	—
	Domestic smoke	0.75	—
	Aspirating smoke	0.9	—
	Heat	0.9	—
	Flame	0.5	—

Figur 12 - Pålitelighet i for komponenter i brannalarmanlegg (PD 7974-7:2003)

I BS PD 7974-7:2003 [27] angis tall for påliteligheten til forskjellige typer detektorer, alarmsentral, kabling og lydgivere. Dette er gamle tall fra en tilbaketrukket standard som neppe er representative for moderne brannalarmanlegg, men generelt kan ikke påliteligheten til et system som bare baseres på signaler fra et brannalarmanlegg være mer pålitelig enn brannalarmanlegget. Det er imidlertid viktig å påpeke at system som baseres på flere detektorer vil ha økt redundans og pålitelighet for deteksjon. Tiltak for å øke påliteligheten for brannalarmanlegg drøftes i rapportens diskusjonsdel.

3.4 Menneskelige faktorer

Med menneskelige faktorer menes interaksjonen mellom mennesker og andre deler av et system. De menneskelige aspektene knyttet til bruk av heis ved brann bør alltid tas med i betraktningen dersom det skal legges opp til en slik rømningsstrategi, spesielt fordi de fleste personer er opplært til å aldri benytte heis ved brannalarm. Forståelse for personers oppførsel og underliggende psykologiske prosesser kan være avgjørende for å kunne prosjektere gode rømningsstrategier. Det bemerkes at dette er spesielt kritisk der heis skal etableres som et substitutt for en påkrevd rømningsvei.

3.4.1 Bevissthet

Dersom rømning ved bruk av heis skal gjennomføres på en god måte er det viktig at personene som oppholder seg i byggverket er klar over at dette er en mulighet. Generelt har personer lite bevissthet om rømningsstrategier eller andre brannsikkerhetstiltak i bygninger de oppholder seg i. [32] Flere studier har vist at personer har en tendens til å trekke mot de utgangene de kjenner ved evakuering av byggverk de ikke kjenner godt. [33] [34] Samtidig reduseres sannsynligheten for at personer har ankommet en etasje eller virksomhet utelukkende ved bruk av trapper med økende vertikal forflytningshøyde. Ettersom personer som oppholder seg i høytliggende etasjer med stor sannsynlighet har ankommet ved hjelp av heis kan det ikke forventes at de har kjennskap til plassering av trapperom, eller avsidesliggende heiser tiltenkt rømning for den saks skyld. [35] Denne situasjonen oppstår imidlertid vanligvis i de fleste høye byggverk, for heis brukes som regel ikke til rømning.

En studie knyttet til tunnellsikkerhet har viste at majoriteten av personer var klar over hvilke brannsikkerhetsinstallasjoner som fantes, men at det var få av dem som var villige til å vurdere å ta dem i bruk ved en uønsket hendelse. Dette kan tyde på at bevissthet om at rømning kan skje via en gitt heis ikke nødvendigvis betyr at personer vil være villige til å ta heisen i bruk ved en evakueringshendelse. [36]

3.4.2 Villighet

For å lykkes med heis som del av en rømningsstrategi må personene som skal rømme vurdere heisen som et trygt alternativ. Dette er kanskje den mest problematiske menneskelige faktoren knyttet til bruk av heis ved brann, fordi personers erfaringer og situasjonsoppfatning påvirker hva de forventer, hvordan de tolker risiko og videre tar avgjørelser. [11]

I flere tiår har personer blitt opplært til å ikke ta heiser i bruk ved brannalarm, og flere studier har vist at det kan forventes at en stor andel av personer vil nøle med dette. Andre studier med spørreundersøkelser har kartlagt resultater som likevel tyder på at personer kan være villige til å ta i bruk heiser til rømning i høye bygg. Resultatene i fra forskjellige studier kan til en viss grad vurderes som selvmotsigende, noe som kanskje understreker et behov for flere studier på området. Spørreundersøkelser viser også forskjellig villighet for forskjellige kulturer. Det er

bemerkelsesverdig at det selv i de mest optimistiske studiene fortsatt er 20 % som angir at de ikke er villige til å benytte heis ved brannalarm. [11]

Villighet til å ta i bruk heis kontra trapper avhenger av hvor høytliggende etasjen det skal rømmes fra er. Flere studier viser at personer er mer villige til å ta i bruk heis til rømning fra høyereliggende plan, og at personer med høyden vil ha en tendens til å vurdere heisen som tryggere sammenlignet med trapperommet. [37] [38] [39] [40]

Ventetid er også et viktig aspekt. Studier har vist at tiden personer oppfatter som akseptabel ventetid ved tilkalling av heis øker med etasjehøyden. Samtidig var det en sterk negativ korrelasjon mellom ventetid og villigheten til å benytte heisen, det vil si at personer er villige til å benytte heisen, så lenge det er et raskere alternativ enn trappen. Disse artiklene konkluderte med at sanntidsinformasjon med forventet forflytningstid ved bruk av heis og trapp kunne gi evakuerende personer informasjon for å påvirke valg av rømningsvei. [39] [37]

Villigheten til å ta i bruk hvilken som helst flukt- eller rømningsvei avhenger også av hvordan påliteligheten tolkes av personer som skal evakuere. En studie viser at der heiser i det daglige har vært upålitelige blir villigheten til å ta dem i bruk i forbindelse med evakuering også redusert. Dette viser at heiser som prosjekteres for rømning, også må oppfattes som pålitelige ved daglig bruk, og det er derfor en fordel at heiser som skal brukes til rømning også benyttes i det daglige. Enkelte steder i utlandet er det mer vanlig at byggverk utføres med heiser tilrettelagt for assistert rømning, typisk med bruk av heiser som ikke benyttes i det daglige, heisene oppfattes derfor av mange som upålitelige. [41]

Tiltak som informasjon, formidling, markering, skilting, trening og øvelser kan øke villigheten til å ta i bruk heis ved brannalarm. Det er imidlertid ikke slik at alle personer i et byggverk nødvendigvis stoler på informasjon som bestrider deres tidligere innlærte oppfatninger, og dette medfører usikkerheter. [11]

3.4.3 Persepsjon

Enkelte faktorer kan sperre sanseinntrykk ved brann og evakuering. Dette kan for eksempel være hørsels- og synsnedsettelse eller begrenset sikt som følge av røyk. Det har vist seg at sanseinntrykk som bekrefter brannen, generelt røyk, medfører større sannsynlighet for at personer ser og handler i henhold til nødlys. Hvordan slike sanseinntrykk fra brann påvirker personers handling i forbindelse med bruk av heis som rømningsvei er uklart. [42]

3.4.4 Sosial påvirkning

Sosiale bånd har en effekt på evakuering. Ved nødsituasjoner har det vist seg at familiemedlemmer holder sammen, og det er ikke uvanlig at personer går inn i brennende bygninger for å forsøke å redde ut familiemedlemmer eller dyr. [43] [44] Ønsket om å redde sine egne kan lede til større sjanse for en oppførsel som hjelper andre, men det kan også kan forsinke en evalueringsprosess. Grupper med sterk sosial tilknytning kan stille seg nølende dersom bruk av heis medfører at de blir nødt til å splitte seg i flere grupper. [45] [46]

Andre aspekter knyttet til det sosiale som er viktig med tanke på bruk av heis ved brannalarm er normer og andre personers oppførsel. Normer og forventninger kan føre til at personer velger å ikke følge sikkerhetsprosedyrer. [47] Samtidig påvirkes personer av andre personers tolkning, reaksjon og oppførsel, spesielt i uoversiktlige situasjoner der det hersker stor grad av usikkerhet. [48] [49] Disse faktorene kan være skadelige om personer følger andre i ugunstige rømningsretninger eller forblir passive. Evakueringen av World Trade Center 2 er imidlertid et eksempel på at disse sosiale aspektene ikke nødvendigvis er negative. Mange personer valgte å

benytte seg av heisene under evakueringen blant annet fordi de hadde sett andre gjøre det, men også fordi de ble instruert til dette av beredskapspersonell. [50]

3.4.5 Stress

Personer som evakuerer kan bli nødt til å avgjøre om de skal benytte seg av heis samtidig som de opplever stress og angst. Høyere stressnivåer medfører typisk at personer tar mer impulsive avgjørelser. [51] Dette kan bidra til at personer fokuserer på de mest framtreende stimuliene, mens de neglisjerer mindre tydelig stimuli. Stress kan også føre til ugunstige beslutninger i forbindelse med evakuering fra komplekse bygninger. [52] Disse aspektene tydeliggjør behovet for lettfattelig informasjon for personer ved rømning. Tydelig og lettfattelig informasjon er generelt kritisk for at personer som evakuerer skal ta gode avgjørelser. [53] [54] [55]

Studier har også vist at personer tar mer konservative avgjørelser i stressede situasjoner, noe som kan få både positive og negative sider med tanke på evakuering. [56] En konservativ tankegang kan medføre at personer stiller seg kritiske til informasjon som motsier deres allmenne oppfatning. Ettersom personer har vært opplært til ikke å ta i bruk heis ved brann i flere tiår er det også naturlig å forvente at den allmenne oppfatningen generelt er at heis ikke skal tas i bruk ved brann. Den konservative avgjørelsen vil da for de fleste være å ikke benytte heiser ved brann.

3.4.6 Risiko for panikk

Panikk defineres som en sterk, ukontrollert redsel forbundet med tap av dømmekraft som kan utløses hvis en person opplever å stå ovenfor en overhengende og livstruende fare. Panikk oppstår sjeldent, og selv ved store og alvorlige katastrofer er det mindre enn 1% av de som rammes som utvikler panikk [57].

Ved bruk av heis som del av rømningsvei kan det oppstå oppstuvninger og stillstand. Det kan forventes at det vil oppstå betydelige persontettheter i slusene der personer venter på heiser, spesielt dersom heisen ikke er et supplement til de rømningsveier som er påkrevd. I *Byggforsk 520.385 Nødvendig rømningstid ved brann* er det skrevet at fare for panikk og personegenskaper må vurderes særskilt når persontettheter går over ca. 3,5 pers/m². [58] Behovet for denne særskilte vurderingen av fare for panikk og personskader bør også ta i betraktning at det kan forventes at personer med stor sannsynlighet vil oppleve rømningen som treg og ineffektiv, i alle fall sammenliknet med en trapp.

4. Regelverk og krav

I følgende kapittel beskrives krav som spesifiseres i forskjellige standarder og forskrifter. Ettersom bruk av heis ved rømning fortsatt er svært sjeldent i Norge er det også aktuelt å undersøke forskjellig utenlandsk regelverk. Utenlandsk regelverk som presenteres er amerikansk, svensk og britisk.

4.1 Norsk regelverk knyttet til bruk av heis som del av rømningsvei

I Norge danner *TEK 17*, med veiledning [2] grunnlaget for brannprosjekteringen i bygg. Regelverket er funksjonsbasert, som i praksis betyr at prosjekteringen skal tilfredsstillе forskriftskrav. Forskriftskrav kan tilfredsstilles enten ved å benytte preaksepterte ytelser, eller ved analyse. De aller fleste forskriftskrav har en ordlyd som tilrettelegger for analyser, som kan vise at ytelse er minst på det nivået som kreves. Dette gjelder imidlertid ikke for forskriftskravet som omhandler bruk av heis ved rømning.

§11-14 (7) «Heis og rulletrapp kan ikke være del av fluktvei eller rømningsvei. Slike innretninger skal stoppe på en sikker måte ved brannalarm.»

Ettersom prosjektering med heis som del av flukt- eller rømningsvei strider mot *TEK 17* er det i utgangspunktet nødvendig med dispensasjon for å avvike fra forskriften. Dispensasjon krever grunnlagt søknad. Fordelene ved å gi dispensasjon må være klart større enn ulempene etter en samlet vurdering, og dispensasjonen kan ikke gis dersom hensynene bak bestemmelsene det dispenseres fra, eller hensynene i lovens formålsbestemmelse, blir vesentlig tilsidesatt. [59] Dispensasjoner krever grundig dokumentasjon av løsninger, og grundig dokumentasjon har en tendens til å medføre kostnader. Det er neppe ullent å påstå at entreprenører, utbyggere og rådgivere vegrer seg for den økonomiske risikoen en slik dokumentasjonsprosess medfører, spesielt med tanke på at det som regel vil være usikkert hvorvidt dispensasjon blir gitt. Den økonomiske risikoen i forbindelse med en eventuell omprosjektering må da også med i betraktningen.

Som kapittel 6 viser finnes det imidlertid enkelte byggverk i Norge som har fått innvilget dispensasjon til å bruke heis som del av flukt og rømningsvei, men dispensasjonen er i disse byggverkene gitt som et tiltak for å ivareta krav om universell utforming, tilgjengelighet og sikkerheten for personer med funksjonsnedsettelse. I byggverk med lange vertikale avstander kan det være utfordrende å tilfredsstillе funksjonskrav om tilrettelegging for rask og trygg evakuering for personer med funksjonsnedsettelser. For å ivareta krav i henhold til *TEK 17* må det finnes mulighet for horisontal evakuering i alle plan, og dette er ikke nødvendigvis alltid gjennomførbart. Ofte medfører overnevnte aspekter løsninger som innebærer assistert evakuering. Siden det er gitt dispensasjon for bruk av heis som del av flukt- eller rømningsvei for å tilfredsstillе krav om tilstrekkelig lav nødvendig rømningstid i bygg med krav om universell utforming, er det interessant å undersøke forskriftene for tilgjengelighet og universell utforming. Dette kan begrunnes med at det generelt ikke kan tillates en høyere risiko ved evakuering av personer med funksjonsnedsettelse enn for personer uten funksjonsnedsettelse. Frekvensen for at en heis som skal benyttes for rømning feiler er lik uavhengig av funksjonsevnen til personen i heisen. Dessuten vil det være problematisk å nekte personer uten funksjonsnedsettelse å ta heisen i bruk der det ikke finnes organisasjoner som leder evakueringen. [9]

4.2 Krav i TEK17 knyttet til universell utforming og bruk av heis til rømning:

Følgende paragrafer i TEK og VTEK vil være interessante i forbindelse med universell utforming og eventuelle dispensasjonssøknader for bruk av heis til rømning.

Tabell 1 - Krav i TEK17 som kan relateres til heis ifm. universell utforming

Kapittel i TEK:	Funksjon -forskriftskrav:	Veiledningstekst:
§11-11 (1)	«Byggverk skal prosjekteres og utføres for rask og sikker rømning og redning. Det skal tas hensyn til personer med funksjonsnedsettelse.»	«Det må vurderes om det er behov for spesielt utstyr for å ivareta kravet om rask og sikker rømning og redning av personer med funksjonsnedsettelse. Behovet for utstyr vil være avhengig av type byggverk og den interne beredskapen byggverket skal ha i bruksfasen. Eksempel kan være spesielt utstyr for alarm tilpasset brukerne av byggverket og utstyr for å lette redning via trapper. Se ellers §11-12 annet og fjerde ledd.»
§11-12 (2)	«Byggverk skal ha utstyr for tidlig oppdagelse av brann slik at nødvendig rømningstid reduseres. Følgende skal minst være oppfylt: a) Byggverk beregnet for virksomhet i risikoklasse 2 til 6 skal ha brannalarmanlegg b) I byggverk beregnet for få personer og byggverk av mindre størrelse, kan det brukes røykvarslere dersom rømningsforholdene er særlig enkle og oversiktlige. Røykvarslere skal være tilknyttet strømforsyning og ha batteribackup. I branncelle med behov for flere røykvarslere, skal varslerne være seriekoblet. I byggverk uten strømforsyning kan det benyttes batteridrevne røykvarslere.»	«Beskrevne ytelser for deteksjon og varsling vil ikke nødvendigvis imøtekomme et hvert behov for tilrettelegging for evakuering og rømning for personer med ulike type funksjonsnedsettelse. Det kan være behov for å supplere med ytterligere funksjoner for å sikre tidlig varsling og evakuering i disse tilfellene.»

§11-12 (4)	«For byggverk i risikoklasse 5 og 6, øvrige byggverk for publikum, samt arbeidsbygninger, skal det foreligge evakueringsplaner før byggverket tas i bruk»	Oppgavebeskrivelser for personer som har en rolle under evakueringen, inklusive de som skal assistere personer som har behov for hjelp til å komme ut av byggverket. Oppgavebeskrivelsen må være definert med hensyn til personer med ulike typer funksjonsnedsettelse. Det kan være behov for spesielt utstyr som vil gjøre evakuering av personer med nedsatt funksjonsevne lettere og raskere.
§11-12 (5)	«Plasseringen av branntekniske installasjoner som har betydning for rømnings- og redningsinnsatsen skal være tydelig merket, med mindre installasjonene bare er beregnet for personer i én bruksenhet og personene må forventes å være godt kjent med plasseringen.»	«Installasjoner som har betydning for rømnings- og redningsinnsats kan for eksempel være brannmannsheis (jf. 11-17), manuelle brannmeldere og sentraler for slukkeinstallasjoner, brannalarm, røykluker og nødlys.
§11-14 (7)	«Heis og rulletrapp kan ikke være del av fluktvei eller rømningsvei. Slike innretninger skal stoppe på en sikker måte ved brannalarm.»	«Rullebånd for personbefordring kan være del av fluktvei eller rømningsvei hvis det beveger seg i fluktretning eller stoppes automatisk ved brannalarm.»

4.3 Aspekter i det norske regelverket som er relevante for komparativ analyse

Det kan være interessant å trekke inn noen aspekter som kan benyttes i komparative vurderinger av rømningssikkerhet sammenliknet med bruk av heis til rømning. Her settes også sikkerhetsnivået i TEK 17 i perspektiv.

4.3.1 Redning ved hjelp av brannvesenets høydemateriell

§11-13 (2) Brannceller i byggverk i risikoklasse 4 med inntil 8 etasjer kan ha utgang til ett trapperom utført som rømningsvei. Dette forutsetter at hver boenhet har minst ett vindu eller balkong som er tilgjengelig for rednings- og slukkeinnsats, jf. § 11-17.

Boligbygninger kan prosjekteres med ett trapperom så fremt det tilrettelegges for redning med bruk av brannvesenets høydemateriell. Dette kan være snorkel/stigebil eller håndholdte stiger. Brannvesenets høydemateriell blir typisk gjeldene når rømningen skal skje fra en utgang høyere enn 5 meter, slik at hopp direkte til det fri ikke er akseptabelt. Dette inntreffer typisk når byggverkene er 3 etasjer eller mer. Når byggverk oppføres med 3 etasjer eller flere og har flere boenheter blir det generelt krav til heis jf. TEK §12-3 (2).

Ettersom byggverket da oppføres med heis er det bedre tilrettelagt for at personer med funksjonsnedsettelse kan bo i høytliggende plan, fordi de daglig kan ta seg inn og ut uten

nevneverdige problemer. Dersom de ikke er i stand til å ta seg ned trapper på egen hånd har de imidlertid et problem når heisen tas ut av drift ved brann. I TEK17 tar §11-12 (1) hensyn til problemstillingen ved at det kreves tiltak som øker den tilgjengelige rømningstiden i byggverk der det er krav om heis.

«§11-12 (1) I byggverk som er beregnet for virksomhet hvor rømning og redning kan ta lang tid, skal det brukes aktive tiltak som øker den tilgjengelige rømningstiden. Følgende skal minst være oppfylt:

a) Byggverk eller del av byggverk i risikoklasse 4 hvor det kreves heis, skal ha automatisk brannsløkkeanlegg. Deler av et byggverk med og uten automatisk brannsløkkeanlegg skal være ulike brannseksjoner.»

I praksis kan dette oppsummeres med at det i henhold til TEK 17 kan prosjekteres med brannvesenets høydemateriell som én av to rømningsveier i boligbygg med heis og automatisk brannsløkkeanlegg, noe som samsvarer med veiledningsteksten under §11-13 (2). På tross av at redning av personer med funksjonsnedsettelse ved bruk av høyderedningsmateriell kan være krevende, vurderes brannsikkerheten generelt å være akseptabel ved bruk av en slik løsning. Dette forutsetter dog selvfølgelig at brannvesenet disponerer det nødvendige utstyret, les stigebil.

Brannvesenet skal i henhold til veiledningen til dimensjoneringsforskriften ha utstyr som maskinstige eller snorkel dersom kommunen har gitt tillatelse til at det kan oppføres byggverk der brannvesenets høydemateriell skal fungere som én av to rømningsveier. Hadde dette vært en særskilt vurdering som en byggesaksbehandler skulle gjort hadde det neppe vært problematisk, men i de fleste tilfeller kan det forventes at byggesaksbehandleren i kommunen forutsetter at prosjekterende sørger for at byggverket er utført i henhold til det bygningstekniske regelverket. Samtidig stiller ikke TEK 17 direkte krav om at brannvesenet skal disponere det riktige utstyret.

Skal rett være rett bør mye av ansvaret for å sjekke at brannvesenet faktisk disponerer høydemateriell ligge på brannrådgiveren som tross alt skriver under på at det finnes to rømningsveier, men regelverket gir rom for utnyttning eller misforståelser. I verste fall er det derfor en risiko for at byggverk blir prosjektert med bare en brukbar rømningsvei fra brannceller. Kommunene blir da i henhold til veiledningen til dimensjoneringsforskriften pliktig til å anskaffe stigebil, men det kan ta tid. Bygningen kan da uavhengig av hva brannvesenet råder over av utstyr bli tatt i bruk ettersom det avgjørende for det kommunale byggetilsynet er hvorvidt byggverket er prosjektert og utført i henhold til det bygningstekniske regelverket. [60] [61]

Bruk av heis til rømning som et supplement til to brukbare rømningsveier er bedre enn scenarioet som er beskrevet over der personer i verste fall kan oppholde seg i et byggverk med bare en brukbar rømningsvei. Rømning ved bruk av en heis og ett uavhengig trapperom er også bedre enn en situasjon med et bygg med bare ett trapperom.

4.3.2 Rømningsvindu

Rømningsvinduer er pålitelige og kostnadseffektive alternativer for å ivareta krav til rømning. Rømningsvindu kan være utgang direkte til det fri, altså hopp, typisk for byggverk i risikoklasse 1,2 og 4 der det er mindre enn 5,0 meter fra underkant av vindu til planert terreng. Dersom det er mindre enn 7,5 meter ned til planert terreng kan rømningsvindu lede til stige med ryggbøyler. I tillegg kan rømningsvindu benyttes til å nå brannvesenets høydemateriell der det skal tilrettelegges for redning. Det kreves ett rømningsvindu per 15 personer som skal rømme. [62]

Der det er tilrettelagt for hopp ved høyder opp til 5,0 meter til planert terreng vil det alltid være en risiko for personskader, men også der personer bruker vinduer for å ta seg til stiger eller høydemateriell kan det være en risiko for å falle. [62]

En brasiliansk metastudie som tar for seg blant annet konsekvenser ved arbeidsulykker (fall) fra forskjellige høyder viser til følgende tabell [63]:

Fallhøyde (m)	N (utvalg)	Ingen skade	Midlertidig skade	Permanent skade	Dødsfall
3-6,1	52	8%	52%	15%	13%

Det er selvsagt en stor forskjell på et hopp og et fall, og tallene i tabellen over er ikke representative for hopp fra rømningsvinduer i tilsvarende høyder. Tabellen er likevel tatt med i denne rapporten for å vise at det kan forventes skader ved hopp fra tilsvarende høyder.

For personer med funksjonsnedsettelse regnes ikke rømningsvindu opp mot 5,0 meter som et godt alternativ. Det sier seg selv at et slikt hopp vil være mer kritisk for eldre, gravide eller for personer med varige funksjonsnedsettelser eksempelvis personer i rullestol. [62]

Satt på spissen kan et kontorbygg ha en personbelastning på 60 personer i ett plan. Byggverket kan ivareta krav til rømning i TEK 17 med ett trapperom og 4 rømningsvinduer med underside 5,0 meter over planert terreng. Dersom det oppstår et hurtig brannforløp i byggverket som blokkerer trapperommet kan 60 personer bli tvunget til å hoppe. Dette vil medføre personskader, og rømningen vil antageligvis til en viss grad bli tidkrevende.

Dersom det er mulig å gjøre branntekniske tiltak som tilrettelegger for bruk av heis som et supplement til trapperommet og rømningsvinduene vil dette antageligvis kunne øke byggverkets rømningssikkerhet.

Risikoen ved bruk av heis tilrettelagt for rømning ved brann kan også vurderes opp mot rømningsvinduer i seg selv. I et bygg med to trapperom vil det medføre en viss risiko å etablere en heis tilrettelagt for rømning som et supplement, dette gjelder på samme måte dersom rømningsvinduer etableres som supplement.

Rømningsvinduet gir imidlertid direkte avkastning på risiko i og med at rømning kan skje direkte til sikkert sted. Dersom heis stopper mellom etasjer ved brann kan dette få fatale konsekvenser.

4.3.3 Hva om rømning skulle skjedd oppover?

I de fleste byggverk skjer rømning nedover trapper, men i enkelte byggverk som for eksempel undergrunnsstasjoner må rømning skje oppover. Rømning oppover er en større utfordring for alle som skal rømme. Situasjonen er imidlertid enda mer uheldig for personer med nedsatt funksjonsevne, da de har enda mindre mulighet til å ta seg ut selv, men også fordi redning og assistert rømning blir vanskeligere.

Gjennom arbeidet med denne rapporten er det tydelig at heiser til rømning blir adskillig mer aktuelt når rømningen skal skje oppover. Grunnen til at dette kan være aktuelt i forbindelse med komparative vurderinger er at de tekniske tiltakene som må til for å trygt kunne drifte heis ved brann ikke påvirkes nevneverdig av om heisen skal frakte personer opp eller ned. Sett fra et heis- og byggteknisk perspektiv er tiltakene for å ivareta sikkerheten generelt sett de samme.

4.3.4 Seksjoneringsvegg:

Der det finnes en seksjoneringsvegg internt i et bygg som gir mulighet for horisontal evakuering vil det i de fleste tilfeller være greit å drifte heiser på den siden brannen ikke er. Dette gjelder for eksempel for sykehus. Satt på spissen kan et byggverk med seksjoneringsvegg brannteknisk nesten forstås som to, og det er greit å bruke heisen for å komme ut selv om brannalarmen har gått hos naboen. I henhold til *TEK 17* kan sikkert sted være den andre siden av en seksjoneringsvegg.

Dersom heisen er langt fra en brann i et bygg, og byggverkets avstander og brannceller har en total ytelse tilsvarende en seksjoneringsvegg kan dette kanskje være en måte å dokumentere at heisen kan driftes en viss tid.

4.4 Aktuelle internasjonale standarder for bruk av heis som del av rømningsvei:

Prosjektering gjennomføres som regel med utgangspunkt i en standard. En standard er et dokument som beskriver krav, spesifikasjoner, retningslinjer eller egenskaper som skal brukes konsekvent for å sikre at produkter utføres forsvarlig og tilpasset sitt bruk. Ettersom Norge er medlem av den europeiske standardorganisasjonen *CEN*, skal alle *CEN*-standarder implementeres og fastsettes som Norsk Standard. Internasjonale ISO-standarder utgis som Norsk Standard på bakgrunn av faglige og behovsmessige vurderinger. [64]

I tilfeller der det ikke er enighet om at en standard skal fastsettes som europeisk standard, *CEN*, kan det likevel være nødvendig at den publiseres for å støtte teknologiutvikling eller eksperimenter. Den kan da utgis som TS, som står for teknisk spesifikasjon. I tillegg finnes tekniske rapporter (TR), som er dokumenter med teknisk informasjon relatert til standardiseringsarbeid.

At Norsk standard er forpliktet til å implementere og fastsette europeiske standarder som Norsk standard medfører at det finnes godkjente tekniske spesifikasjoner og tekniske rapporter som omfatter bruk av heis som del av rømningsvei. Identifiserte eksempler er:

- *CEN/TS 81-76:2011 Sikkerhetsregler for konstruksjon og installasjon av heiser – Spesielle løsninger for personheiser vare- og personheiser – Del 76: Evakuering med heis av personer med nedsatt funksjonsevne.* [19]
- *PD ISO/TR 25743 Study of the use of lifts for evacuation during an emergency* [21]
- *ISO/TS 18870:2014 Requirements for lifts used to assist in building evacuation* [65]

I tillegg til disse publikasjonene jobbes det i skrivende stund også med standarden prNS 3807:2019 *Bruk av heis til evakuering*. Standarden utarbeides i Norge og omfatter bruk av forskjellige soner og brannalarmanlegg for å avgjøre hvorvidt en tradisjonell heisløsning sikkert kan brukes som vanlig ved en brannhendelse, eller om heisen skal tas ut av drift.

4.5 Svensk regelverk knyttet til bruk av heis som del av rømningsvei

Det svenske regelverket for brannsikkerhet er også funksjonsbasert. Brannsikkerheten i byggverk skal prosjekteres, utformes og verifiseres gjennom forenklet eller analytisk prosjektering. Forenklet prosjektering gjøres ved å følge preaksepterte ytelser. Analytisk dimensjonering innebærer kvalitative vurderinger, scenarioanalyser og kvantitative analyser, gjerne i kombinasjon.

Der det norske forskriftskravet er beskrevet med en ordlyd som i utgangspunktet gjør det nødvendig med dispensasjon for å prosjektere med heis som del av rømningsvei, åpner det svenske funksjonskravet for analytiske løsninger. Oversatt til norsk lyder det som følger:

«Heis kan ikke utgjøre rømningsvei med mindre den er særskilt utformet for dette. En heis som forutsettes å kunne fungere ved brann kalles en «rømningsheis». Om en rømningsheis installeres i et bygg, skal det gjennomføres analyse av rømning og heisens utforming. Ytterligere informasjon om rømningsheis finnes i boverkets handbok i analytisk dimensjonering.» [66]

Den ytterligere informasjonen i BBRAD 3 (BFS 2013:12) [67] lyder som følger:

Om rømningsheis installeres i bygg bør dimensjonering av mulighet til rømning og heisens utforming verifiseres gjennom analyse.

Rømningsheis bør i utgangspunktet komplimentere de trapper som benyttes til rømning. For å erstatte en trapp med en rømningsheis bør analysen omfatte faktorer som forlenget nødvendig rømningstid og rømningskapasitet.

Veiledende bemerkninger bør tilpasses forventet bruk av heisen.

Følgende spørsmål og faktor bør utredes:

- Byggets rømningsstrategi og nødvendig rømningstid (alternative rømningsveier samt eventuelt sekvensielt styrt rømning)
- Styresystem, (tiltak i forbindelse med vedlikehold, samt at systemets funksjon opprettholdes i hele byggets levetid.
- Heisens driftssikkerhet i den tid som er nødvendig for rømning.
- Krav til tilgjengelighet
- Redundansen til vitale systemer forbundet med heisens funksjon (for eksempel strømforsyning og signaler)
- Beskyttelse mot brann og branngasser for personer som skal rømme via heis mens de venter på heisen, er i heisen og på veien fra heis til det fri.
- Heismaskineriets beskyttelse mot brannpåvirkning
- Påvirkning av eventuell vanninntrenging i heissjakt
- Risiko for røyk og varmepåkjennning på kritiske deler
- Påvirkning av kald lufttemperatur på kritiske deler
- Styresekvenser ved deteksjon
- Kommunikasjonsmuligheter (alarmknapper -og telefoner)
- Ventetid for de som rømmer
- Oppførsel og menneskelige faktorer i rømningsfasen som kan lede til forsinkede rømningstider eller unødvendig risiko.
- Alternativer for aktivering og styringer knyttet til heisens funksjon, og hvordan aktivering og styring skjer.

4.6 Britisk regelverk knyttet til bruk av heis som del av rømningsvei

I Storbritannia finnes flere tilnærminger til brannteknisk prosjektering som velges på bakgrunn av aktuelle prosjekters kompleksitet. For de fleste bygninger er det vanlig å følge preaksepterte anbefalinger, for eksempel fra «*Approved Document B*» [68]. Når behovet for en mer gjennomslukt og fleksibel tilnærming blir nødvendig brukes typisk BS 9999 [13] eller BS 7974 [69]. Fokuset i BS9999 [13] er primært personsikkerhet i bygg, og standarden er vurdert å gi en representativ oversikt over hvordan bruk av heis som del av rømningsvei behandles i det britiske regelverket.

BS9999 [13] skriver at bruk av heis som del av rømningsvei kan tillates som et hjelpemiddel for evakuering av personer med funksjonsnedsettelse, men at heiser generelt ikke regnes som en akseptabel rømningsvei ved brann fordi: «

- a) *Personer som rømmer via heis risikerer å bli fanget som følge av strømbrudd;*
- b) *Det finnes en risiko for at heisen stopper og slipper ut passasjerer i den etasje den brenner;*
- c) *I et rømningsscenario kan folk bli nødt til å vente i lengre perioder på at heisstolen kommer for å hente dem. Dette kan medføre økt nødvendig rømningstid.*

Heiser som er spesialdesignet for formålet kan imidlertid benyttes til trygg og effektiv evakuering, med prioritet gitt til de personer som kan ha vanskeligheter med å evakuere på andre måter».

4.6.1 Generelt om bruk av heis til rømning:

Heiser som skal benyttes ved evakuering av funksjonshemmede skal enten være en evakueringsheis eller en brannmannsheis og skal styres av en dedikert person. Det kan i noen tilfeller aksepteres at en heis som ikke er designet til formålet benyttes til evakuering, men da må en passende brannrisikovurdering som viser at heisen tilfredsstiller funksjonskravene for en evakueringsheis legges til grunn.

I risikovurderingen skal en helhetlig vurdering av bygningens branntekniske løsninger tas med i betraktningen. Eksempelvis kan det konkluderes med at en vanlig personheis vil kunne brukes i startfasen av en brann dersom byggverket har automatisk sløkkeanlegg og betydelig branncelleinndeling eller røykkontroll. På samme måte kan det vurderes som trygt å benytte personheiser til evakuering i startfasen av branner i store bygninger der heisen er plassert fjernt fra brannen.

Risikovurderingen må dokumentere grundig at følgende ivaretas:

- *Grensesnittet mellom heisens styresystem og brannalarmsystemet må støtte rømningsstrategien*
- *Det må være mulig å styre heisen i en rømningssituasjon*
- *Heisens strømforsyning må være brukbar i den tid som er nødvendig for rømning*
- *Det skal ikke være brann i deler av byggverk tilknyttet heisen som skal brukes til rømning, samt i tilhørende rømningsvei.*
- *Det må etableres et passende system for kommunikasjon for å sikre at personer kan assistere ved evakuering av bevegelseshemmede*
- *Det må påses at det finnes en alternativ rømningsvei tilgjengelig for situasjoner der bruk av heis ikke er gjennomførbart.*

4.6.2 Evakueringsheiser i BS9999

Når heis skal brukes som en del av en evakueringssekvens for folk som trenger assistanse kan det benyttes evakueringsheis. Når evakueringsheis brukes er det forventet at rømningen blir assistert av autorisert personell.

En evakueringsheis skal alltid være tilgjengelig når rømning iverksettes, men kan brukes i det daglige.

For evakueringsheiser kreves branncelleinndeling hvor sjakten oppføres som egen branncelle, i tillegg til at det skal finnes beskyttede sluser i hver enkelt etasje som skal disponere evakueringsheisen. I utgangsplanet må det finnes beskyttet rømningsvei fra heis til utgangen til det fri. Der heiser brukes som del av rømningsvei stilles det også krav om at det alltid skal finnes alternative rømningsveier.

Evakueringsheiser skal ha en tydelig merket bryter «evakueringsmodus» i nærheten av heisdøren i utgangsplanet. Operasjon av bryteren skal få heisen til å returnere til utgangsplanet, samt isolere heistilkallingsknapper i alle etasjer. I evakueringsmodus skal heisen bare respondere til kontrollpanelet i heisstolen, og kommunikasjonssystemet i heisen skal være operativt.

Der det finnes evakueringsheiser skal redning av personer som har behov for assistanse være en prioritet. Normalt sett vil ikke heisen videre benyttes til evakuering av personer som er i stand til å ta seg ut via trapperom. En grunn til dette nevnes å være at alternative kraftforsyninger etc. ikke nødvendigvis er dimensjonert med nok kapasitet til å evakuere både de som trenger assistanse og ytterlige personer som måtte oppholde seg i bygningen.

En brannmannsheis som i prinsippet skal brukes av brannvesenet kan ved akseptable forhold også brukes for å evakuere personer som trenger assistanse ved rømning før brannvesenet ankommer, der dette planlegges skal det rådføres med det lokale brannvesenet før implementering.

4.6.3 Krav til styring i heiser som skal brukes til evakuering:

I alle heiser som skal brukes til evakuering skal heisstol være slått over i evakueringsmodus. Det vil si at heisen bare går dit den styres av heisoperatøren. Bakgrunnen for dette er at heisen ved automatisk drift kan bli forsinket til etasjen der personer som trenger assistanse befinner seg, dersom den skulle bli tilkalt i alle andre etasjer også. Det vanlige er at evakueringsheisen overstyrer tilkallingssignaler og signaler fra brannalarmanlegg (som gjerne vil at en heis skal til utgangsplanet), og bare kan kontrolleres via panelet i heisen.

For å ivareta krav til styring av evakueringsheisen må det til enhver tid være personer i bygningen som har ansvar og opplæring. Når brannvesenet ankommer kan det forventes at de overtar ledelsen.

Evakueringsprosedyren for de personer som behøver assistanse skal skje så snart en brann er detektert og varslet.

Det skal finnes et kommunikasjonssystem som gjør det blir enkelt for heisoperatøren å identifisere etasjer der det oppholder seg personer med behov for assistert rømning.

Pliktene til personen som er ansvarlig for å styre heisen er som følger:

- a) En heisoperatør skal sette heisen i evakueringsmodus og;
 - 1) Vurdere brannstedet (etasje og plassering i bygningen)

- 2) Vurdere om etasjer har personer med behov for assistert rømning
- 3) Ta kontroll over heisen og assistere personer som behøver assistanse til utgangsplanet.

b) Det må også sikres at;

- 1) Person(er) som behøver assistert rømning forflyttes eller forflytter seg til nærmeste sluse.
- 2) At det faktisk er personer i slusen heisen styres til.

Med mindre noe annet er avtalt med brannvesenet skal evakuering normalt skje i følgende rekkefølge:

- 1) Etasjen der brannen er identifisert
- 2) Etasjen over der brannen er identifisert
- 3) Andre etasjer over der brannen er identifisert (først i øverste plan, så nest øverste osv.)
- 4) Resterende etasjer

Det må imidlertid presseres at en branns egenskaper kan gjøre det nødvendig med en annen rekkefølge.

Ved heisens utgang i nederste etasje skal det ikke være fare for oppstuing. Forflytning ut av heisvognen skal kunne skje raskt slik at heisen blir disponibel igjen så fort som mulig.

Dersom evakueringsheisen hindres fra å operere i et plan, for eksempel som følge av brann, vil det være nødvendig å benytte trappen. Dersom heisen fortsatt kan opereres på sikkert vis, kan den stå i etasjen under, og redning skje derifra.

Når brannvesenet ankommer skal de orienteres om situasjonen, og overta ansvaret for evakuering, samt kontroll over heiser.

4.7 Amerikansk regelverk knyttet til bruk av heis som del av rømningsvei

Å ta for seg amerikansk regelverk i seg selv kan av mange vurderes som noe overfladisk da stater, byer og andre juristiksjoner har forskjellig regelverk, eller kombinasjoner av regelverk som er juridisk bindende. En standard eller lovsamling blir juridisk bindende når den ratifiseres av byen, staten eller jurisdiksjonens myndighet. De vanligste lovverkene og standardene i USA knyttet til bygg og brann sikkerhet er utarbeidet av ICC (*The International Code Council*) eller NFPA (*National Fire Protection Association*). Generelt er IBC (*The International Building Code*), som er utarbeidet av ICC, ratifisert i de fleste amerikanske juristiksjoner.

I denne rapporten er det valgt å bruke NFPA 101 (*Life Safety Code*) [14] for å få en generell oversikt over det amerikanske regelverket knyttet til bruk av heis som del av rømningsvei. På tross av at NFPA 101 i de fleste juristiksjoner ikke er ratifisert og juridisk bindende skal den være en standard, eller veiledning for sikkerhet i bygg, og det forventes generelt at amerikanske byggverk skal tilfredsstillende de krav som stilles i NFPA 101. Kapittel 7.14 i NFPA 101 (2015) [14] omfatter bruk av heis i forbindelse med evakuering.

4.7.1 NFPA 101:

Generelt:

Bruk av heis til evakuering i første fase av en brann forutsetter at heis er utformet som en brannmannsheis, med mulighet for tilbakekalling.

De løsninger som fremskaffes i kapittel 7.14 gjelder ikke der det er begrenset eller assistert rømning ved hjelp av heis som del av en rømningsstrategi, inkludert flytting av pasienter i helsevirksomheter og flytting av personer med funksjonsnedsettelse.

Det aksepteres ikke bruk av heiser for å tilfredsstillende følgende krav fra NFPA 101:

- 1) Antall rømningsveier
- 2) Rømningsveienes kapasitet
- 3) Rømningsveienes arrangement

Dersom heis skal ha en funksjon som del av rømningsvei skal den merkes tydelig slik at allmennheten forstår dette. Det skal foreligge evakueringsplaner autorisert av riktig myndighet.

Forhold for sikker bruk av heis til evakuering:

Forholdene i områdene forbundet med heisen (heis, sjakt, sluse, maskinrom) skal kontinuerlig overvåkes og vises på et godkjent grensesnitt i byggverkets brann-kommandosenter. Her ifra skal det også være mulig å overstyre heiser.

Overvåkningen skal omfatte følgende:

1. Plassering av heisstol (etasje)
2. Hvilken retning heisen går
3. Om det er personer i heisen
4. Elektriske komponenter knyttet til heisen (heisens kraftforsyning, kjølesystem til heiskontrollen, heismaskinrom, ventilasjonskontroll og kjølesystemer osv.)
5. Status på back-up strømforsyningen.
6. Deteksjon av brann i sluser, maskinrom, kontrollrom, kontrollområde eller i heissjakt.

Alarmorganisering og kommunikasjon:

Bygningen der heisen skal installeres må være beskyttet med et godkjent brannalarmanlegg. Brannalarmanlegget skal gi mulighet for kommunikasjon med alle etasjer, også selektivt, altså det skal være mulig å kommunisere med bare en enkelt etasje ved behov. Brannalarmanlegget skal inkludere talevarslingsanlegg som må være utført på en slik måte at beskjeder oppfattes som klare og tydelige i alle sluser.

Kommunikasjonssystem:

Det skal etableres toveiskommunikasjon mot slusene. Dette skal sikre at brannvesenet kan kommunisere med personer i slusene dersom en situasjon oppstår der det er behov for det. Kommunikasjonssystemet må ha merking som viser hvordan det fungerer.

Sprinkleranlegg:

Bygget skal beskyttes med et godkjent sprinkleranlegg som også er koblet sammen med brannalarmanlegget.

Heismaskin og- kontrollrom skal ikke sprinkles. Heissjakten skal i utgangspunktet heller ikke sprinkles.

Heismaskinrom, kontrollrom og maskin/kontrollområder.

Maskin- og kontrollrom og områder skal være separert fra bygningsarealer som ikke er relatert til heisen med en brannmotstand på minst 120 minutter. Rom med utstyr i forbindelse med heisen skal utelukkende romme heisutstyr.

Elektriske systemer:

Følgende utstyr skal ha både normal kraftforsyning og en alternativ strømforsyning på standby:

- 1) Heisutstyr
- 2) Ventilasjonssystemer ifm. Kjøling av heismaskin/-kontrollrom.
- 3) Lys i heisstolen

Kabling som er utenfor heissjakten m/ heismaskinrom osv. og bidrar med normalkraft, reservekraft, kontrollsignaler, kommunikasjon med vogner, lys, oppvarming, airconditioning, ventilasjon og branndeteksjonssystemer for rømningsheis skal beskyttet på en av følgende måter:

1. Kablingen skal være innenfor en branncelle med motstand på minimum 2 timer.
2. Kabling som kan dokumenteres å ha en 2 timers brannmotstand

Signalkabler som ikke har funksjoner i rømningsfasen trenger ikke å beskyttes.

Heissjakt:

Følgende krav stilles til heissjakten:

- 1) Lukket sluse utenfor heisen, med unntak av i bakke eller- utgangsplanet.
- 2) Branncellebegrenset trapperom med dører til alle plan der heisen opererer.
- 3) Andre tiltak som sikrer kabel 2 timers funksjon.

Heisstol:

Heisstolen skal ha kapasitet til minst 8 personer.

Heiskjerne:

Alle åpninger mot heissjakt skal beskyttes av sluser, bortsett fra gate- eller avlastningsplan.

Alle sluser skal ha direkte tilgang til trapperom, utført som rømningsvei til sikkert sted.

Heiskjerner skal være omsluttet av branncellebegrensende bygningsdeler og vegger som tilfredsstiller følgende:

- 1. Sluser skal ha brannmotstand på minst 1 time, og dører med minst 45 minutter brannmotstand.*
- 2. Heissjakten skal være beskyttet fra resten av bygget med en brannmotstand på minst 120 minutter og dører med motstand på minst 90 minutter.*
- 3. Veggene som skiller trapperommet fra resten av bygget skal ha minimum 120 minutter brannmotstand og 90 minutter for dører.*

Det må etableres en metode for å forhindre at vann trenger inn i heissjakten, for eksempel som følge av aktivert sprinkler.

Sluse:

*Heisslusen skal ha en kapasitet tilsvarende minst 50 prosent av persontallet slusen betjener. Kapasiteten må kalkuleres basert på 0,28 m²/person, og skal inkludere plass til en rullestolbruker (0,76 m * 1,22 m) per 50 personer.*

Dører til sluser skal tilfredsstille følgende:

- 1. Dører skal ha en brannmotstand tilsvarende minst 45 minutter.*
- 2. Dører skal ha røyktetthet i henhold til NFPA 105*
- 3. Dører skal ha bunnforsegling som kan hindre vann fra utsiden å trenge inn i evakueringsystemet.*
- 4. Dører utstyres med selvlukkere*
- 5. Alle dører skal være laget på en måte som gjør at personer kan observere forhold på begge sider av dørene.*

5. Litteraturstudie: Byggverk med heis til rømning

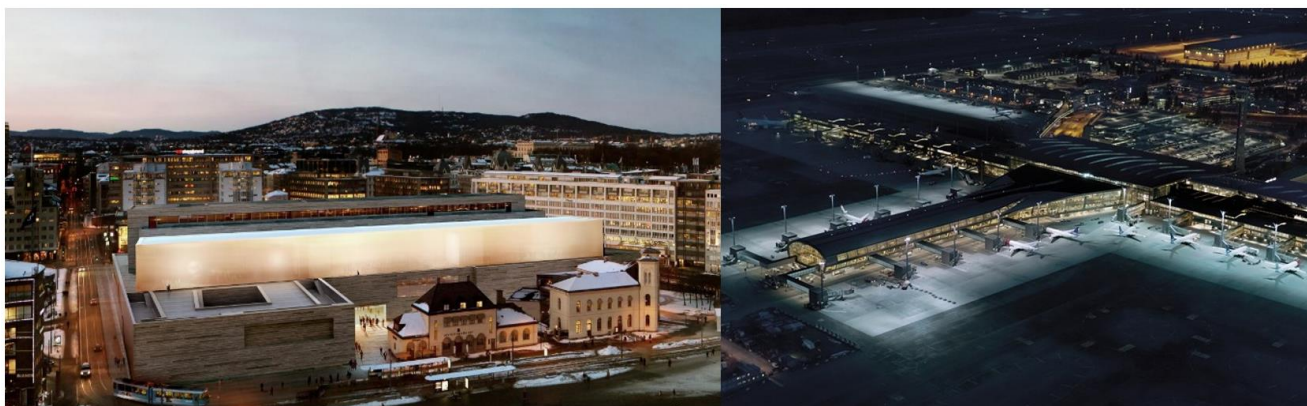
I dette kapitlet beskrives noen byggverk som er utført eller utføres med heis som skal ha en funksjon ved rømning. Litteraturstudiet gir informasjon om erfaringer, forflytningstider, regelverk og hvordan bruk av heis til rømning allerede er løst rundt om i verden.

5.1 Byggverk med rømningsheis i Norge

Som følge av strenge forskriftskrav er bruk av heiser ved rømning svært sjeldent i Norge. Det finnes imidlertid heiser for assistert rømning av bevegelseshemmede blant annet i Aurora kino i Tromsø og i den nyeste utbyggingen (T2) av Gardermoen som sto ferdig i 2017. Det skal også etableres en heis for assistert rømning i det nye nasjonalmuseet. Det må dog bemerkes at det i alle tre byggene stilles strenge krav til sikkerhet, og at det er etablert organisasjoner med oppgaver i rømningssituasjoner. I alle tre byggverkene er heisene etablert som et supplement til nødvendige krav til rømningsveier og rømningssikkerhet, for å ivareta evakuering av personer med nedsatt funksjonsevne. [70] [71] Gjennom litteratursøket ble det ikke identifisert byggverk i Norge der heis erstatter en påkrevd rømningsvei.

Ved Haukeland i Bergen skal det etableres heis til rømning ved en ny tunnelbanestasjon. Det er usikkert hvorvidt det er tenkt at den skal kunne betjenes automatisk, og også disponeres av personer uten funksjonsnedsettelse. [72]

I Nasjonalmuseet og på Gardermoen er det prosjektert midlertidig sikre steder der personer med funksjonsnedsettelser kan vente på assistert evakuering via heis. På Gardermoen er midlertidig sikkert sted ivaretatt med sluse- og heissjakter med brannmotstand REI 120-M, mens det i Nasjonalmuseet er ivaretatt enten ved bruk av trykksatte sluser, eller ved at det er minimum to barrierer mellom potensielle brannsted og midlertidig sikre steder. [73]



Figur 13 - Nasjonalmuseet og Gardermoen [74] [70]

Det må poengteres at det ved Nasjonalteateret, Gardermoen og i Tromsø er dokumentert at heiser kan utføres og brukes i forbindelse med rømning i Norge. Det viser at myndigheter allerede har innvilget dispensasjonssøknader, og da vurdert løsningene som nødvendige, sikre og veldokumenterte.

5.2 Byggverk med heis som del av rømningsvei i Sverige

I Sverige omtales rømningsheiser i byggeforskrifter. Det stilles imidlertid strenge krav, og det er spesifisert at heis bør etableres som et supplement til de trapperom som skal brukes til rømning. Dette forklarer kanskje hvorfor bruk av heis til rømning er et relativt sjeldent fenomen også i Sverige, til tross for at byggeforskriftene har tilrettelagt for slik prosjektering. [10]

Eksempel på byggverk i Sverige der rømningsheiser er etablert som komplement til forskriftsmessig rømning er ved Friends Arena [75] og Wrangelska palatset [76], begge byggverkene ligger i Stockholm. Det finnes imidlertid også enkelte bygninger i Sverige der rømningsheiser brukes som en erstatning for et trapperom som er påkrevd, blant annet Victoria Tower i Kista [77] og Clarion Hotel Post i Gøteborg [78]. I forbindelse med oppføring av Victoria Tower stilte brannvesenet i Stockholm seg kritisk, da spesielt vedrørende sårbarheten til tekniske systemer og usikkerheter knyttet til de menneskelige aspektene relatert til bruk av heis ved brann.



Figur 14 - Friends Arena, Wrangelska palatset, Victoria Tower og Clarion Hotel Post

I skrivende stund arbeides det også med «Sofia», en tunellbanestasjon som kommer til å bli blant verdens dypest liggende under Stockholm. Det vil etableres trapper, og tilrettelegges for rømning via en servicetunnel, men i all hovedsak er det tenkt at rømning skal skje ved bruk av seks heiser som hver dimensjoneres for 40 personer. Heisene skal bruke ca. 30 sekunder på å tilbakelegge den rundt 100 meter lange distansen mellom stasjonen og overflaten. Rømningen skal dimensjoneres for samtidig rømning fra to tog, tilsvarende 2400 personer. [79]

5.3 Byggverk med heis som del av rømningsvei utenfor Norden

Utenfor Norden finnes det flere eksempler på byggverk med der rømningsstrategien baseres på bruk av heiser. Dette skyldes sannsynligvis at bruk av heis til rømning omtales i amerikanske regelverk som er vidt utbredt, og anvendes i store deler av verden. Internasjonalt bygges det generelt også høyere enn i Skandinavia, og bruk av rømningsheiser blir mer aktuelt når vertikale avstander i byggverk øker.

Utover nevnte byggverk i Norge og Sverige ble følgende byggverk med heiser tilrettelagt for rømning identifisert gjennom litteratursøk. Tre av disse byggverkene presenteres videre i rapporten.

Tabell 2 - Byggverk utenfor Norden der heis har en funksjon ved rømning

Navn på byggverk:	Land	Byggeforskrift
Eureka Tower	Australia	IBC
Abu Dhabi sky tower	De Forente Arabiske Emirater	Ukjent
Burj Khalifa	De Forente Arabiske Emirater	IBC:2003/NFPA 10200.1[80]
Kingkey Finance Tower	Kina	Kinesisk byggeforskrift
Shanghai World Financial Centre	Kina	Kinesisk byggeforskrift
Petronas Twin Towers	Malaysia	BS 5588 part 5
One Canada Square	Storbritannia	BS 5588 part 5[81]
The Shard	Storbritannia	Ukjent
BT Tower	Storbritannia	Disp. for bruk av heis til rømning
30 St Mary Axe (The Gherkin)	Storbritannia	Ukjent
Taipei 101	Taiwan	Ukjent
Stratosphere Tower	USA	Funksjonsbasert
One World Trade Center	USA	IBC
Forest Glen Station	USA	NFPA/IBC

*) Det var utfordrende å kartlegge hvilke byggeforskrifter de forskjellige byggverkene er oppført i henhold til, og informasjon fra denne kolonnen er usikker. Informasjonen er så langt mulig innhentet med internettsøk.

De fleste av disse byggverkene er oppført før bruk av heis til rømning var en del av regelverket. Det betyr at tilnærmingen i stor grad har vært basert på analyser. Byggverk som har heiser tilrettelagt for rømning uavhengig av funksjonsnedsettelse ser ut til å ha tatt utgangspunkt i amerikansk regelverk, mens assistert rømning ved bruk av heis har vært aktuelt i Storbritannia. Det er på bakgrunn av disse observasjonene at det er valgt å se nærmere på britisk og amerikansk regelverk i kapittel 4.

5.3.1 Burj Khalifa

Burj Khalifa er i skrivende stund verdens høyeste bygning. Byggverket har 163 etasjer og en høyde på 828 meter. Byggverket ligger i Dubai i De Forente Arabiske Emirater og rommer hotell, kontor og boliger. Personbelastningen forventes å være mellom 9000 og 15000 personer. Bygget har 58 heiser, og blant disse finnes verdens lengst-opererende. [80]



Figur 15 - Burj Khalifa i Dubai [82]

Rømningsstrategien i bygget basers på rømning både via trapper og heiser til «overgangsetasjer» der personer som evakuerer bytter trapper eller heiser mot ekspressheiser. Ekspressheisene tar personene som rømmer direkte til bakkeplan. De heisene som har funksjon i en rømningssituasjon har forhøyet sikkerhet knyttet til blant annet vanninntrenging i sjakten, komponenter som tåler vann og redundant reservekraftforsyning. [80]

Det er uklart hvordan menneskelige aspekter ivaretas, men bygget har talevarslingssystem som gir informasjon og instruksjoner til de som rømmer. Talevarslingssystemet er utført slik at personalet kan instruere over høyttalersystemet. [80]

I tillegg til å bidra til evakuering av byggverket har noen av heisene til oppgave å bidra til effektiv forflytning av førstehjelpspersonell ved behov. [80]

Studier har vist at total nødvendig rømningstid ble redusert med 47% når heis og trapp ble brukt, sammenliknet med rømning kun ved bruk av trapper. Total nødvendig rømningstid for bygget med bruk av heiser og trapper er angitt til 90 minutter. [80]

5.3.2 Petronas Towers

Petronas Towers i Kuala Lumpur i Malaysia er to 88 etasjes tvillingtårn. Byggene er 452 meter høye og var en periode verdens høyeste bygninger da de ble ferdigstilt i 1998. Tårnene er gjenkjennbare som følge av den karakteristiske gangbroen som kobler byggene sammen cirka ved byggenes halve høyde.



Figur 16 - Petronas Towers [83]

Gangbroene er ikke bare en arkitektonisk finesse, men har også en viktig funksjon ved enkelte rømningssituasjoner da den gir mulighet for horisontal rømning mellom tårnene. Rømningsstrategi i byggene avhenger av situasjon og type uønsket hendelse. [84]

Ved brann vil rømning iverksettes fra etasjen det brenner, samt i etasjen over og under. Disse etasjene rømmer da tre etasjer nedover, mens de venter på videre instruksjoner. Dersom det i ett av byggverkene blir behov for full evakuering skal alle personer under gangbroene benytte trapper til bakkeplan, mens alle personer over gangbroene skal benytte heiser helt ned. [84]

Tidligere ble gangbroen brukt til evakuering av overliggende etasjer. Grunnprinsippet var da at personer som oppholdt seg over gangbroen skulle benytte trapper ned til gangbroen, for så å ta seg over til det andre byggverket, og videre benytte ekspressheiser ned til bakkeplanet. Som følge av en bombetrussel i 2001 måtte begge tårn evakueres samtidig noe som medførte en svært ubeleilig opphopning ved gangbroen der personer plutselig rømte i to forskjellige retninger. Dette skjedde som følge av en lite gjennomtenkt rømningsstrategi, personene som rømte fulgte bare de instruksjoner som var lagt. Denne bombetrusselen, samt terrorangrepet mot World Trade Center i 2001 viste at det kunne være nødvendig å evakuere begge tårnene samtidig. Det var forventet at den nye rømningsstrategien ville øke den nødvendige rømningstiden, men omleggingen viste seg i stedet å forkorte rømningstiden betraktelig. [85] [84]

5.3.3 Forest Glen Station

Forest Glen Station er en tunellbanestasjon i Washington i USA. Stasjonen er plassert ca. 60 meter under bakken og er den dypeste i byens tunnelbanesystem. Dybden vanskeliggjør bruk av trapper, men også rulletrapper, så det er i stedet etablert seks høyhastighetsheiser som brukes for å komme inn og ut av stasjonen. [86]

Stasjonens rømningsstrategi er basert på at togsporene er adskilte fra hverandre på en slik måte at en brann ikke skal kunne spre seg mellom sporene. For å ivareta seksjoneringen er det etablert en brannport som stenges ved brannalarm, og røyktette dører internt i stasjonen mellom sporene. Interne passasjer er også trykksatte. Dette gir tre rømningsalternativer ved brann [87]:

1. Rømme over til det andre sporet og vente på et tog som kan ta dem til neste stasjon
2. Bruke et trykksatt trapperom hele vegen opp til det fri
3. Rømme ved bruk av ekspressheis opp til det fri

Personer som rømmer skal ta seg over til det andre sporet og deretter få instruksjoner om hvordan det neste trinnet av rømningen skal foregå.



Figur 17 - Forrest Glen Station [86]

Da stasjonen skulle åpnes ble det stilt spørsmål ved stasjonens brannsikkerhet i avisen Washington Post og kritikken gikk i all hovedsak mot rømningsstrategien. Ekspertene anså bruken av en jernport som stenger ved brannalarm som uheldig da porten blokkerer den vegen som vanligvis benyttes for å komme inn i stasjonen. Ekspertene mente at det var uheldig da personer normalt vil prøve å ta seg ut den samme vegen de kom inn. Saken i Washington Post viste også at ekspertene anså rømning via heiser som problematisk med tanke på at folk generelt er av den oppfatningen at rømning via heis kan være farlig. [10]

På Forest Glen Station har rømningsstrategien ved flere anledninger medført driftsproblemer. Det mest kritiske tilfellet inntraff under ett år etter at stasjonen ble åpnet da alle heisene sluttet å fungere. Stasjonen måtte da naturlig nok stenges til heisene var tilbake i drift. [10]

6. Litteraturstudie: Hendelser knyttet til heis og rømning

På tross av at heiser tradisjonelt sett ikke har vært tillatt som del av rømningsvei ved brann finnes det flere tilfeller der heis har blitt benyttet i rømningssituasjoner. I dette kapitlet presenteres noen av disse hendelsene. Hensikten er blant annet å danne grunnlag for å drøfte menneskelige aspekter ut ifra erfaringer fra reelle hendelser.

6.1 Joelma Building, 1974

I februar 1974 brant den 25 etasjer høye Joelma Building i Sao Paulo i Brasil. I brannen døde 179 personer, 300 ble skadd og bygget ble totalskadet. Bygget hadde i praksis bare én rømningsvei, som var et åpent trapperom. Brannen spredde seg raskt, og da trapperommet ble blokkert av brannrøyk sto hundrevis av beboerne fanget oppe i etasjene uten mulighet til å ta seg ned. [88]



Figur 18 - Brannen i Joelma Building [89] [88]

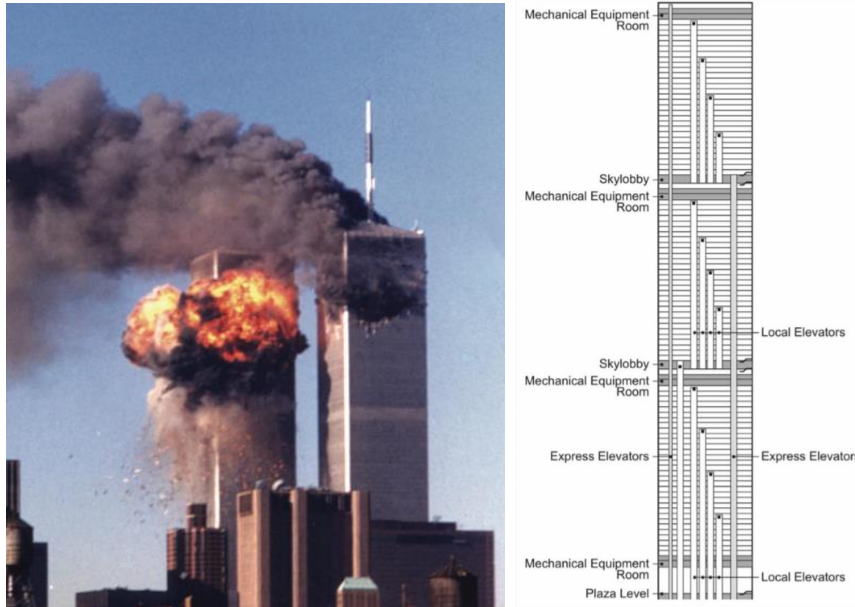
Flesteparten av de som faktisk klarte å komme seg ut gjorde dette ved å benytte byggets heiser. Dette var som vanlig ikke en del av rømningsstrategien, men i dette tilfellet fantes det ingen alternativer for å komme seg ned. Etter å ha evakuert ut flere grupper med personer stoppet til slutt én av heisene mellom to etasjer og de 13 personene i heisen omkom. [88]

Heisene i bygget var utformet som vanlige heiser og skulle ikke ha en funksjon ved brann, men de ble likevel avgjørende for at mange klarte å ta seg ut av den brennende bygningen. I en utredning kom det fram til at heisene hadde to funksjoner som bidro til å gjøre dem effektive i forbindelse med rømning. [88]

1. Heisene kunne kjøres i ekspressmodus og da med mulighet for å gå direkte ned til utgangsplanet
2. Heisenes kraftforsyning ble ikke påvirket av brannen i den tid der rømningen foregikk.

6.2 World trade Center, 2001

11. September 2001 ble to Boeing 767 krasjet inn tvillingtårnene World Trade Center i New York. Flykrasjene satte byggverkene i brann, og begge tårnene kollapset, henholdsvis 56 og 102 minutter etter at flyene traff. Da flyene traff var det anslagsvis 17 000 til 18 000 personer som oppholdt seg i bygningene. [88]



Figur 19 – World trade center i brann 11/9-2001 [90]

Figur 20 – Heisarrangement WTC [88]

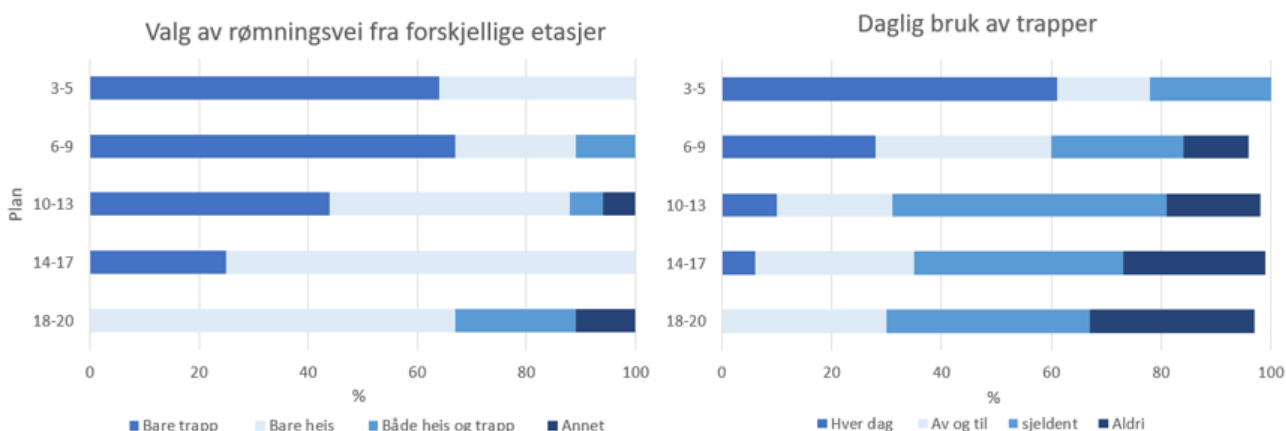
Granskninger etter hendelsen har betraktet rømningen fra World Trade Center som vellykket. De personene som ikke klarte å ta seg i sikkerhet var personer som oppholdt seg i etasjene over der flyene traff, og personer som var i heiser. Ettersom flyene ødela mange trapperom og heissjakter hadde personer som oppholdt seg over der flyene krasjet få muligheter til å ta seg ut. Under krasjhøyden var det stort sett bare personer som tok heis på det tidspunktet da flyene traff som omkom. Dette skyldes at flyene ødela heissjakter og kabler, slik at heisene stoppet der de var. Det antas at disse personene ble fanget i heisene, og senere døde som følge av brannen eller kollapsen. [88]

Undersøkelser i etterkant av hendelsen har vist at 16% av de som rømte fra WTC2 brukte heis, mens det i WTC1 var ca. 12%. Dette skal angivelig ha betydelig redusert forflytningstiden ut av tårnene. [88]

Bruk av heiser var i utgangspunktet ikke en del av rømningsstrategien i byggene, men alle heiser var oppgradert og tilpasset de krav som stilles for brannmannsheiser. Heisene var tydelig merket med skilter som sa at de ikke skulle brukes ved brann så fremt ikke brannvesenet hadde gitt instruksjoner som tilsa noe annet. Som tidligere nevnt ble personer villige til å ta heisene i bruk som følge av pålegg fra beredskapspersonell, samt at de hadde sett andre personer gjøre det. [88]

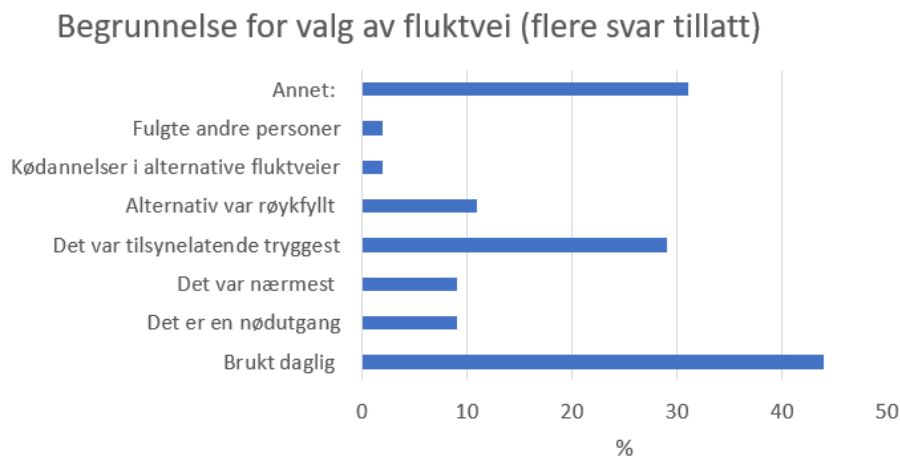
6.3 Hiroshima City, 1996

Brannen skjedde i en boligblokk med 20 etasjer i sentrum av Hiroshima i Japan. Ingen personer omkom, men 20 leiligheter ble totalskadd, og 50 leiligheter fikk mindre skader. I etterkant av hendelsen ble det gjennomført en spørreundersøkelse knyttet til hvordan rømningen hadde foregått. Undersøkelsene viste at 54 % av personene som evakuerte hadde tatt heiser i bruk under rømningen, på tross av at dette i utgangspunktet ikke var i henhold til byggverkets rømningsstrategi. [91]



Figur 21 – Valgte rømningsveier og daglig bruk av trapper (Hiroshima 1996) [91]

Undersøkelsen viste at personer hadde en sterk tendens til å ta i bruk den samme veien som de vanligvis brukte for å ta seg inn og ut av bygget, selv om dette omfattet bruk av heis, og på tross av at byggverket sto i brann. Det ble laget en oversikt over hvilke rømningsveier personer i forskjellige etasjer foretrakk og valgte, samt hvorfor rømningsvei ble valgt: [91]



Figur 22 - Begrunnelse for valg av rømningsvei (Hiroshima, 1996) [91]

Et annet interessant aspekt ved denne hendelsen er at 17 % av personene i bygget anga at de hadde en eller annen form for funksjonsnedsettelse, og 73 % av personene var over 60 år. Det er ikke urimelig å anta at det oppholdt seg personer i byggverket som ikke hadde praktisk mulighet til å ta seg ut selv uten bruk av heis. [91]

6.4 MGM Grand, 1980

Brannen startet i et kjøkken i en av byggverkets nederste etasjer. Bygningens virksomhet omfattet blant annet kasino og hotell. Det var et hurtig brannforløp og kasinoetasjen var angivelig overtent rundt 6 minutter etter at brannen ble oppdaget. Brannen spredte seg så oppover i bygget via heissjakter, trapperom og andre vertikale åpninger. [92]



Figur 23 – Personer søker tilflukt på balkonger under brannen i MGM Grand. [93]

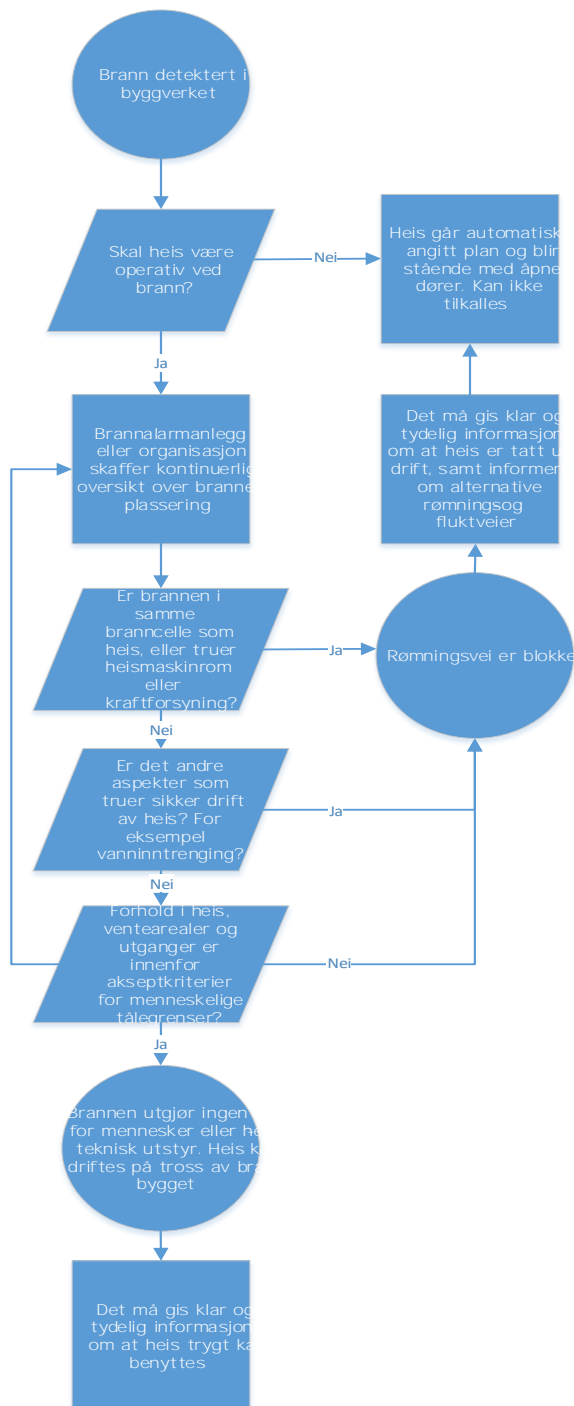
Totalt døde 84 personer i brannen, og flere hundre personer ble skadet. Som en del av granskningen ble de omkomnes plasseringer registrert. På tross av at brannen startet i en lavtliggende etasje skjedde de fleste dødsfallene i de øverste etasjene. I de øvre etasjene ble 29 personer funnet i hotellrom, mens 21 personer ble funnet i korridorer og heissluser. Det ble funnet 5 personer i heiser, og 9 personer i trapperom. [94] Likenes plassering tyder på at personer rømte mot byggverkets sentrale deler, som sannsynligvis også var de samme veiene som folk hadde brukt for å ta seg inn.

En feil knyttet til heisene som skjedde ved brannen i MGM Grand var at heisene ikke ble tilbakekalt automatisk ved brannalarm, granskninger tyder på at dette skyldes at brannen startet på bakkeplanet. Dette er uheldig fordi personer prøvde å benytte heiser til rømning når forholdene ikke var trygge, noe som kan ha ført til at de omkom. [92]

7. Generell systembeskrivelse for heis som skal benyttes til rømning:

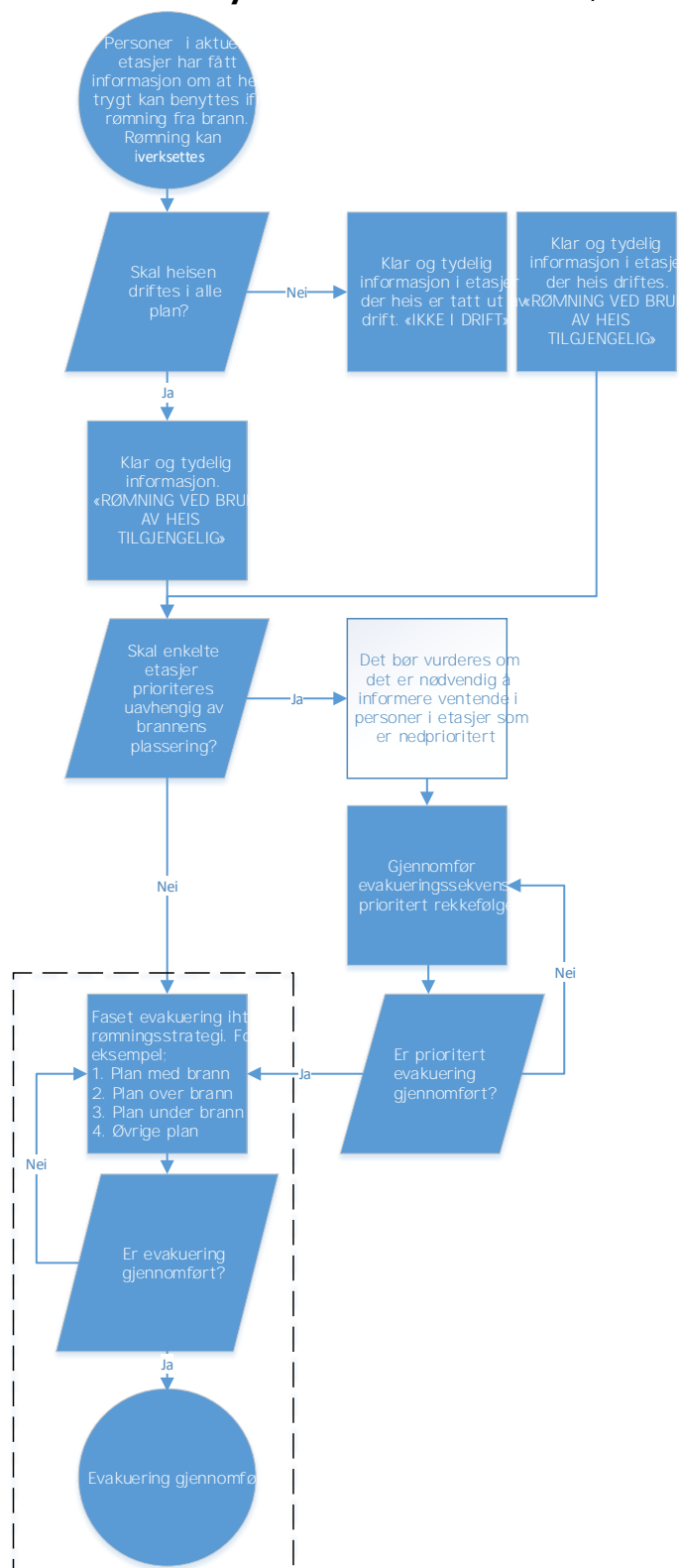
Dette kapitlet presenterer flytskjemaer med aspekter som bør undersøkes og ivaretas ved prosjektering av heisløsninger som er tiltenkt å ha en funksjon ved brann. Dette gjelder henholdsvis tekniske aspekter knyttet til sikker bruk av heisen, samt hvordan heisen implementeres i en rømningsstrategi.

7.1 Tekniske aspekter vedrørende rømningssikkerhet som må ivaretas:

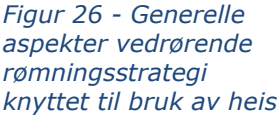


Figur 24 - Prinsippskisse for heissystem som skal brukes ved brannalarm

7.2 Forhold knyttet til bruk av heis til rømning som må ivaretas i rømningsstrategien:



Figur 25 - Spesielle forhold vedrørende rømningsstrategi, aspekter innenfor stiplede firkant vises i detalj på neste side.



8. Mulighetsstudie:

Mulighetsstudiet ble gjort i forbindelse med et reelt byggeprosjekt for å kartlegge problemstillinger fra andre enn brannrådgiverens perspektiv som vanskeliggjør prosjektering med heis tilrettelagt for bruk til rømning fra et byggverk der brann er detektert. Dette ble gjort i møter med brannvesenet, heisleverandører og en elektroingeniør med erfaring fra arbeid med heiser.

8.1 Brannvesenet:

Det ble presisert at brann- og redningstjenesten ikke hadde innvendinger mot prosjektering med heis som del av rømningsvei så fremt det kunne dokumenteres at det totale sikkerhetsnivået i bygget var minst på nivå med byggteknisk forskrift. Det er naturlig at brannvesenet vil være en høringsinstans ved en dispensasjonssøknad.

I en risikoanalyse som skal legges til grunn for dokumentasjon av at sikkerhetsnivået er tilfredsstillende bør det også gjøres vurderinger knyttet til hvordan heisen påvirker brannvesenets innsats.

Forutsatt at evakuering er gjennomført vil brannvesenet være interessert i muligheten til å ta heisen i bruk som et verktøy for å lette sløkkearbeid i en potensiell brannsituasjon. Dette vil i så fall stille krav om at heisen utformes som en brannmansheis med tilgjengelig sløkkevann tilknyttet heisen i alle plan.

8.2 Heisleverandører:

Heisleverandøren løftet frem flere utfordringer knyttet til prosjektering av heis som del av rømningsvei, både spesielle og konkrete knyttet til det aktuelle prosjektet.

Generelt er det utfordrende å få tak i skreddersydde heissystemer. Heisleverandørene har en produktportefølje de forholder seg til, og dersom det er ønskelig med andre produktspesifikasjoner og funksjoner enn det som vanligvis leveres vil dette medføre betydelige ekstra kostnader. Spesielle heisløsninger ville nødvendigvis skreddersys på fabrikk, og det ble ytret at det var usikkert hvorvidt leverandøren ville være interessert i å gjøre dette i det hele tatt.

For å tilrettelegge heis for rømning ble det anbefalt fra heisleverandørens hold å gjøre bygningstekniske tiltak for å ivareta brannsikkerheten, og bruke en systemer og utstyr som allerede er i produktporteføljen. Generelt selger heisprodusentene brannmannsheiser og ordinære personheiser. En fordel med å bruke de mer tradisjonelle heisløsningene ble poengtert å være at det kunne forventes færre utfordringer knyttet til den periodiske sikkerhetskontrollen som alle løfteinnretninger må gjennom hvert annet år i henhold til TEK.

Overnevnte utfordringer ble trukket fram i møter med to relativt store aktører i nasjonal målestokk. Svarene harmoniserte godt, men det ble også besluttet å ta kontakt med en leverandør som vi viste hadde levert heis til bruk for rømning før. Svaret er sitert i Figur 27 - E-post fra en av heisleverandør på neste side, som oppsummerer heisleverandørenes standpunkt godt.

«Hei,

Viser til kommunikasjon rundt «evakueringsheis».

Etter hva jeg kjenner til så finnes det ikke evakueringsheiser i markedet i dag. Det er utarbeidet et forslag til standard for evakueringsheiser (CEN/TS 81-76:2011). Denne standarden er ikke godkjent ennå. Det finnes da heller ikke noe regelverk for teknisk kontrollorgan til å godkjenne heis opp mot forslaget til denne standarden.

Standarden for «brannmannsheiser» - EN 81-72:2015 sier innledningsvis at en brannmannsheis i tillegg til å brukes av brannmann etter utløst brannalarm også kan bli brukt ved evakuering under ledsagelse av brannmann. Standarden sier forøvrig ellers at byggets evakueringsplan skal baseres på bruk av trapper.

Ved «prosjekt» har vi installert en heis som i en evakueringsplan er blitt benevnt som «evakueringsheis». Her har vi levert en heis i henhold til EN 81-72 hvor de fleste forhold i henholdt til standarden for brannmannsheis er aktivert. Anlegget blir imidlertid kontrollert av teknisk kontrollorgan som en vanlig heis jfr. EN81-20. Der er bygget internt som har utarbeidet en evakueringsplan hvor det for publikums arealer innbefatter denne heisen som kan benyttes under ledsagelse av opptrent personale- for kun evakuering av besøkende som måtte sitte i rullestol. Evakueringsplanen har klare begrensninger om hvordan heisen kan benyttes under en evakueringssituasjon.»

Figur 27 - E-post fra en av heisleverandørene

8.3 Elektroingeniør:

Elektrotekniske aspekter av interesse er kapasitet på reservekraftforsyning, programmeringer og styringer tilknyttet brannalarmanlegget, samt eventuell vannsikring av elektriske komponenter i heisstol, sjakt og heismaskinrom.

Heisentreprenører kan programmere inn omfattende styringer som tar utgangspunkt i informasjon fra brannalarmanlegg uten spesielt store utfordringer.

Nød- eller reservekraftforsyning er heller ikke utfordrende, men kan være fordyrende. Dersom heiser skal leveres med UPS er dette som regel en del av leveransen og leveres av heisentreprenør. UPS dimensjoneres og tilpasses heisens strømtrekk, som igjen er avhengig av heisens størrelse, fabrikat osv. Generelt er det ingen store utfordringer når det kommer til det elektrotekniske.

8.4 Oppsummering av mulighetsstudie:

Mulighetsstudien viser at en stor utfordring knyttet til prosjektering av heis som del av rømningsvei kommer fra heisleverandører og heiskontrollorgan. Problemet er at leverandørene forståelig nok ikke kan skreddersy heisløsninger da disse er fabrikkproduserte. Dette betyr at dersom det er ønskelig å bruke heis i forbindelse med rømning vil dette stort sett måtte gjøres med tradisjonelle heissystemer, der brannsikkerheten ivaretas gjennom bygningstekniske tiltak i kombinasjon med styringer fra brannalarmanlegg som overvåker brannen. Imidlertid viste mulighetsstudien at det fint kan programmeres inn utallige styringer og overvåkninger i systemet uten problemer. Brannvesenet vil akseptere dette så fremt det er på nivå med byggteknisk forskrift.

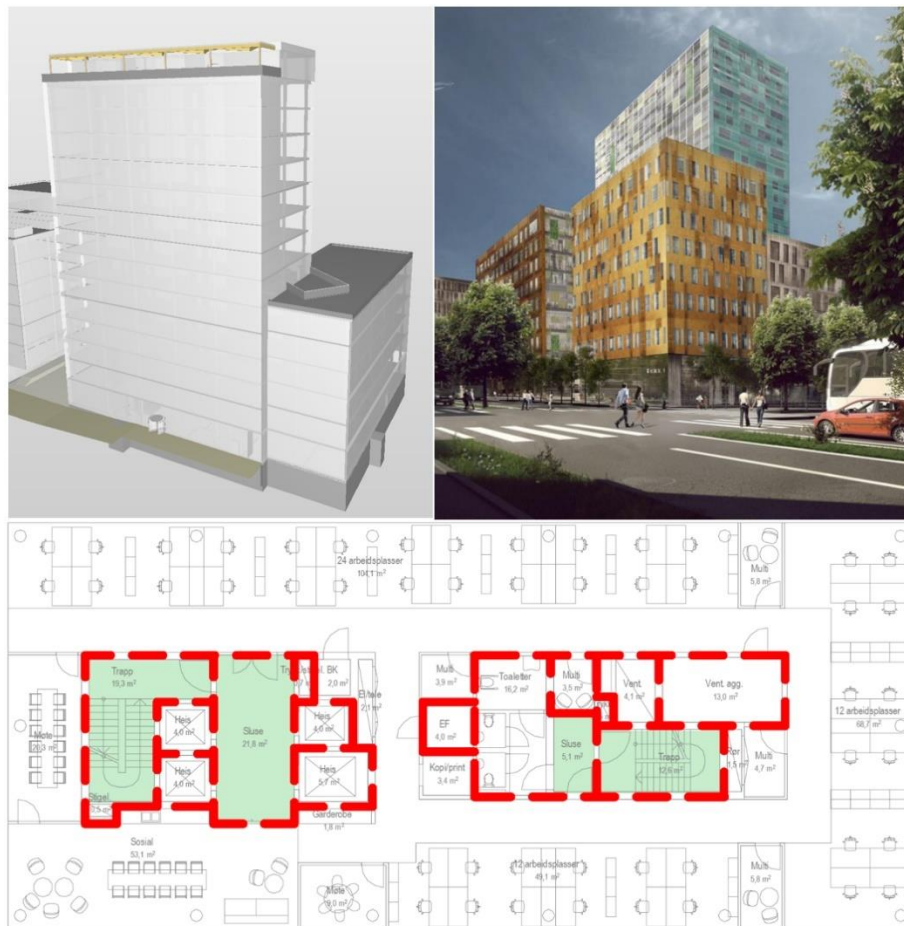
9. Eksempelstudium 1: Kontorbygg

9.1 Beskrivelse av analysebyggverket:

Eksempelstudiet omhandler et kontorbygg med 15 tellende etasjer som skal oppføres sør i Trondheim. Store deler av bygningsmassen er RKL 2 (kontor, møterom, parkering, garderober, tekniske rom, evt. laboratorium). Det vil også være kantine (RKL 5). Brannenergien er antatt innenfor normalområdet ($< 400 \text{ MJ/m}^2$ omhyllingsflate), og brannvesenets innsatstid forutsettes i henhold til dimensjoneringsforskriften å være maksimalt 10 minutter.

Hovedbæresystemet er R90 A2-s1,d0 [A90], mens sekundærbæresystem er R60 A2-s1,d0 [A60]. Branncellebegrensende konstruksjoner skal tilfredsstille EI 60 A2-s1,d0 [A60]. Byggverket har heldekkende brannalarmanlegg og er sprinklet.

Hvert plan har et areal på ca. 620 m^2 og personbelastningen per plan er ca. 60 personer. I forbindelse med denne oppgaven forutsettes det at alle 15 etasjene er like. Forutsetningen er vurdert som fornuftig på bakgrunn av at heis- og trappekjerne er lik i alle plan, bortsett fra bakkeplanet der trapperom TR3 skal termineres i rømningsvei direkte til det fri.



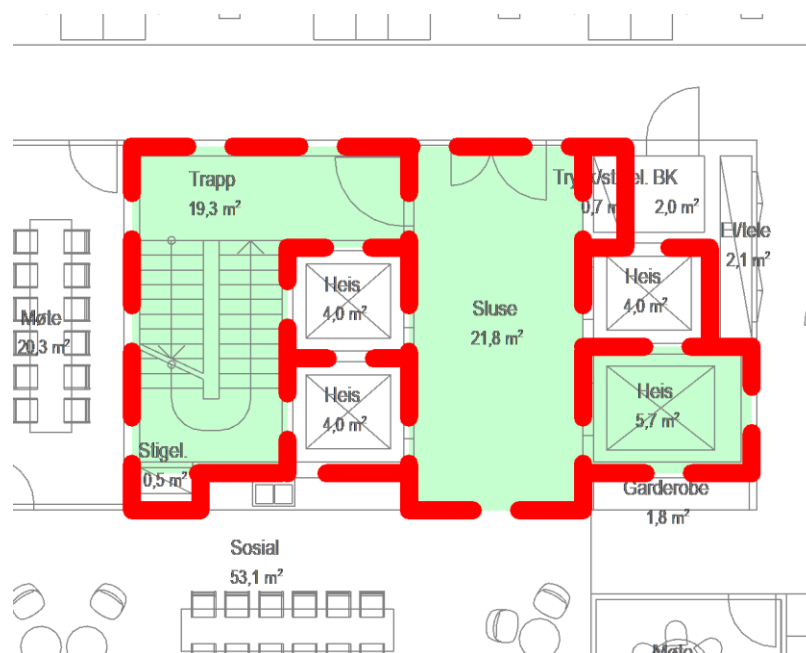
Figur 28 - Illustrasjon, 3d-modell og branntegninger (plan 12).

9.2 Beskrivelse av heisløsning:

9.2.1 Generelt om heisløsningen

For eksempelstudium 1 er det valgt å benytte en løsning der en brannmannsheis kan benyttes til rømning frem til brannvesenet ankommer og eventuelt tar den i bruk. Løsningen er inspirert av høringsutkastet til prNS 3807 – *Bruk av heis til rømning*. Heisen supplerer de rømningsveier som er påkrevd i henhold til TEK 17. Nytteverdien er bedre tilrettelagt rømning for personer med funksjonsnedsettelse, reduserte forflytningstider og større sannsynlighet for at brannvesenet kan konsentrere seg om å slukke brannen når de ankommer. Dersom heisen er trygg nok for en person med funksjonsnedsettelse er den også trygg nok for en person uten funksjonsnedsettelse, og det vil neppe være praktisk gjennomførbart å nekte funksjonsfriske å ta heisen i bruk. [9]

I eksempelstudiet planlegges det å ta i bruk én heis til rømning. På branntegningen nedenfor er den aktuelle heisen skravert som rømningsvei (grønn). Heiser er forbundet sluse som tilhører trapperom Tr 3. Trapperom, sluser og brannmannsheis har trykksettingssystemer. Dører mot bruksarealer er utstyrt med selvlukkere. Omfattende bruk av trykksetning er gjort for å unngå tidlig deteksjon i områder tilknyttet heis, samt for å ivareta akseptable forhold med tanke på menneskelige tålegrenser så lenge som mulig. Grunnen til at det er valgt å ta brannmannsheisen i bruk til rømning er at dette gjør at problematikk knyttet til kraftforsyning og vann allerede er hensyntatt. Dette gjør også at det kan forventes en adskillig høyere pålitelighet til heisen, samt at det vil være tilrettelagt for å lettere evakuere personer fra heisen om den skulle stoppe mellom etasjer.

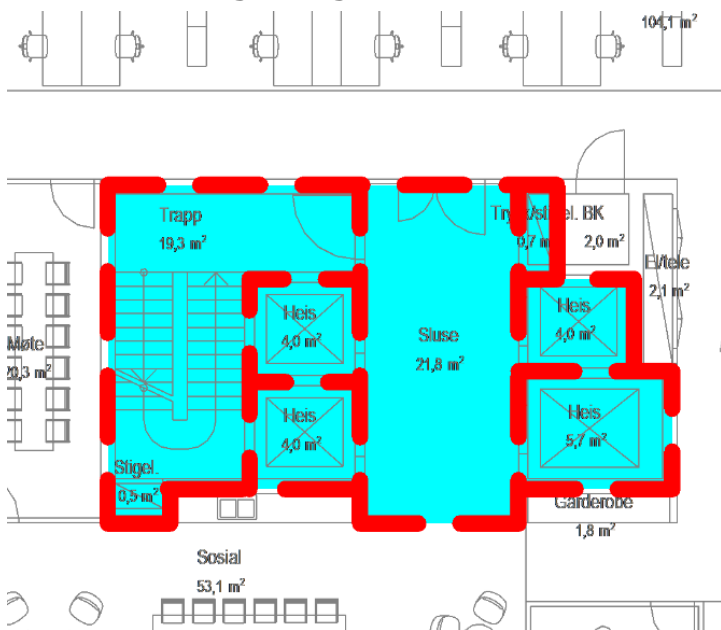


Figur 29 – Heis- og trappekjerne med grønn «rømningsskravur» på aktuell heis

Når brannvesenet ankommer skal de kunne betjene en bryter som tilbakekaller og tar styring over heisen, slik at den da oppfører seg som en vanlig brannmannsheis. Dersom det fortsatt er personer i byggverket tar brannvesenet styringen og bestemmer hvordan evakueringen av resterende personer skal foregå, for øvrig som i et hvilket som helst byggverk. Det poengteres at bruk av brannmannsheis til rømning i tidlige stadier av brannforløp er vanlig for eksempel i USA. [14]

Kravene som beskrives skal komplementere generelle krav til heiser.

9.2.2 Fastsetting av logisk sone:



Figur 30 - Logisk sone

Prinsippet for løsningen er at brannalarmanlegget overvåker heis- og trappekjernen i alle plan, altså alle områder vist med blå skravur på figuren til venstre. Heis- og trappekjernen overvåkes i alle plan og defineres som en logisk sone. Denne logiske sonen gir informasjon til en lokal styring i brannalarmanlegget som bestemmer hvorvidt heis skal tas ut av drift eller ikke.

Så fremt det ikke er detektert røyk i denne logiske sonen kan heisen fortsette i drift uavhengig om det er detektert brann i andre områder i byggverket. Dersom det detekteres røyk i logisk sone, skal heisen tas ut av drift i henhold til *EN 81-73 heisers virkemåte ved brann*. [18]. På utgangsplanet må rømningsvei fra heis- og trappekjernen inngå i logisk sone.

9.2.3 Skilting og informasjon:



Figur 31 - Dynamisk heisskilt

Dersom røyk detekteres i logisk sone skal heis tas ut av drift i henhold til *EN 81-73 heisers virkemåte ved brann*. [18] Det er da viktig at personer som rømmer får informasjon om at heisen ikke lenger er et alternativ for å ta seg ned og ut av bygningen. I henhold til høringsforslaget til prNS 3807 kan denne informasjonen formidles som i figuren til venstre. Det skal angis et rødt blinkende lys når heisen ikke kan benyttes. Inntil lyset blinker vil heisen ha normal drift og lyset skal da være slukket. Eventuelt talevarslingsanlegg skal også gi informasjon om heisens tilgjengelighet, og forklaring av rødt blinkende lys. Lys og skilter plasseres synlig ved heiser.

Det bør også fremgå av rømningsplaner at heisen ikke kan brukes ved rødt blinkende lys.

9.2.4 Plan for alarmorganisering (relevant for heis):

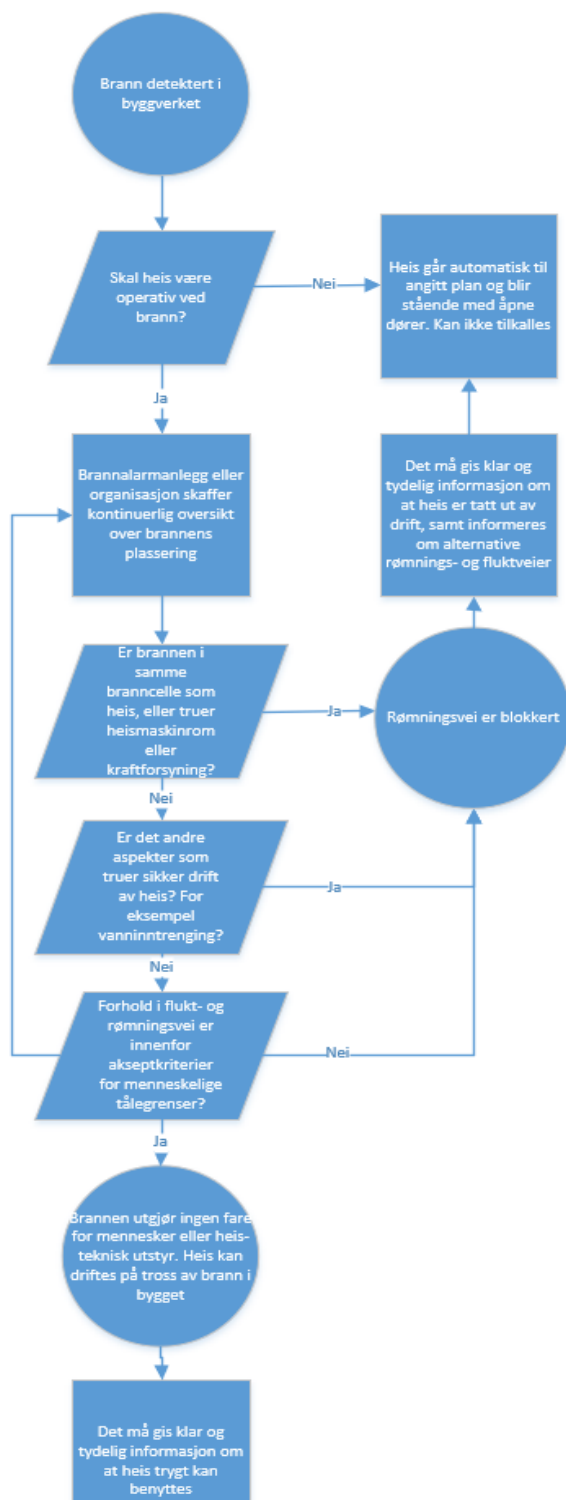
Tabell 3 – Alarmorganisering i kontorarealer

Moment	Styring	Tiltak/aktivering prosess	Alarmnivå:		
			Stille:	Liten:	Stor:
Aktivert element i multikriteriedetektor	<ul style="list-style-type: none"> - Aktiverer 5 minutter stille alarm - Melding til resepsjon - Summer aktiveres i kontorareal i etasje der detektorverdi er høy. - Heiser som ikke har funksjon ved rømning tas ut av drift - Heis som skal brukes til rømning må gå i ekspressmodus 	<p>Ringe opp aktuell kontordel for å eventuelt verifisere deteksjon. Ved verifisert falsk alarm kan deteksjon avstilles.</p> <p>Evakuering iverksettes fra etasjen der brann er detektert</p>		x	
5 minutters stille alarm utløper Manuell melder aktivert To elementer i multikriteriedetektor aktivert Utløst sprinkler	<ul style="list-style-type: none"> - Varsling aktiveres i hele byggverket - Melding sendes til 110-sentral - Heiser som ikke har funksjon ved rømning tas ut av drift - Heis som skal brukes til rømning må gå i ekspressmodus. 	<p>Evakuering iverksettes i hele byggverket</p>			x

Tabell 4 – Alarmorganisering i logisk sone (heis- og trappesjakt)

Moment	Styring	Tiltak/aktivering prosess	Alarmnivå:		
			Stille:	Liten:	Stor:
Aktivert element i multisensordetektor Manuell melder aktivert Sprinkler aktivert	<ul style="list-style-type: none"> - Alle heiser går ned til utgangsplan, tas ut av drift og åpner dører - Optisk blinkende lys (skilt og informasjon) foran heis aktiveres - Varsling aktiveres i hele byggverket - Melding sendes til 110-sentral 	<p>Evakuering iverksettes i hele byggverket</p>			x

9.2.5 Prinsipp for heisens system¹:



Figur 32 - Flytskjema for tekniske aspekter knyttet til bruk av heis ved brann.

Prinsippskissen til venstre gir en oversikt over hvordan systemet håndterer utfordringer knyttet til bruk av heis ved rømning, og bestemmer om heis kan driftes eller ikke. Flytskjemaet er laget ved å ta utgangspunkt i den tekniske rapporten *ISO/TR 25743:2010* [21] som omhandler bruk av heis i forskjellige type nødsituasjoner.

Heiser som ikke skal ha en funksjon ved brann skal tas ut av drift uavhengig av hvor brannen befinner seg så fort deteksjon skjer. Dersom brann er detektert i ved utgangsplanet skal heiser gå ut av funksjon ved et annet plan.

Brannalarmanlegget er delt inn i forskjellige logiske soner, henholdsvis kontorarealer og heis- og trappekjerne. Logisk sone for heis- og trappekjerne skal ivareta at rømning kan skje sikkert hele veien fra sluse til sikkert sted. Det vil si at personer ikke skal eksponeres for forhold som overstiger akseptkriterier for menneskelige tålegrenser, typisk som gitt i *SN-INSTA 950* [29]. Dette ivaretas ved at heis tas ut av drift ved deteksjon av røyk i tilknyttet rømningsvei (logisk sone), heissjakt, sluser eller heismaskinrom.

Kraftforsyning er sikret ved at det tas i bruk en brannmannsheis.

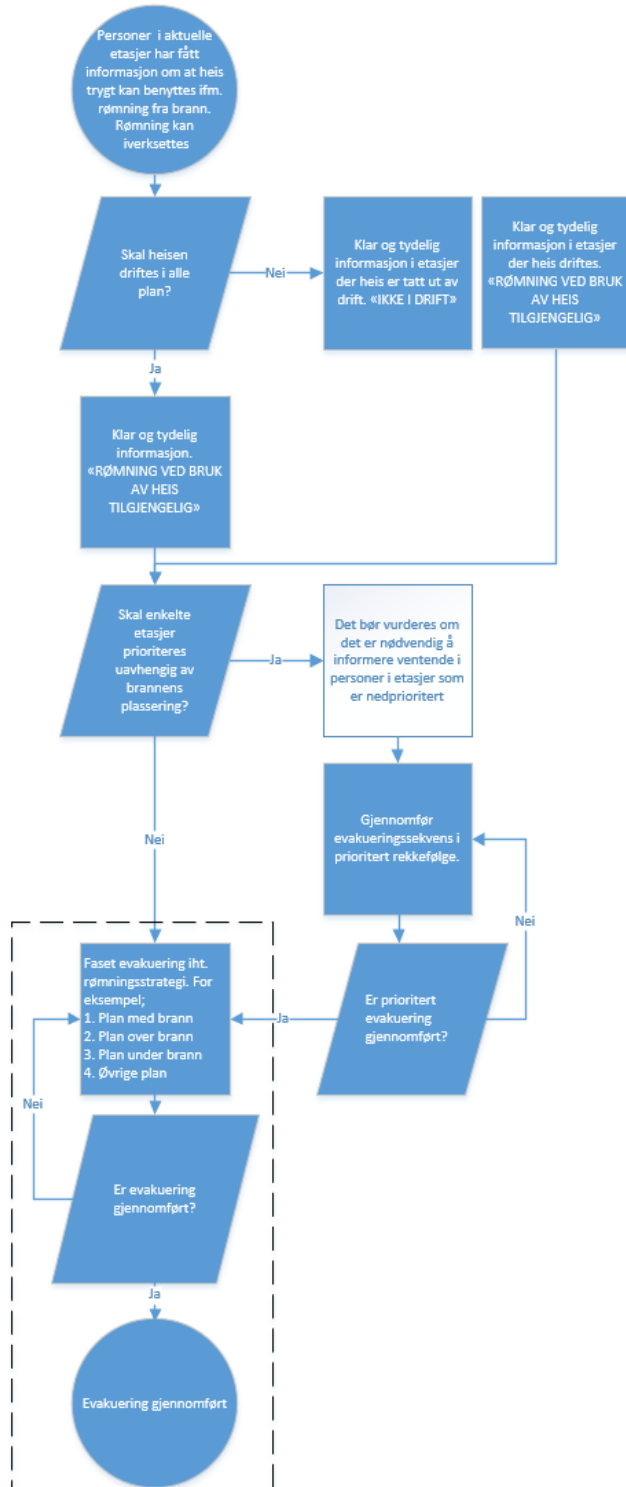
Sikker drift ved for eksempel utløst sprinkler i eksempelvis kontorareal er ivaretatt ved at det brukes en brannmannsheis som uansett skal være funksjonssikker på tross av vanninntrenging.

Som prinsippskissen viser er det nødvendig å gi tydelig informasjon både om at heisen kan benyttes, og dersom heisen eventuelt ikke kan benyttes. Dette ivaretas ved informasjon på rømningsplaner og dynamisk skilting ved heis, se figur 30.

Dersom det detekteres brann i rømningsveier fra heis til sikkert sted på avlastningsplanet må heis gå ut av drift og til en annen etasje i henhold til *EN 81-73 heisers virkemåte ved brann*. [18] .

¹ Se figur 24 for bedre lesbarhet

9.2.6 Prinsipp for rømningsstrategi²:



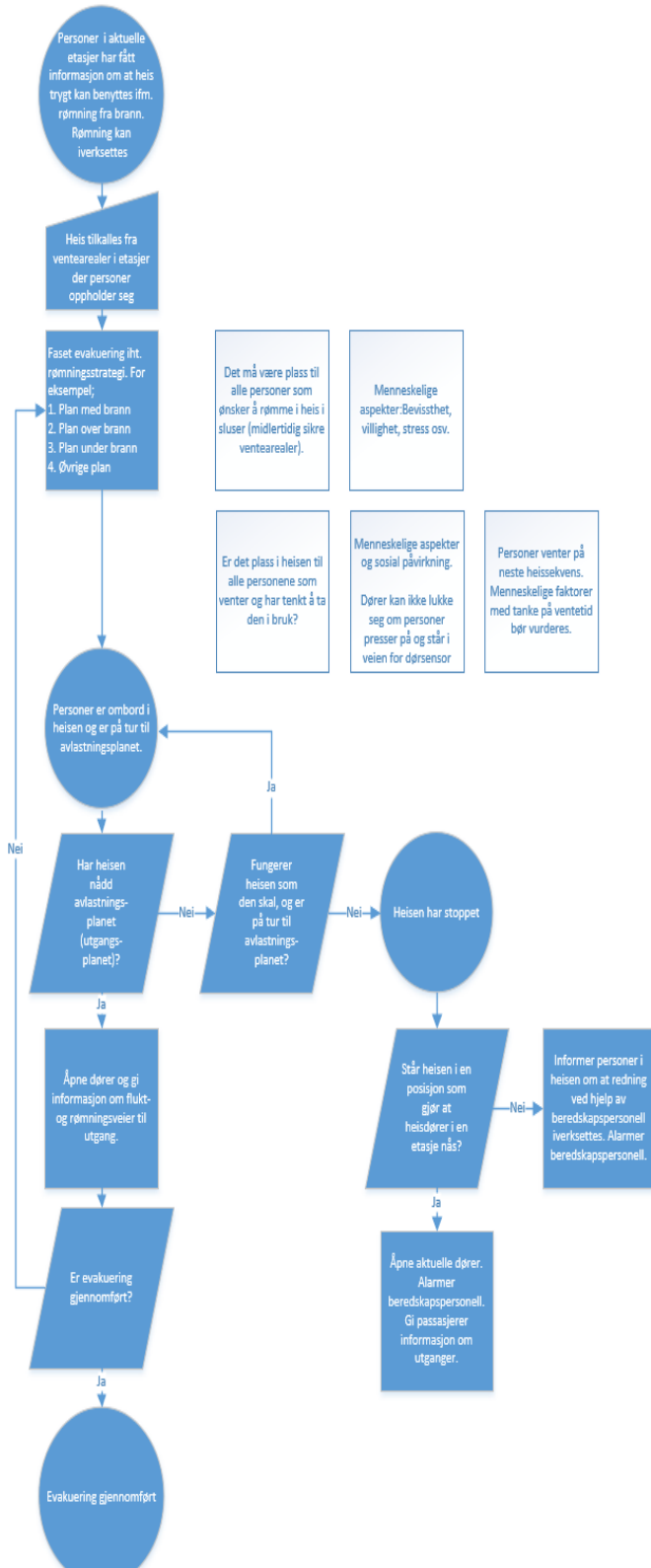
Figur 33 - Spesielle forhold i rømningsstrategien

Flytskjemaet til venstre viser en generell oversikt over rømningsstrategi kan se ut når heis skal tas i bruk til rømning. I første omgang tas det hensyn til spesielle forhold i rømningsstrategien, mens mer generelle aspekter finnes på neste side i figur 34 som representerer området innenfor den stiplede firkanten i figur 33. Flytskjemaene er også utarbeidet med utgangspunkt i *ISO/TR 25743:2010* [21].

I kontorbygget skal heisen driftes i alle plan, og skal kunne tilkalles på vanlig måte. Dersom brannalarmanlegget gir beskjed om at heis skal tas ut av drift vil dette skje i alle plan. Informasjon knyttet til hvorvidt heis er tilgjengelig for bruk til rømning eller ikke ivaretas ved bruk av dynamisk skilting.

Heisen skal prioritere etasjer avhengig av brannens plassering.

² Se figur 25 for bedre lesbarhet



Figur 34 - Rømningsstrategi for bruk av heis generelt

Generelt er det i høringsforslaget til prNS 3807 tenkt at heisen skal gå som normalt på tross av at det er detektert brann i bygget. I den tid personer er skeptiske til bruk av heis ved brannalarm, eller at heis forbeholdes personer med nedsatt funksjonsevne kan det ventes at dette vil fungere, men ikke dersom det er mange personer på flere plan som ønsker å ta heisen i bruk samtidig. Det vurderes derfor som riktig å sørge for at heisen prioriterer brannetasjen, og deretter overliggende etasjer. Videre må heis prioritere etasjer ovenfra og nedover. Denne strategien for faset evakuering nevnes blant annet i BS9999:2008 [13].

Slusene har plass til hele den forventede personbelastningen i sin respektive etasje, beregnet med 0,28 m²/pers i henhold til NFPA 101 [14].

Det forventes at de fleste som ønsker å ta i bruk heisen til rømning på hvert plan vil få plass i én sekvens, men at det neppe er plass til mange flere. Heisen må derfor kunne driftes i ekspressmodus for å ikke stoppe på alle plan der den har blitt tilkalt på tur ned.

Det er svært fordelaktig at personer som har mest nytte av heis til rømning også får informasjon om at dette er mulig, og benytter løsningen ved øvelser. Dette forventes å øke deres villighet til å ta heis i bruk ved rømning.

Det forventes at de fleste personer vil prioritere andre rømningsveier enn heisen, og at kapasitet i sluser og heis er tilstrekkelig. Det er imidlertid usikkert hvorvidt dette gjelder i hele byggets levetid om det skjer holdningsendringer knyttet til bruk av heis ved brannalarm, og det kan i så fall bli behov for revurdering av dette i fremtiden.

Dersom heisen stopper mellom etasjer er det viktig at det er mulig å tilkalle hjelp fra heisen slik at beredskapspersonell kan varsles om situasjonen.³

³ Se figur 26 for bedre lesbarhet

9.3 Vurdering av løsning mot relevant utenlandsk byggeforskrift

Som beskrevet i kapittel 4.7 er *NFPA 101* [14] representativ for amerikanske forskrifter som omhandler brannsikkerhet. Det er derfor naturlig at heisløsningen i kontorbygget sammenliknes med relevante krav.

9.3.1 Punkter der eksempelstudium 1 avviker fra NFPA 101

Tabell 5 - Oversikt over punkter der heisløsningen avviker krav fra NFPA 101

Avvik fra NFPA 101	Kommentar:
<p>Sikker bruk av heis til rømming:</p> <p>Overvåkning av hvorvidt det er personer om bord og av elektriske komponenter tilknyttet heisen er ikke ivare tatt utover de krav som stilles for en brannmannsheis generelt.</p>	<p>Det vil være mulig å se hvilken retning heisen går fra alle heissluser og avlastingsplanet. Overvåkning av om det er personer i heisen løses ved bruk av toveiskommunikasjonssystemet som må etableres i heisstol i henhold til brannmannsheisstandarden, altså kan kommunikasjonskanalen åpnes for å høre om det er personer i heisen. Tablå i heis og styrepanel ved avlastningsplan viser eventuelle tilkallinger.</p> <p>Forhold i sluser, heissjakt, heismaskinrom og tilstøtende rømningsveier overvåkes ikke kontinuerlig av personer, men av brannalarmanlegg. Deteksjon i disse områdene skal ta heis ut av drift for rømning.</p> <p>Bygget vil ikke utføres med et kommandorom for bruk ved brann. Byggverket er ikke mer omfattende enn at brannvesenet kan lede og overvåke situasjonen som vanlig.</p>
<p>Alarmorganisering og kommunikasjon:</p> <p>Brannalarmanlegget gir i utgangspunktet ikke mulighet for kommunikasjon med alle etasjer. Det er ikke etablert et nødkommunikasjonsanlegg i sluser eller etasjer.</p> <p>NFPA krever talevarslingsanlegg.</p>	<p>Det er ikke etablert toveiskommunikasjon til sluser i alle etasjer, men det vurderes som unødvendig ettersom bruk av heis til rømning vil være et supplement til de rømningsveier som i utgangspunktet er påkrevd. Heiser er generelt et supplement til de rømningsveier som er påkrevd for byggverk oppført i henhold til NFPA 101 også, men disse byggverkene kan ha et betydelig høyere antall etasjer enn 15, og ventetider kan forventes å være adskillig lengre enn det vil være i byggverket som eksempelstudiet tar for seg. I henhold til brannmannsheisstandarden må det etableres et kommunikasjonssystem i heisstol til et basepunkt. Dette systemet kan tas i bruk ved rømning dersom det er behov for dette.</p>
<p>Brannbegrensende konstruksjoner:</p> <p>Heismaskinrom, heissjakt og tilknyttet trapperom er ikke beskyttet med brannskillebegrensende konstruksjoner tilsvarende EI 120.</p>	<p>I henhold til TEK 17 kan et 15 etasjers kontorbygg oppføres med bærende hovedsystem på R 90 [A90]. Branncellebegrensende konstruksjoner skal i henhold til norsk regelverk tilfredsstille EI 60 [A2-s1,d0]. 60 minutter skal være tilstrekkelig med tanke på rømning fra det aktuelle bygget som eksempelstudiet tar for seg og vurderes som tilstrekkelig i dette tilfellet.</p>

<p>Elektriske systemer:</p> <p>Kabler for normalkraft, reservekraft, kontrollsignaler, kommunikasjon med heisstoler, lys, oppvarming, airconditioning, ventilasjon og branneteksjonssystemer har ikke sikker funksjon i 120 minutter.</p>	<p>Kablingen trenger ikke å være funksjonssikker utover kravet som stilles til brannmotstand for branncellebegrensende konstruksjoner, altså 60 minutter.</p>
---	---

9.3.2 Oppsummerende kommentarer til avvik:

Løsningen som er skissert for bruk av heis til rømning i *NFPA 101* [14] kan forventes å være tiltenkt byggverk som er adskillig høyere enn det som er vanlig å bygge i Norge. I et byggverk med 100 etasjer kan det forventes at mange av de bygningstekniske kravene allerede vil være tilfredsstilt. Situasjonen blir motsatt for flere av kravene i norsk sammenheng, og kravene vil i mange tilfeller komme som supplement til de krav som stilles i *VTEK17* [2]. Det vurderes som urimelig å stille krav til økt brannmotstand til bærende hovedsystem, eller branncellebegrensende konstruksjoner i et byggverk bare for å tilrettelegge for bruk av heis til rømning.

9.4 Risikovurdering av eksempelstudium 1 - Kontorbygg

9.4.1 Sannsynlighet, konsekvens og akseptkriterier:

I Norge har antall kontorbygg siden 1/1-18 ligget stabilt på ca. 39000. [95] I den samme tidsperioden har det oppstått 182 branner i kontorbygg, altså 91 branner i kontorbygg per år. [96] Statistisk sett kan det derfor for ett kontorbygg forventes én brann i løpet av ca. 400 år. Statistikken viser også at det siden 1/1-18 har oppstått 3 personskader som følge av brann i kontor, altså 1,5 personskader i året som følge av brann i kontor. [96] Dette kan regnes om til 1 personskade per 60 branner. For ett kontorbygg kan det altså forventes at det innen 24000 år vil ha skjedd én personskade som følge av brann, som kan regnes om til $4,16 \times 10^{-5}$ personskade /kontorbygg per år. Siden det ikke ble identifisert tall for hvor mange dødsfall som har skjedd i kontorbygg ble britisk regelverk undersøkt.

Statistikk basert på britiske byggverk finnes i *PD 7974-7:2003* [27]. Her er det tatt utgangspunkt i 209 627 kontorer, der det har vært 1988 branntilløp per år. Her angis det at brannene har ført til 286 personskader og 0,3 dødsfall per år. Sammenlignes statistikkgrunnlagene kan det se ut som om det brenner sjeldnere i Norge (0,0023 brann/byggverk år) enn i Storbritannia (0,0094 brann/byggverk år). Frekvensen for skade som følge av brann er også høyere i Storbritannia enn i Norge. Uansett viser statistikken at det i et kontorbygg i Storbritannia statistisk sett kan forventes $1,43 \times 10^{-6}$ dødsfall/ kontorbygg år.

SN INSTA 951 [22] angir 10^{-6} som risikoakseptkriterium for 3. person. Dette er også et typisk tall som brukes for risikovurderinger i industrien. I industriell sammenheng regnes 3. person typisk som personer som ikke har tilknytning til virksomheten, for eksempel tilfeldige personer som oppholder seg i nærheten av et tankanlegg. Det er valgt å benytte tall for 3. person fordi de påføres en ikke-selvpåført risiko ved bruk av heis, omstendighetene er også utenfor deres kontroll.

Basert på statistikken over kan det konkluderes med at akseptkriteriet for dødsfall i et kontorbygg blir 10^{-6} . Dette er strengere enn statistikken som tilsier $1,43 \times 10^{-6}$ omkomne/bygg år. Således kan sikkerhetsnivået forutsettes å være på nivå med TEK.

Ifølge standarder og litteraturkilder har heis ikke blitt brukt i forbindelse med rømning på bakgrunn av risikoen for at den skal stoppe mellom etasjer. Dersom heisen stopper mellom etasjer og personer eksponeres for branngasser kan det medføre kritiske konsekvenser for personer i heisen, i verste fall død. Risikoanalysen tar utgangspunkt i at verste konsekvens er at 15 personer omkommer i heisen.

Brann i kontorbygg:	0,0023 brann/ byggverk år
Akseptkriterium personsikkerhet:	10^{-6} dødsfall/byggverk år
Konsekvens:	15 personer omkommer

9.4.2 Fareidentifikasjon:

Tabell 6 - Fareidentifikasjon

Nr.	Uønsket hendelse:	Type scenari (iht.NS 39Q1)	Kommentar:
1	Brann i kontorareal som spres til trapp- og heiskjerne.	1/3	<ul style="list-style-type: none"> - Svikt sprinkler - Svikt branncelle - Svikt i røykkontroll Tr3
2	Brann i trapp- og heiskjerne.	4	<ul style="list-style-type: none"> - Lagring i rømningsvei
3	Brann i heissjakt	4	<ul style="list-style-type: none"> - Sjøppel, støv, smøremidler i heisgrop antennes som følge av friksjon eller feil på elektriske komponenter.

9.4.3 Årsaks- og sannsynlighetsanalyse:

Scenario 1 kan være kritisk for personsikkerheten, og vurderes ytterligere i en kvantitativ probabilistisk analyse. Scenario 2 og 3 vurderes kvalitativt.

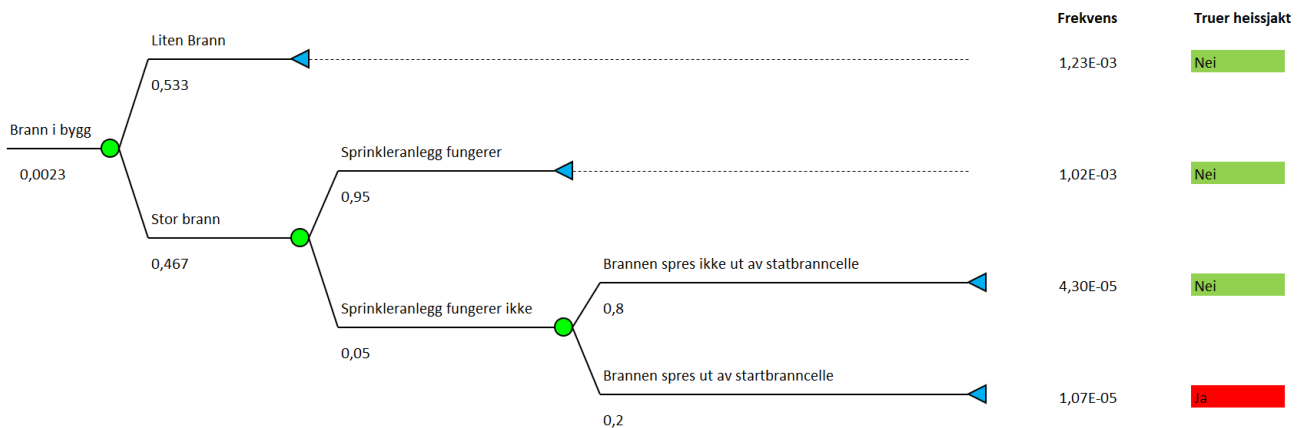
9.4.3.1 Scenario 1 - Brann i kontorareal som spres til trapp- og heiskjerne.

Scenario 1 representerer den verste realistiske hendelsen som kan medføre store konsekvenser for personer som skal rømme med bruk av heis. Videre undersøkes sannsynligheten for at heisen stopper, og at brannen samtidig utvikler seg til det punktet at den utgjør en fare for personen(er) som befinner seg i heisstolen.

Følgende tabell gir en oversikt over bakenforliggende årsaker til den uønskede hendelsen i scenario 1 med frekvens og kilde:

Tabell 7 - Bakenforliggende årsaker til brannspredning ut av startbranncelle

Svikt som leder til scenario	Bakenforliggende årsak:	Frekvens:	Kilde:
Brannen utvikler seg til en stor brann	<ul style="list-style-type: none"> - Ingen manuell slokking - Stor nok til å utvikle seg - Tilgjengelig brensel 	0,467	[28]
Sprinkleranlegget fungerer ikke	<ul style="list-style-type: none"> - Systemet er slått av (70%) - System uegnet for type brann (5%) - Mangelfullt vedlikehold (8%) - Feil som følge av menneskelig handling (17%) - Ødelagte komponenter (0%) 	0,05	[28]
Branncellebegrensende konstruksjoner svikter	<ul style="list-style-type: none"> - Selvlukkere svikter - Dører er kilte - Dører holdes åpne av personer som rømmer - Gjennomføringer ikke tilstrekkelig ivaretatt - Feil utført konstruksjon 	0,20	[28]



Figur 35 - Hendelsestre for brannspredning ut av startbranncelle i sprinklet kontorbygg

- Årsaksanalysen tilsier at en brann i kontorarealet vil utgjøre en trussel for heissjakt $1,07 \times 10^{-5}$ ganger per år. Brannutviklinger som ikke truer heiskjerne er ikke relevant for risikoanalysen da den omfatter risikoen ved bruk av heis til rømning ved brann.
- Dører og branntekniske konstruksjoner er generelt ikke røyktette selv om tilfredsstillende klasse S_a , og selv om en brann ikke nødvendigvis sprer seg ut av en branncelle kan det forventes at røyk gjør det. I dette tilfellet vil imidlertid røykspredningen gå mot en brannsluse forbundet med trapperom Tr 3 og brannmannsheis. I slusen skal det etableres trykksetting, som kan forventes å betydelig øke tiden til forhold overskrider akseptkriterier for menneskelige tålegrenser. Den videre tilnærmingen at frekvensen av brannspredning til annen branncelle, tilsvarer ca. frekvensen for betydelig røykinntrenging som kan utgjøre fare for personer.
- Hendelsestreet tar ikke hensyn til at dette er noe som må skje i den tid der rømning foregår for at det skal utgjøre en fare for de som rømmer.
- Det er viktig å påpeke at brannvesenets innsats er en del av statistikkgrunnlaget.

9.4.3.2 Scenario 2 – Brann i trappe- og heiskjerne

Det er etablert sluser i forbindelse med heis og Tr 3 i alle plan. Ettersom sluser og trapperom utføres som rømningsvei med branncellebegrensende konstruksjoner mot nabobrannceller kan det antas at all potensiell brannenergi i slusen er mobil. Det vil neppe være lagret, eller antennes i forbifarten, store nok mengder brennbart materiale at en brann vil kunne utvikle seg og spre seg ut av trappekjernen.

Som følge av at en brann i sluse antas å ikke kunne spre seg til nabobrannceller med kontorvirksomhet som følge av lav brannenergi, vil det også være svært lav sannsynlighet for at en brann i sluse eller eventuelt trapperom skal kunne ta ut det andre trapperommet.

9.4.3.3 Scenario 3 – Brann i heissjakt

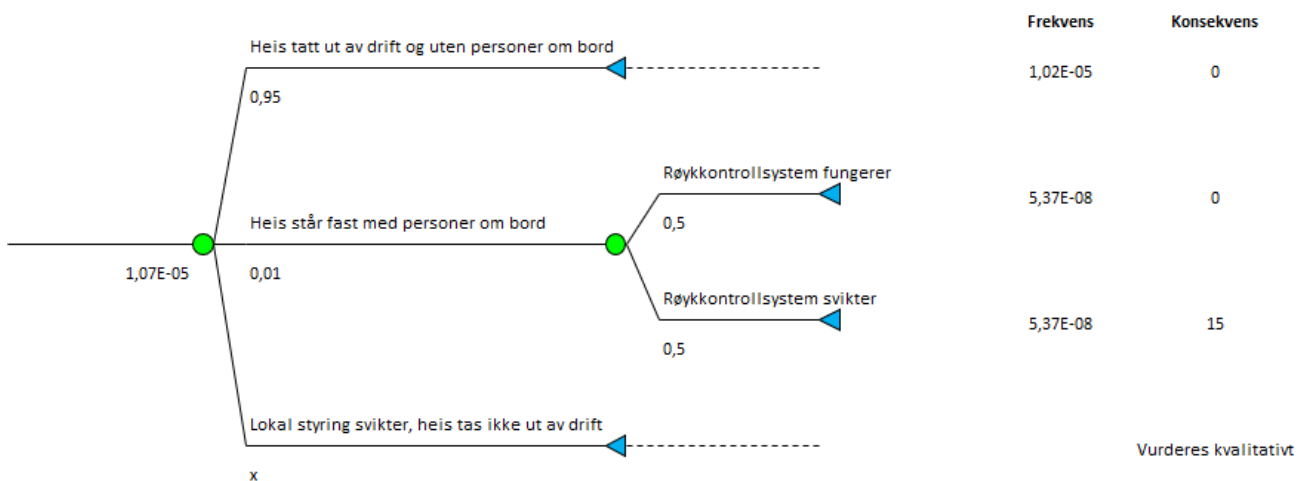
Brannfarene i heissjakter generelt er i hovedsak lokalisert i heisgropen, der søppel, støv og smøremidler i forbindelse med driften av heisen ansamles. Disse utgjør lettantennelige brensel som kan antennes av gnistdannelser fra heisen, eksempelvis som følge av friksjon eller feil i elektriske komponenter. Feil kan oppstå grunnet slitasje, nedbrytning, produksjonsfeil eller feil montering. Andre årsaker er brann i heisaggregatet eller påsatt brann. En brann i heisaggregatet kan skyldes produksjonsfeil eller mangelfullt vedlikehold. Siden heisen brukes i det daglige forventes det at potensielle feil i aggregatet oppdages. Som følge av at heiser kontrolleres jevnlig forventes det at få feil oppstår.

En brann i sjakt eller i heisteknisk utstyr vil trolig forekomme i arbeidstiden når heisen er i bruk, men kan i teorien oppstå døgnet rundt. Brann i heissjakt anses som lite sannsynlig.

9.4.4 Konsekvensanalyse:

9.4.4.1 Scenario 1 – Brann i kontorareal som spres til trappe -og heiskjerne:

Hendelsestreet under skisserer frekvensen for at en heis skal stoppe mellom etasjer samtidig som det er brann, og tar utgangspunkt den hendelsen som truer heissjakt i henhold til figur 34. Det er forutsatt at en heis stopper mellom to etasjer en av hundre ganger ved brann, noe som antas å være urimelig upålitelig. Brannmannsheisen i kontorbygget i eksempelstudiet står i en trykksatt heissjakt, med foranliggende trykksatt sluse. Trykksettingssystem har en pålitelighet på ca. 0,5 i henhold til *SN-INSTA 951* [22]. Analysen er også konservativ ved at røykkontrollsystemet vurderes totalt i én node, med relativt dårlig pålitelighet.



Figur 36 - Brannspredning fra brannsluse til heisstol

Svikt i lokal styring, heist tas ikke ut av drift når brann har spredt seg dit:

Dersom heisen ikke tas ut av drift på tross av at forholdene i heissjakt og brannsluser blir uakseptable kan personer eksponeres for fare, da heisen i verste fall kan transportere personer til eller gjennom områder med uakseptable forhold. Ettersom det i dette eksempelstudiet er brukt en brannmannsheis kan heisen forventes å være funksjonssikker på tross av at den driftes i forhold som er farlige for mennesker. Dersom en slik feil skjer er det enten som følge av menneskelig svikt eller feil i brannalarmanlegget. Personer som rømmer kan ikke forventes å ha oversikt over hvordan situasjonen er i andre steder i bygget enn der de oppholder seg, og det er derfor helt systemavhengig om situasjonen oppstår eller ikke. Dette viser at det er kritisk at styringer og deteksjoner fungerer som de skal og at heiser tas ut av drift dersom røyk trenger inn i sluser. Det er vanskelig å bestemme frekvens for en slik feil, men det er ikke urimelig å anta at frekvensen vil være tilnærmet lik de tallene som er oppgitt for at heis skal stoppe mellom etasjer, og at risiko blir tilnærmet lik. Således kan den kvantifiserte risikoberegningen for at heis stopper mellom etasjer, være representativ også for feil i styring.

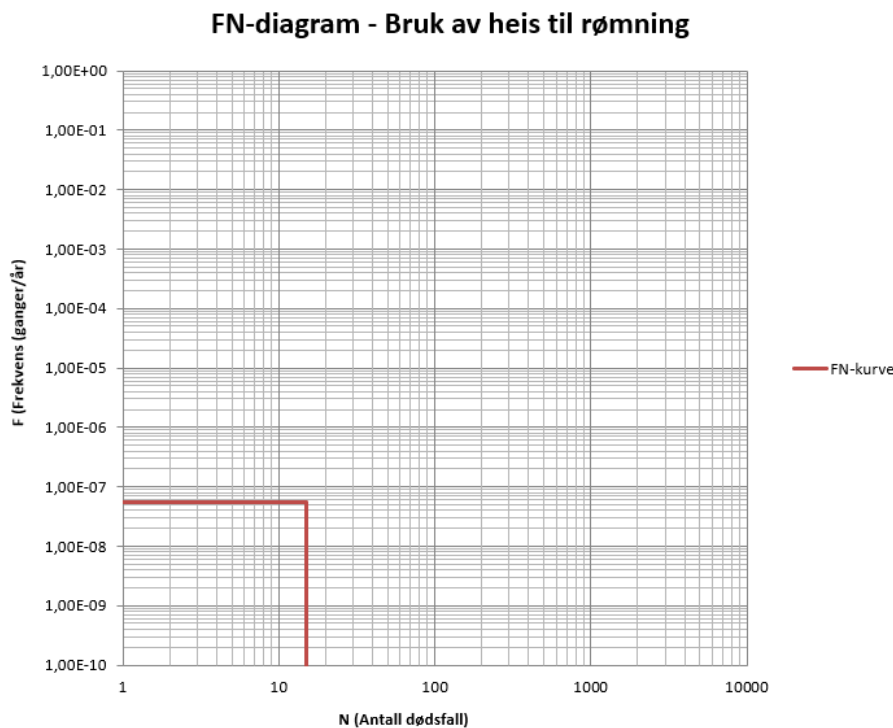
Det kan også tenkes at forhold vil være akseptable for bruk av heis til tross for at brannalarmanlegget, som følge av feil, ikke tar heisen ut av drift. Situasjonen omfatter imidlertid store usikkerheter knyttet til potensielle konsekvenser og må unngås.

Dersom situasjonen blir kritisk i en sluse der personer oppholder seg har de mulighet til å rømme videre inn i trykksatt trapperom Tr3. En slik situasjon vil noenlunde tilsvarende det som kan forventes i et byggverk uten heis tilrettelagt for rømning, forskjellen er at det i et byggverk med heis kan oppholde seg personer i sluser i senere stadier av brannforløpet.

Heis stopper mellom etasjer:

Dersom heisen stopper mellom etasjer når den brukes ved brann er personer i heisen eksponert for en farlig situasjon. Det kan forventes at det er plass til 15 personer i heisstolen, og at den kan være full når den stopper. Dersom heisen stopper mellom to etasjer ved brann og det ikke er mulighet for redning av personer i heisstolen, er det ikke urimelig å forvente at alle personer som oppholder seg i heisstolen vil omkomme dersom brannutviklingen er svært ugunstig.

I FN-diagrammet under presenteres risikoen knyttet til konsekvensene og frekvensene for en hendelse der en full heis stopper mellom to etasjer og at en brann sprer seg dit.



Figur 37 - FN-kurve som presenterer konsekvens og frekvens dersom heis som stopper mellom etasjer

FN-diagrammet viser at frekvensen for at en heis stopper er uavhengig av hvor mange personer som oppholder seg i heisstolen, men at det kan oppholde seg 15 personer der. Frekvensen for at brann skal utgjøre en fare for personer i en heis som stopper mellom etasjer er beregnet til $5,37 \times 10^{-8}$ ganger per år.

9.4.4.2 Scenario 2 – Brann i trappe- og heiskjerne

Dersom en brann skjer i sluse eller trapperom er det lite sannsynlig at brannen vil ha nok brannenergi til å utgjøre en fare for kontorarealer. Brannen vil med stor sannsynlighet detekteres av brannalarmanlegget, og det forutsettes da at den lokale styringen tar heis ut av drift.

Ettersom heis skal tas ut av drift, og trapperom sannsynligvis er mer eller mindre blokkert må personer velge det alternative trapperommet. Dette er et scenario som kan skje i de aller fleste byggverk, og det er på nivå med *TEK*. Heisen utgjør ingen ytterlige konsekvenser for scenarioet, med mindre lokal styring feiler og personer tror det er trygt, eller i det hele tatt mulig å bruke heisen. Dette scenarioet fremhever viktigheten av brannalarmanleggets pålitelighet, samt de menneskelige usikkerhetene.

9.4.4.3 Scenario 3 – Brann i heissjakt

Heissjakten er utformet som egen branncelle med vegger som tilfredsstiller EI 60 A2,s1-d₀ [A 60] og heisdører som tilfredsstiller E 90 [F 90]. Faren for branndannelse i sjaktveggene er eliminert ved at veggene er utført i ubrennbare materialer.

I heisgropen etableres det vanligvis kum for oppsamling av vann fra eventuelle lekkasjer. I denne kummen er det også mulig å ansamle søppel og støv i forbindelse med driften av heisen. Mengden som ansamles vil trolig være liten slik at en eventuell brann vil begrense seg til ulmebrann.

Heisaggregatet er lokalisert øverst i heissjakten, og en brann i aggregatet vil medføre at heisen ikke kan benyttes trygt. Lokal styring skal da ta heis ut av drift.

Røykspredning fra en brann i heisen vil sannsynligvis bidra til røykspredning mot sluser. Personer som rømmer må da benytte seg av det andre trapperommet. Dersom en brann i heissjakten skulle oppstå ved bruk av heisen, vil det kunne påvirke personsikkerheten til menneskene i heisen i form av røykeksponering eller at heisens driftsfunksjon kan svikte. Ved dette tilfellet må heisen gå direkte til utgangsplan og holde dørene åpne. Dette gjelder imidlertid for hvilken som helst heis i hvilket som helst bygg, og må vurderes å være i henhold til sikkerhetsnivået i *TEK*.

9.4.5 Usikkerhetsanalyse:

Usikkerhet 1: Brannens utvikling og størrelse

Hvordan en brann utvikler seg er svært vanskelig å forutsi, selv under testing ved like og kontrollerte forhold. Enkelt forklart er brann en prosess som genererer varme og forbrenningsprodukter fra et brensel. Brann i et rom påvirkes av flere faktorer, som alle gjør det vanskelig å forutsi forløpet. Et utvalg av disse faktorene, kan være:

- Type, mengde og fordeling av anvendt brennbart materiale
- Størrelse og utforming av rommet hvor brannen utvikler seg (i brannrommet).
- Tilgang på oksygen.
- Tekniske tiltak som f.eks. sprinkleranlegg og brannventilasjon.

I tillegg til mengde og fordeling av brannenergien i rommet, vil også de branntekniske egenskapene til rommets overflater ha betydning fram til man opplever overtenning. Brannens tilgang på oksygen gjennom åpninger i konstruksjonen, samt de opplevde luftstrømmene har også betydning.

En branns utvikling kan påvirkes både aktivt og passivt, for eksempel gjennom et bevisst valg av materialer og etablering av brannceller, eller gjennom installering av tekniske tiltak som svekker brannens effekt.

I denne risikovurderingen er det brukt statistiske tall basert på kontorbranner i Amerika. Altså er analysen er basert på statistiske data for relativt like byggverk, men analysen er ikke objektspesifikk. Bare fordi hendelser har skjedd med en gitt frekvens før betyr det ikke nødvendigvis at utviklingen trenger å fortsette. Imidlertid skiller ikke bygget seg brannteknisk fra andre kontorbygg, og det er ikke identifisert aspekter som tilsier at brannforløpet i det aktuelle byggverket skal skille seg betraktelig fra de som har skjedd i kontorbygg flest. Påliteligheter korrelerer uansett greit med pålitelighetsdata som kan finnes i eksempelvis *SN-INSTA 951* [22], noe som også underbygger pålitelighetsdataene til en viss grad. Dersom passive og aktive brannsikringstiltak skulle feile vil det uansett alltid ta viss tid før situasjoner kan bli kritisk for personer som rømmer. Der det er usikkerheter knyttet til pålitelighet er det en viss sikkerhetsmargin i tiden det vil ta før en situasjon utvikler seg til å bli kritisk.

Usikkerhet 2: Statistiske usikkerheter

Frekvenser for branner i kontorbygg er hentet fra et statistisk utvalg basert på 2 år. Det er usikkert hvorvidt statistikkgrunlaget er signifikant. Dette er en relativt kritisk parameter for den probabilistiske kvantitative analysen som er gjort i forbindelse med scenario 1. Imidlertid er påliteligheten for trykksetting skal feile og at heis skal stoppe svært konservativ. Totalt sett vurderes analysen som konservativ.

Usikkerhet 3: Menneskelige usikkerheter

Det vil være mange menneskelige usikkerheter. Ideelt sett vil de aller fleste trekke mot trapperommene, slik at det ikke oppstår kapasitetsproblemer forbundet med heisen. Menneskelige usikkerheter diskuteres i kapittel 11.7

9.4.6 Følsomhets, sårbarhet- og sensitivitetsanalyse

Ved vurdering av uønskede hendelser relatert til brann kan små variasjoner i inngangsparameterne kunne utgjøre stor forskjell i form av konsekvensen brannen medfører. For eksempel kan funksjonen og effekten til en branndør avgjøre om brannen slukker pga. manglende oksygentilførsel, eller får muligheten til å spre seg fritt til andre deler av bygningen.

Analysen har brukt pålitelighetsdata fra statistikk, samt forankret disse i *SN-INSTA 951* [22]. Pålitelighetene vil variere, og det er ikke urimelig å forvente at noen aspekter leverer bedre, mens andre dårligere alt etter hvordan brannforløpene utvikler seg. Generelt vurderes den totale frekvensen for at et brannforløp utvikler seg til en uønsket hendelse vurderes som representativ eller konservativ.

Alle parameter som er brukt i den probabilistiske analysen har like stor innflytelse på sluttresultat. Frekvensen for brann i et kontorbygg er basert på brannstatistikk over en toårsperiode i Norge, og hvorvidt frekvensen er representativ for fremtidige hendelser er usikkert. Ettersom frekvensen for at en heis skal stoppe også er veldig konservativ er det brukbar sannsynlighet for at analyseresultatet er gyldig.

De kvalitative vurderingene som er gjort i analysen vil i liten grad påvirkes av følsomheten til de ulike parameterne.

9.4.7 Risikoevaluering:

Risikoevalueringen benytter resultatene fra risikoanalysen til å vurdere hvilke tiltak som kostnadmessig effektivt reduserer risikoen ved objektet. Evalueringen består av:

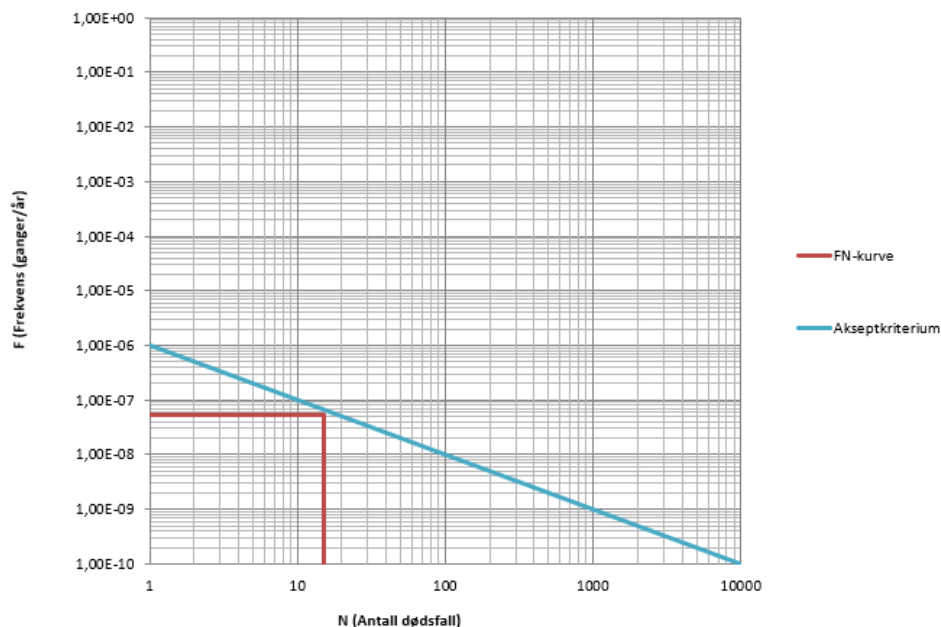
- Sammenlikning av identifisert risiko med kriterier for akseptabel risiko
- Identifikasjon av tiltak
- Anbefalinger av tiltak

Risikoen ved analyseobjektet evalueres videre opp mot akseptkriterium, som er definert i kapittel 9.4.1.

9.4.7.1 Presentasjon av risiko

Gitt at brannalarmanlegget og de lokale styringene fungerer som de skal og heisen tas ut av drift ved røykinntrenging i sluser, er den eneste kritiske feilen som kan skje at heisen stopper mellom to etasjer med maksimalt antall personer ombord. FN-kurven viser imidlertid at sannsynligheten for at en slik hendelse skal oppstå er så liten at risikoen kan vurderes som akseptabel.

FN-diagram - Bruk av heis til rømning



Figur 38 - FN-kurve dødsfall i heis som står fast sammenliknet med akseptkriterium

FN-kurven viser at et scenario der 15 personer omkommer som følge av at de blir fanget i heisen mellom etasjer som følge av brann, er så lite sannsynlig at det kan aksepteres. Dette på tross av at frekvensen for at en brannmannsheis skal stoppe ved brann og påliteligheten til byggverkets trykksettingssystem er angitt med svært konservative verdier.

Det er heller ikke urimelig å anta at det i mange tilfeller vil være mulig å redde personer som står fast før de blir eksponert for uakseptable forhold. Dette skyldes at hendelsestreene ikke tar hensyn til tiden det vil ta før uønsket hendelse oppstår, altså at produkter fra brann i kontorarealer når frem til heisstol som står fast.

9.4.7.2 Identifisering av risikoreduserende tiltak

Risikopresentasjonen viser at risikoen ved bruk av en brannmannsheis til rømning i eksempelstudiet kan vurderes som akseptabel. Dette forutsetter at aktive og passive brannsikringssystemer fungerer som de skal. Følgende tiltak anbefales for at å øke påliteligheter til høyest mulig praktisk gjennomførbart nivå.

Tabell 8 - Risikoreduserende tiltak

Risikoreduserende tiltak	Sannsynlighets reduserende	Konsekvens reduserende
A. Kontroll og vedlikehold av sprinklere		X
B. Periodisk kontroll og funksjonstesting av dører mot trapperom og sluser		X
C. Periodisk kontroll og funksjonstesting av lokale styringer og brannalarmanlegg		X
D. Organisatoriske tiltak mot lagring av brennbart materiale i rømningsveier	X	
E. Rengjøring av heisgrop	X	

Tiltak A – Kontroll av sprinklere

Det må påses at sprinkleranlegg kontrollerer regelmessig. Årsaks og sannsynlighetsanalysen viser at sprinkleranlegg slått av, og manglende vedlikehold står for 78% av årsakene for at sprinkleranlegg ikke fungerer som de skal. Ivaretas tilstrekkelig kontroll kan med andre ord sprinkleranleggets pålitelighet heves opp mot 99%.

Tiltak B – Periodisk kontroll og funksjonstesting av dører mot trapperom og sluser

Ettersom dører mot sluse og trapperom i hver etasje er spesielt kritiske for bruk av heisen bør det implementeres jevnlig kontroll, funksjonstesting og vedlikehold av disse. Det forventes at branndører mot sluser til vanlig står åpne. Kontroll gjør at det kan forventes høyere pålitelighet. Høyere pålitelighet reduserer sannsynligheten for at en brann kan få store konsekvenser med tanke på personsikkerheten til personer som venter i slusene.

Tiltak C – Periodisk kontroll av funksjonstesting av lokale styringer og brannalarmanlegg

Brannalarmanleggets funksjon og lokale styringer må kontrolleres og testes ofte. Ideelt sett burde brannalarmanleggets styringer mot heissystemet også vært gjennom kontroll av utførelse og uavhengig kontroll av prosjektering.

Tiltak D – Organisatoriske tiltak mot lagring av brannbart materiale i rømningsveier

Det bør etableres rutiner for å påse at brennbare materialer aldri lagres i rømningsveiene. Tiltaket fjerner langt på vei risikoen for brann i rømningsvei, og reduserer risikoen for blokkering av rømningsveier betraktelig.

Tiltak E – Rengjøring av heisgrop

Brannfarene i heissjakter generelt er i hovedsak lokalisert i heisgropen, der søppel, støv og smøremidler i forbindelse med driften av heisen ansamles. Disse utgjør lett antenkelige brensel som kan antennes. Ved å implementere rengjøring av heisgropene inn i FDV til eksempelvis hvert 1-2 år, vil sannsynligheten for brann i heisgropen reduseres betraktelig. Systematisk rengjøring av heisgrop vil også kunne bidra til å tilfeldig avdekke andre i heissystemet.

9.4.8 Konklusjon risikoanalyse:

Risikovurderingen konkluderer med at risikoen for personskader evt. tap av menneskeliv er innenfor akseptkriteriet og på nivå med *TEK*. Dette forutsetter imidlertid at brannalarmanlegget og lokale styringer fungerer i henhold til alarmorganiseringen.

Det er foreslått sannsynlighets- og konsekvensreducerende tiltak. Selv om risikoen er vurdert å være akseptabel anbefales det å implementere ytterlige tiltak for å oppnå en høyest mulig sikkerhetsmargin.

Sannsynlighetsreducerende tiltak:

- Rengjøring av heisgrop.
- Organisatoriske tiltak for å hindre lagring av brennbart materiale i rømningsveier

Konsekvensreducerende tiltak:

- Periodisk funksjonstesting og kontroll av dører, lokale styringer og funksjon mot brannalarmanlegg
- Periodisk kontroll av sprinkleranlegg.

Risikovurderingen er gjennomført i henhold til *NS 3901* [20] og *SN-INSTA 951* [22]. Det er gjennomført kvalitative vurderinger i henhold til anerkjent litteratur. Usikkerheter, sensitivitet og sårbarhet er vurdert og dokumentert.

10. Eksempelstudium 2: Heis for assistert rømning

10.1 Beskrivelse av løsningen:

Løsningen omfatter en heis som skal brukes for assistert rømning for personer som ikke er i stand til å ta seg ned trapper. Det er ikke meningen at personer som er i stand til å benytte trapper skal assisteres til avlastningsplan ved bruk av heis. Et annet aspekt som skiller løsningen fra den som er presentert i eksempelstudium 1 er at heisen her skal kunne benyttes til rømning på tross av at det er detektert røyk i nærheten. Det vil være opp til dedikert personell å vurdere situasjonen for å avgjøre om heis sikkert kan benyttes på tross av detektert brann i byggverket. Heis og sluse skal være tilknyttet et trapperom som blir en nødløsning dersom forhold vurderes å ikke være akseptable for bruk av heis til rømning.

Det er fordelaktig at heisen brukes i daglig drift, og helst som hovedinngang for bevegelsehemmede inn i bygget. Dette vil bidra til å gjøre personer kjent med heisens plassering, samt øke personers oppfatning av heisens pålitelighet. Benyttes heisen til daglig kan det også forventes at feil som vil kunne skje ved en evakueringssituasjon oppdages.

Ved avlastningsplanet og i heisstolen skal det etableres en bryter som kan brukes til å sette heis ut av drift, normal drift, eller til manuell styring.

Krav til utforming av heis som brukes som redskap for assistert rømning blir gjengitt i tabellene nedenfor. Disse kravene har utspring i den tekniske spesifikasjonen *CEN/TS 81-76:2011* [19], og er tilpasset og nasjonale bestemmelser (*TEK17 med veiledning*). Disse kravene er tenkt å komplementere generelle krav til heis.


Tabell 9: Krav til heisstol og heissjakt

Krav til heisstol og heissjakt		
Krav	Forslag til løsning:	Kilde
Det skal etableres tiltak som sikrer at heissjakt er røykfri i et tidsrom minst tilsvarende den tilgjengelige rømningstiden.	Trykksatte eller avlastede brannsluser foran åpningene til heisen i alle plan. Alternativer kan være flere mellomliggende rom utført som rømningsvei, eller andre tiltak for røykkontroll.	<i>CEN/TS 81-76:2011</i> [19]
Det skal etableres tiltak som sikrer heissjakt og heis mot konsekvenser som følge av vanneksposering.	Terskler eller gulvhellinger Drenering i bunn av heissjakt Gjennomtenkte løsninger med tanke på sprinklere. Eksempelvis pre-action-sprinkleranlegg i område ved heissjakt. Elektriske komponenter som er tilknyttet heis sikres mot vannsprut i henhold til <i>NS-EN-81-72</i> [16].	<i>CEN/TS 81-76:2011</i> [19]

Vegger som omslutter heissjakt skal tilfredsstille minst:	BKL 1	EI 30 [B30]	Branncellebegrensende konstruksjoner i henhold til byggverkets brannklasse.	TEK17/m. veiledning
	BKL 2	EI 60 [B60]		
	BKL 3	EI 60 A2-s1,d0 [A 60]		
Heisdører:	BKL 1	EI 30 [B 30]	Heisdør kan utføres uten klasse Sa. Dør i branncellebegrensende konstruksjoner i henhold til byggverkets brannklasse.	TEK17/m. veiledning
	BKL 2	E 90 [F 90]		
	BKL 3	E 90 [F 90]		
Døråpninger mot heis skal opprettholde minst 90 cm fri bredde.			Iht. §15-9 (2) TEK17 skal heiser som påkreves i §12-3 TEK17 være tilpasset personer med funksjonsnedsettelse. Fri bredde for døråpningen skal da være minst 0,9 m.	CEN/TS 81-76:2011 [19]
Heis skal opprettholde fri bredde på minimum 110cmX140cm.			<p>Alle byggverk med over tre etasjer skal ha minst én 1,10 m x 2,10 m iht. §12-3 TEK17</p> <p>Byggverk med to etasjer skal ha minst én heisstol med innvendig størrelse 110 cm x 160 cm iht. §12-3 TEK17</p> <p>Iht. TEK 17 vil minst én heis som er påkrevd i et byggverk tilfredsstille kravet som stilles i CEN/TS 81-76:2011.</p>	CEN/TS 81-76:2011 [19]
Heis må være funksjonssikker ved brann i minimum 60 minutter			<p>All elektronikk må installeres med funksjonssikre kabler. Heis og kommunikasjonssystemer må ha alternativ strømforsyning.</p> <p>Normalt sett sikres kraftforsyningen ved bruk av to uavhengige kabler fra hovedtavlen, men av og til kan det være ønskelig å sikre kraft selv ved strømbrydd. I slike tilfeller kan sekundære kraftforsyninger sikres ved bruk av aggregat, UPS eller batteri.</p>	CEN/TS 81-76:2011 [19]

			Denne typen heis skal ha funksjon i 60 minutter uansett om brannen truer én kraftforsyning eller er i nærheten. Overvåkning av kraftforsyning er ikke tilstrekkelig.	
Heismaskinrom:	BKL 1	EI 60 [B 60]	Branncellebegrensende konstruksjoner i henhold til byggverkets brannklasse.	TEK17/m veiledning
	BKL 2	EI 60 [B 60]		
	BKL 3	EI 60 A2-s1,d0 [A 60]		

Tabell 2: Krav til markering og identifisering av evakueringsheis

Krav til markering og identifisering av evakueringsheis		
Krav	Forslag til løsning:	Kilde
Evakueringsheis skal ha tydelig markering på alle plan der den skal benyttes ved assistert evakuering.	 <p>Over vises et eksempel på markeringsskilt for heis til assistert rømning hentet fra CEN/TS 81-76:2011.</p>	CEN/TS 81-76:2011 [19]
Evakueringsheis må markeres med skilt med minimumsmål 60x30 mm.	Dette vurderes som et veldig lite skilt. Kan være skrivefeil i den tekniske spesifikasjonen.	CEN/TS 81-76:2011 [19]
Skiltene skal ha grønn bakgrunn med svart og hvitt fyll.	En løsning tilsvarende figuren øverst i tabellen.	CEN/TS 81-76:2011 [19]

Tabell 3: Krav til organisatoriske tiltak

Krav til organisatoriske tiltak		
Krav	Kommentarer:	Kilde
<p>Dedikert personell skal ha spesialisert opplæring til å styre og drifte evakueringsheis i evakueringssituasjon.</p> <p>En senior heisoperatør har ansvaret for å instruere heisfører og heisassistenter.</p> <p>En heisfører har ansvaret for styring av heis.</p> <p>Et bestemt antall assistenter har ansvar for hvert plan eller flere plan.</p>	<p>Dedikert personell får opplæring slik at de kan drifte heis i henhold til krav ved brann</p>	<p><i>CEN/TS 81-76:2011</i> [19]</p>

Tabell 4: Krav til midlertidig sikkert sted

Krav til sluse				
Krav			Forslag til løsning:	Kilde
Det må etableres sluser foran heis i hver etasje.			Brannsluser utført som rømningsvei i alle plan foran heis. Slusene skal også fungere som midlertidig sikkert sted for personer som skal rømme ved bruk av heis.	CEN/TS 81-76:2011 [19]
Vegger som omslutter sluse skal tilfredsstille:	BKL 1	EI 30 [B30]	Branncellebegrensende konstruksjoner i henhold til byggverkets brannklasse.	TEK17/m. veiledning
	BKL 2	EI 60 [B60]		
	BKL 3	EI 60 A2-s1,d0 [A 60]		
Dører til sluse skal tilfredsstille:	BKL 1	E 30-CS _a [B 30S]	Med sluse menes rom tilsvarende mellomliggende rom forbundet med trapperom Tr 2. For Tr 3 stilles det krav til EI ₂ 60-CS _a [B 60S].	TEK17/m. veiledning
	BKL 2	EI ₂ 30-CS _a [B 30S]		
	BKL 3	EI ₂ 30-CS _a [B 30S]		

Det skal etableres tiltak som sikrer at forhold i sluse er minst på nivå med akseptkriterier for menneskelige tålegrenser i en tid tilsvarende tilgjengelig rømningstid.	Trykksatte eller avlastede brannsluser foran åpningene til heisen i alle plan. Et alternativ kan være flere mellomliggende rom utført som rømningsvei.	CEN/TS 81-76:2011 [19]
Sluse må være stort nok til at det forventede antall personer med nedsatt funksjonsevne kan oppholde seg der.	Både <i>NFPA 101</i> og <i>BS9999</i> angir størrelser på rullestolbrukere, samt hvor mange rullestolbrukere som kan forventes i et byggverk som andel av det totale persontallet. Generelt er det brukt tall som én rullestolbruker per 50 personer av den totale personbelastningen.	CEN/TS 81-76:2011 [19]
Det må etableres mulighet for kommunikasjon mellom heisfører og personer i sluser som venter på assistert rømning.	Toveis-kommunikasjonssystem fra heis til sluser og avslutningsplan.	CEN/TS 81-76:2011 [19]
Sluser må være tilknyttet et trapperom	Trapperom tilknyttes sluser som disponerer heis.	-

Grunnleggende krav til styring av heis til bruk for assistert rømning:

Ved signal om evakuering skal evakueringsheis operere som følgende:

- a) Alle tilkallingsknapper i alle etasjer skal deaktiveres.
- b) Alle registrerte tilkallinger skal kanselleres
- c) Heisen skal følge følgende kommandoer ved mottatt evakueringssignal:
 - Hvis heisen står på en annen etasje enn utgangsplanet, skal den lukke dørene og bevege seg uten stopp til utgangsplan
 - Hvis heisen er på vei bort fra utgangsplan skal den foreta et stopp på nærmeste etasje uten å åpne dørene, og reversere bevegelse tilbake til utgangsplan.
 - Hvis heisen er på vei mot utgangsplan skal den fortsette til utgangsplan uten stopp.
 - Hvis heis allerede er på utgangsplan skal den forbli der med åpne dører
 - Heis skal ikke benyttes dersom det er feil eller blokkering av heisens sikkerhetssystem.
- d) På utgangsplan skal heis forbli ikke operativ.
- e) Signalet skal ikke påvirke andre heisers bevegelse til dedikert etasje.
- f) Når heis ankommer utgangsplan skal dører automatisk skal gå i åpen posisjon
- g) Når heis har ankommet utgangsplan, skal heisfører ha mulighet til å benytte seg av heis ved å sette bryter til evakueringsmodus.
- h) Elektriske komponenter som hører til heisfunksjoner på hvert plan, skal ha sikker funksjon i minimum 60 minutter
- i) Heis skal ivareta sin funksjon i den tid det tar å evakuere alle personer med nedsatt funksjonsevne.
- j) Heisfører må ha alternativer tilgjengelig dersom forhold i fluktvei gjør rømning uakseptabel.
- k) Ved detektering av røyk i heissjakt eller heismaskinrom må heis gå til utgangsplan og åpne dørene. Heis kan da ikke ivareta sin funksjon som evakueringsheis.

Kontrollsystemer

- a) Det må etableres sikker kommunikasjon mellom heisstol og sluser.
- b) Det skal etableres en tydelig markert tre-steps bryter på utgangsplan direkte tilknyttet heis. Bryter skal være beskyttet, og kun være tilgjengelig for dedikert personell.
 - o Posisjon 1: AV
 - o Posisjon 2: TILBAKEKALLING
 - o Posisjon 3: EVAKUERING

10.2 Vurdering av løsning mot relevant regelverk:

Bruk av heis til rømning for personer med funksjonsnedsettelse omtales i det britiske regelverket, som i denne rapporten er representert av *BS9999:2008* [13].

Tabell 10 - Oversikt over punkter der heisløsningen avviker krav i *BS9999:2008*

Avvik fra <i>BS999:2008</i>	Kommentar:
I <i>BS9999:2008</i> [13] skrives: «Dersom evakueringsheisen hindres fra å operere i et plan, for eksempel som følge av brann, vil det være nødvendig å benytte trappen»	Verken <i>BS9999</i> [13] eller <i>CEN/TS 81-76:2011</i> [19] stiller direkte krav om at evakueringsheis er tilknyttet et trapperom. Teksten må tolkes dit hen at dette uansett er et krav. For løsninger der heis brukes til rømning synes det uforsvarlig at heissluser ikke er tilknyttet et trapperom som sikrer redundant tilgjengelighet for brannvesenet i tilfelle noe skulle gå galt.

Generelt samsvarer krav til evakueringsheiser i *BS9999:2008* [13] og *CEN/TS 81-76:2011* [19]. Det er imidlertid verdt å nevne at *BS9999* [13] også gir rom for bruk av tradisjonelle personheiser til rømning der en risikovurdering kan fastslå at brannen er så langt unna at det er trygt, altså en tenkning som i høringsforslaget til prNS 3807. I sammenlikningen er det tatt utgangspunkt i krav for «evakueringsheis», altså en heis som er spesialtilpasset for bruk til assistert rømning.

10.3 Risikovurdering for eksempelstudium 2:

Heisløsningen for eksempelstudium 2 må i praksis utføres som en brannmannsheis for å tilfredsstille de kravene som stilles. Krav om brannmannsheis i bygg kommer i utgangspunktet ikke som krav i byggverk for å lette brannvesenets redningsinnsats, men brannmannsheiser brukes likevel i noen situasjoner til redning på bakgrunn av at brannvesenet vurderer det som trygt. Løsningen som er presentert i eksempelstudium 2 forutsetter at det finnes en intern organisasjon i byggverket som styrer heisen ved en uønsket hendelse. Det må kunne forventes at organisasjonen kan trenes opp til å vurdere situasjonen på samme måte som brannvesenet ville gjort det. Organisasjonen i byggverket har naturligvis ikke samme kompetanse som brannvesenet, men vil ha kjennskap til bygget og anledning til gjennomføring av regelmessige evakueringsøvelser.

11. Diskusjon

11.1 Diskusjon om eksisterende byggverk med heiser til rømning

I litteraturstudien ble det identifisert en rekke bygninger der heis skal ha en funksjon ved rømning. De fleste av disse bygningene er oppført før bruk av heis til rømning ble introdusert i de forskjellige landenes respektive regelverk. På bakgrunn av dette kan det antas at funksjonsbaserte analyser er lagt til grunn for den branntekniske prosjekteringen. Et aspekt som kan være verdt å bemerke er at bruk av heis til rømning ser ut til å være et sjeldent fenomen også på verdensbasis, samtidig som det har vært diskutert i over hundre år, noe som betyr at det antageligvis er mange med solid brannteknisk kompetanse rundt om i verden som fortsatt er skeptiske.

De aller fleste byggverkene som ble nevnt har interne organisasjoner som har oppgaver ved brann, herunder styring og overvåkning av heiser. Dersom dette er en forutsetning vil det være nærmest umulig å prosjektere med heis til rømning i normale byggverk. I en masteroppgave fra 2011 presenteres ideen om et eksternt overoppsyn av heiser til rømning som kunne løst en eventuell forutsetning om styring og overvåkning. [5] Heisleverandørene er store nok til at en slik løsning kunne blitt økonomisk bærekraftig på nasjonalt nivå om bruk av heis til rømning blir vanlig, og teknologien som kreves er tilgjengelig. Det må imidlertid stilles spørsmål ved hvorvidt en person et annet sted i landet har bedre forutsetninger for å gjøre vurderinger knyttet til styring av heis enn byggverkets brannalarmanlegg. Det eksterne overoppsynet må uansett etter all sannsynlighet basere vurderingene sine på informasjon fra nettopp brannalarmanlegget, og i så fall kan brannalarmanlegget like godt styre dette selv. Personer som er avhengig av heis til rømning bruker sannsynligvis heis til daglig, og det må forventes at de vet hvordan heis betjenes.

Kompleksitet er en fellesnevner for flere av byggene som ble omtalt i litteraturstudiet. Det kan tolkes dit hen at heiser til rømning implementeres fordi byggverkets rømningssikkerhet ikke vurderes som akseptabel uten. Et spørsmål som da kan stilles er når rømning med bruk av heis går fra å være et tilført risikoelement, til å bli et risikoreduserende tiltak. Dette henger sannsynligvis sammen med at heis kan vurderes som risikoreduserende når den bidrar til betydelig reduksjon av nødvendig rømningstid. I et ukomplisert eller relativt lavt bygg kan det forventes at bruk av heis til rømning ikke gir store utslag på nødvendig rømningstid, spesielt i bygninger der personer med funksjonsnedsettelse tas med i betraktningen. Når heisen er vurdert å tilføre en viss risiko, uten at det gir avkastning på byggverkets totale rømningssikkerhet må heisens bidrag vurderes som negativt. Tankefølgen tyder da også på at det aksepteres høyere risiko og lavere rømningssikkerhet i kompliserte byggverk sammenliknet med ukompliserte.

Norge er et land som har kommet langt med tanke på universell utforming og tilgjengelighet. Dette er antagelig grunnen til at det etter hvert etableres heiser i publikumsbygg rundt i landet som tiltak for å bidra til evakuering av personer med funksjonsnedsettelse. Selv om bruk av heis til rømning vil gi reduksjon av nødvendig rømningstid i de aller fleste byggverk når personer med funksjonsnedsettelse tas med i betraktningen, ser det ut til at målet der heisrømning er implementert primært har vært å tilrettelegge for rømning som kan oppfattes som mindre diskriminerende for personer med funksjonsnedsettelse.

I flere av byggene som er oppført med heis til rømning har dette høstet kritikk fra eksperter, spesielt i de tilfellene der heiser er etablert som et substitutt for en påkrevd rømningsvei. For løsninger som i så stor grad er avhengig av brukernes tillit er det viktig at analyser og dokumentasjon er så gjennomført at fagmiljøet så langt mulig kan stå samlet bak jobben som er gjort. En stor del av ansvaret ligger på de som utarbeider og godkjenner standarder og regelverk.

11.2 Aktuelle hendelser knyttet til heis og rømning

I rapporten trekkes det fram en rekke hendelser der heis har påvirket rømningen fra byggverk, både med positive og negative følger. Det er viktig å påpeke at heiser i utgangspunktet ikke var tiltenkt å ha en funksjon ved rømning fra disse byggverkene, men at personer likevel har tatt dem i bruk ved brann. Dette på tross av at det kan forventes at personene viste at heiser i utgangspunktet ikke skulle tas i bruk ved rømning. Dette kan tolkes til hen at tendensen om å ville benytte den samme veien som ble brukt inn i et bygg ut, også gjelder når personer tok seg inn ved bruk av heis. Tendensen til å ville benytte samme vei ut som inn er antagelig også i enkelte tilfeller sterkere enn den innarbeidede allmenne oppfatningen som sier at heis ikke skal benyttes ved brann. Hendelsene viser at det kan forventes at noen vil være villige til å ta heis i bruk ved brann. Litteraturstudiet knyttet til menneskelige aspekter trekker imidlertid frem at det også vil være en betydelig andel som aldri kan forventes være villige.

Hendelsen i Hiroshima bekrefter også teorien som tilsier at personer vil være mer villige til å ta i bruk heis ved brann dersom de anser heisen som den mest effektive og trygge rømningsveien. Sett fra perspektivet til en person med funksjonsnedsettelse kan det i alle fall forventes at heisen anses som den mest effektive rømningsveien.

Ettersom alle hendelsene som er trukket fram i denne studien er fra utlandet vil det være usikkerheter knyttet til kulturelle faktorer. Hendelser fra Brasil, Japan og USA er ikke nødvendigvis representative for hvordan det kan forventes at personer i Norge ville oppført seg. Under seksjonen om menneskelige aspekter beskrives det at det i spørreundersøkelser ble observert forskjeller i villighet til å ta i bruk heiser ved brann i forskjellige kulturer. Det kan antagelig forventes nasjonale forskjeller med tanke på tillit til løsninger. I Norge har vi høy grad av tillit til myndigheter og regelverk, og det kan derfor forventes at vi også vil føle oss trygge når vi benytter foreliggende infrastruktur.

11.3 Mulighetsstudie:

Mulighetsstudien viste at frem til heisprodusentene begynner å produsere dedikerte heisløsninger tilrettelagt for bruk i forbindelse med rømning ved brann, vil slik prosjektering i stor grad omfatte etablerte heissystemer, der brannsikkerheten ivaretas gjennom bygningstekniske tiltak i kombinasjon med styringer fra brannalarmanlegg som overvåker brannen. Å programmere inn styringer for heisen skal imidlertid ikke medføre store utfordringer.

Å ta utgangspunkt i heisløsninger som allerede eksisterer fjerner problematikk knyttet til heiskontrollorgan. Hvilken heisløsning brukes, generelt ordinær personheis eller brannmannsheis kan avhenge av hvilken brannpåvirkning som kan forventes i driftssituasjon og medfølgende risiko. Eksempelvis trenger det ikke nødvendigvis være behov for flerfoldige tiltak for å ivareta faren for røykinntrengning mot sjakt og heisstol dersom brannalarmanleggets styringer uansett tar heisen ut av drift ved første deteksjon av røyk i nærheten av heisen. På den annen side kan tiltak utover det som er nødvendig vurderes som ekstra sikkerhetsbarrierer, så fremt tiltakene er uavhengige. Dette kan da gjøres for å øke systemets pålitelighet og sikkerhet i tilfelle ett eller annet skulle feile.

Rapportens mulighetsstudie viser langt på vei at innfallsvinkelen i forslaget til standarden som i skrivende stund er ute på høring, «*prNS 3807 - bruk av heis til evakuering*», der bygningstekniske tiltak i kombinasjon med informasjon fra brannalarmanlegget avgjør om tradisjonelle heisløsninger sikkert kan driftes basert på overvåkning av logiske soner, ser ut til å være fornuftig.

11.4 Eksempelstudie 1:

11.4.1 Analyse:

I eksempelstudiet ble det presentert en aktuell heisløsning inspirert av høringsforslaget prNS 3807, som ble vurdert og mot *NFPA 101* [14] og *BS PD ISO/TR 25743:2010 (E)* [21]. Løsningen er tilknyttet sluse med røykkontroll og er adskillig mer konservativ enn det ble lagt opp til i kurs knyttet til prNS 3807. I eksempelstudiet er det tatt utgangspunkt i en brannmannsheis, men ved å dokumentere at kraftforsyning og problematikk knyttet til vann er ivarettatt, er analysen til en viss grad representativ for et scenario der en vanlig personheis benyttes. Målsetningen ved valg av analyseobjekt var ikke å identifisere løsningen med det laveste akseptable sikkerhetsnivået, men å i det hele tatt vise at det kan dokumenteres at sikkerhetsnivået ved bruk av heis til rømning i gitte tilfeller kan dokumenteres å være akseptabelt.

I forbindelse med eksempelstudium 1 i denne rapporten er sikkerhetsnivået dokumentert gjennom en probabilistisk analyse mot et absolutt akseptkriterium fastsatt på bakgrunn av statistikk og tall som typisk brukes i industrien i forbindelse beregning av risiko for tredjeperson. Akseptkriteriet vurderes å være rimelig, mens det vil alltid være usikkerheter knyttet til parameterne som benyttes i hendelsestrærne. Parameteren med størst usikkerhet er påliteligheten til heisen, altså frekvensen for at heisen stopper mellom etasjer. Heisløsningen som presenteres vurderes å være kvantifisert med en betydelig lavere pålitelighet enn den faktisk har. Dette er gjort for å ta hensyn til at det sannsynligvis vil være større frekvens for feil i et byggverks heissystemer ved brann. Dersom en brannmannsheis hadde vært en løsning som fungerer med tilnærmet normal pålitelighet uavhengig av brann, er sannsynligheten for at en brann skal starte samtidig som heisen tilfeldigvis stopper mellom i etasjer ved normal drift, den samme som om heisen stopper ved brann. Dette er neppe tilfelle.

Basert på resultatene kan det se ut som om det kan bli problematisk å komme i mål med en probabilistisk analyse der en tradisjonell heis uten noen form for sluse skal brukes til rømning, det må i så fall antageligvis benyttes adskillig mindre konservative tall for frekvensen for at heis skal stoppe mellom etasjer enn det ble gjort for eksempelstudium 1. Det er ikke urimelig å anta at risiko lettere kan beregnes til akseptabel dersom påliteligheten for at brannalarmanlegget tar heisen sikkert ut av drift inkluderes. En slik tilnærming blir ikke nødvendigvis riktig, fordi den uønskede hendelsen med størst konsekvens er at heisen stopper mellom etasjer i tiden fra brann er detektert i bygget, uavhengig av om brann detekteres i logisk sone eller ikke. Deteksjon i logisk sone påvirker heller ikke nødvendigvis personsikkerheten, og det er godt mulig at forhold er innenfor menneskelige tålegrenser, og at heisen trygt kan driftes selv om brannalarmanlegget i logisk sone skulle feile. Fungerer imidlertid brannalarmanlegget som det skal, og heisen tas ut av drift ved deteksjon i logisk sone, er det i praksis bare i tiden fra brann detekteres i bygget, til brann detekteres i logisk sone at et heisstopp mellom etasjer kan bli kritisk for personsikkerheten.

Risikoakseptkriteriet er som sagt vurdert som rimelig, men det kan godt hende det i norsk sammenheng vil stilles strengere krav enn i *SN-INSTA 951* [22] som er utviklet i et nordisk samarbeid. Det kan være nødvendig med strengere akseptkriterium som følge av at risikoen ikke er selvpåført, på samme måte som høyere risiko kan aksepteres dersom risiko er selvpåført. Når personer tar i bruk heiser som er tilrettelagt for rømning ved brann må det forventes at de stoler på at løsningen er trygg. Slik sett bør antageligvis risikoen vurderes til å ikke være selvpåført.

11.4.2 Løsningens påvirkning på brannvesenets innsats:

En viktig faktor knyttet til løsningen i eksempelstudium 1 er at heisen som tas i bruk er en brannmannsheis. Det betyr at heisen primært er et verktøy for brannvesenets slokkeinnsats, og det er derfor problematisk at brannvesenet kanskje ikke får heisen tilgjengelig for bruk med en gang de ankommer. Det er viden kjent at tiden det tar fra en brann starter til brannvesenet ankommer er svært avgjørende for hvor effektiv slokkeinnsatsen blir. Dersom heisen ikke allerede er på avlastningsplanet, og tilgjengelig for brannvesenet, må det forventes at det fortsatt er personer i bygget, og at disse eventuelt bruker heisen til rømning. I og med at brannvesenet har en responstid fra stasjonen betyr sannsynligvis dette at heisen allerede har gått flere sekvenser, og da antagelig bidratt til å få ut personer som ikke nødvendigvis hadde kunnet ta seg ut uten bruk av heis. I et byggverk uten en heisløsning tilrettelagt for rømning kunne det fort blitt brannvesenets jobb å få ut disse personene. Siden brannvesenet har tilgang til å overstyre heisen fra avlastningsplanet ved hovedangrepsvei vil den ekstra tiden brannvesenet eventuelt må belage seg på å vente vil uansett være liten, og neppe lengre enn ett minutt. Byggverket er plassert slik at førsteinnsats kan forventes å skje mindre enn fem minutter etter alarm, mens det i henhold til dimensjoneringsforskriften kunne vært plassert slik at denne tiden hadde blitt ti minutter. Fem minutter pluss ca. ett minutt er mindre enn ti minutter, og løsningen kan derfor vurderes som tilstrekkelig i henhold til krav til innsatstid i henhold til TEK og dimensjoneringsforskriften.

Når brannvesenet har ankommet er det naturlig at de tar kontroll over heisen, og evakueringen. Det kan forventes at situasjonen fra brannvesenets perspektiv vil oppleves som for et hvilket som helst byggverk med tilsvarende høyde. Det vil derfor være usikkert hvor mange sekvenser heisen kan brukes til rømning.

Personer som eventuelt er igjen i bygget når brannvesenet overtar styring av heisen bør ha en mulighet til å varsle at de fortsatt er i byggverket og da sannsynligvis behøver hjelp for å komme seg ut. Dette kunne vært gjort på en enkel måte ved at det etableres et tablå i avlastningsplanet og en løsning i heisen som viser om heisen er tilkalt. Dette kan være en god løsning i mange bygg uavhengig av om heisen er tilrettelagt for bruk til rømning eller ikke. En slik patent vil også gjøre at løsningen får ett avvik mindre sammenliknet med krav i NFPA 101 [14].

11.4.3 Kostnader:

En betydelig fordel med løsningen som er presentert i eksempelstudium 1 er at den ikke medfører betydelige kostnader for byggherren. Dette er fordi byggverket allerede er over 8 etasjer og derfor påkrevd med brannmannsheis, som da må kjøpes uansett. Det vil også være påkrevd med to trapperom Tr 3. Utover selve brannmannsheisen vil det være noe ekstra arbeid knyttet til programmering av brannalarmanlegget, samt en del arbeid for en brannteknisk rådgiver som må prosjektere en løsning og dokumentere sikkerhetsnivået. Imidlertid vil alternativet, typisk trappestoler, også fort medføre betydelige kostnader. Det kan imidlertid forventes at det vil stilles krav om trappestoler uansett, i tilfelle heisen skulle gå ut av drift, eller at personer ikke aksepterer bruk av heis til rømning.

11.4.4 Sårbarheter i utførelse og prosjektering:

Sammenliknet med løsninger ble presentert på kurs omhandlende prNS 3807 kan heisløsningen i eksempelstudium 1 vurderes som konservativ. Dette kan imidlertid være fornuftig at det legges opp til konservative løsninger i den tid bruk av heis til rømning er nybrotsarbeid i norsk sammenheng. Etter hvert som det fremkommer erfaringer knyttet til løsningene og hvordan de fungerer i praksis kan sikkerhetsnivået og grad av konservativ tenkning vurderes. Det vurderes fornuftig at nye løsninger fases inn forsiktig, og at ytelsene får stå sin prøve i forsøksprosjekter. En fordel med prøveprosjekter er at dette også vil gi erfaringer knyttet til spesielt menneskelige

aspekter hvor det hersker stor grad av usikkerhet, men også knyttet til systemenes pålitelighet over en lengre driftsperiode.

I forbindelse med menneskelige aspekter knyttet til bruk av heis til rømning bør disse hensyntas så langt praktisk mulig for hele byggets levetid. Med det menes at forutsetningene forventes å endre seg i tiden fremover. Dersom bruk av heis til rømning blir mer vanlig kan det forventes at en større andel vil være villig til å ta slike heiser i bruk, samt at spesielt kapasitet og personbelastning må hensyntas i større grad enn det er gjort i eksempelstudiet. Det vil si at prosjekteringen kan bli sårbar med tiden, da premisser og forutsetninger kan endres.

Heisløsningen som går frem av eksempelstudiet er sårbar for feil i utførelse og upåliteligheter i systemer som heisen avhenger av. Det er derfor viktig at en slik løsning er testet grundig før den kan tas i bruk, og at spesifikasjonskrav for heisen er detaljert tydelig. Funksjoner bør kontrolleres grundig av prosjekterende og utførende for å luke ut eventuelle feil. Dette gjelder spesielt i den tid der slik bruk av heis er nybrottsarbeid. En viktig diskusjon knyttet til dette er hvorvidt det bør tilrettelegges for løsninger der systemer er utelukkende avhengig av aktive brannsikringssystemer. Mange anser disse for å være mer eksponert for svikt som følge av menneskelige feil enn passive brannsikringstiltak. På bakgrunn av dette argumenteres det typisk for at prosjekterende skal unngå kompliserte og innviklede systemer. Mye av denne tankegangen synes å være fornuftig, men i stedet for å kutte ut komplisert prosjektering, kan en løsning være å heller stille strengere krav til kontroll der det er nødvendig. Eksempelvis kan uavhengig kontroll og kontroll av utførelse av brannalarmanlegg betydelig redusere faren for menneskelige feil. I eksempelstudiet er det tilrettelagt for en løsning som er beskyttet av både aktive og passive brannsikringstiltak som er uavhengige av hverandre. Dette er barrieretankegang som typisk benyttes i industrien for å gjøre løsninger så sikre som praktisk mulig.

11.4.5 Tekniske sårbarheter:

Den mest fremtredende sårbarheten knyttet til løsningen handler sannsynligvis ikke om personsikkerhet, men om forutsetningene for drift. Premisset for drift er at informasjon fra brannalarmanlegget overvåker at brannen ikke er i nærheten av den logiske sonen. Dersom et brannforløp utvikles raskt, og dører mot sluser holdes åpne ved rømning, slik at noe røyk kommer gjennom, tas løsningen automatisk ut av drift. I praksis er det altså en risiko for at løsningen blir ubrukelig ved raske brannutviklinger. Tilsvarende sårbarhet kan også oppstå med lukkede dører, fordi uavhengig av om de tilfredsstiller klasse S_a , vil de ikke være helt røyktette. Problemet kan forventes å være mindre gjeldende i forbindelse med eksempelstudium 1 som følge av at det er forutsatt trykksatte sluser. Hadde imidlertid slusene vært trykkavlastet, ville det vært større sjanse for uheldig deteksjon.

Denne sårbarheten viser at det kan være nødvendig med strengere krav til røyktetthet for dører fra sluser til bruksarealer, når slusene tilstøter heis som skal kunne brukes til rømning ved brann. I Norge stilles det generelt krav om klasse S_a til dører i branncellebegrensende konstruksjoner, men ved å stille krav om for eksempel S_{200} (S_m) vil røyklekkasjen kunne reduseres. Dette er også relevant med tanke på personsikkerhet der det oppstår lange ventetider.

Problemstillingen er for øvrig også svært relevant å ha i bakhodet ved prosjektering av heisløsninger som skal erstatte en påkrevd rømningsvei. Dersom røyk i trapperommet kan utgjøre en fare for deteksjon som tar heiser ut av drift, har byggverket i praksis bare én rømningsvei.

11.4.6 Andre aspekter:

Eksempelstudiets bruk av logiske soner for å avgjøre om heis sikkert kan brukes er inspirert av høringsutkastet til prNS 3807. Gjennom arbeidet med oppgaven er det ikke identifisert liknende løsninger. Ettersom teknologien som kreves for å etablere logiske soner har vært tilgjengelig i årevis, er dette betenkelig. Årsaken kan være relatert til at bruk av heis til rømning i eksisterende bygg og regelverk er forbeholdt løsninger der organisasjonspersonell skal styre eller overvåke og vurdere situasjonen.

11.5 Eksempelstudium 2:

11.5.1 Generelt om løsningen

Løsningen for eksempelstudium 2 er tiltenkt brukt i publikumsbygg som trafikkterminaler, arenaer, museer og liknende. Dersom det er ønskelig fra byggherresiden å tilrettelegge for bruk av heis til rømning vil dette typisk avklares i en tidlig prosjektfase, og de bygningstekniske detaljene som kreves for bruk av heis kan forventes å falle på plass der det er ønskelig. For slike store publikumsbygg er det vanlig med store takhøyder og da ofte omfattende tiltak for røykventilasjon. Ofte kan det da regnes med at tilgjengelig rømningstid går mot uendelig i områder rundt der det er ønskelig å etablere en heisløsning. Der dette er tilfelle vil det antageligvis være mulig å fravike sluser foran heiser, fordi forholdene sannsynligvis aldri vil utgjøre en fare for de som skal rømme uansett.

Et annet aspekt som gir et positivt bidrag til løsningens personsikkerhet er at det vil være en organisasjon som vurderer hvorvidt forhold er akseptable for å ta i bruk heiser til rømning. Dette gjør også at det kan tillates at heiser driftes på tross av at det detektert mindre mengder røyk i områder tilknyttet heis. Løsningen er altså ikke sårbar for at brannalarmanlegget tar heisen ut av drift som følge av «ufarlige» mengder røyk i tilknyttede områder. Dette gjør at trykkavlastning i eventuelle sluser foran heis kan brukes for å øke den tilgjengelige rømningstiden i disse områdene. En potensiell sårbarhet er imidlertid feilvurderinger av organisasjonspersonell som kan eksponere dem selv og de som skal evakueres for fare. Det bemerkes at heis fortsatt må tas ut av drift om det detekteres røyk i heissjakt eller heismaskinrom.

Ettersom heisen er ment for å kunne driftes i omgivelser som i mindre grad er påvirket av produkter fra brann, vurderes det likevel som riktig at heisteknisk utstyr sikres som for en brannmannsheis. Det er også usikkert hvorvidt heisleverandører ville vært interessert i å levere en vanlig personheis, med styring som for en brannmannsheis. Heiskontrollorgan må også tas med i betraktningen. Kostnadmessig kan det forventes at en byggherre som er interessert i å etablere heis for assistert rømning vil være villig til å betale de ekstra hundretusenene en brannmannsheis koster kontra en personheis.

Tidligere i denne rapporten er det identifisert både forskning og erfaring fra hendelser ved brann som tilsier at personer vil ha en større villighet til å akseptere bruk av heis ved pålegg fra beredskapspersonell. Dette må vurderes som en svært positiv ringvirkning som følger av bruk av organisasjon for styring av heis.

Det forventes at bruk av bruk av heis til assistert rømning utført av organisasjonspersonell vil være positivt for brannvesenets innsats, da de kan fokusere på slokkeinnsats når de ankommer.

Det bemerkes at løsningen i eksempelstudium 2 har mye til felles med eksisterende løsninger som er etablert rundt om i verden, og er i større grad i henhold til amerikansk og britisk regelverk. Løsningen kommer imidlertid med betydelig kostnader, ikke minst i forbindelse med krav til organisatoriske tiltak. En annen ulempe er at det ikke kan forventes at forholdene ligger til rette for slike løsninger i forbindelse med normale byggverk.

11.5.2 Utførelse:

Løsningen er generelt ukomplisert da den heisen i praksis må utformes som en brannmannsheis for å tilfredsstille krav i *CEN/TS 81-76:2011* [19]. Brannmannsheiser er allerede etablert i mange høye byggverk rundt omkring i Norge. Som en følge av at dette i mindre grad bærer preg av å være nybrottsarbeid kan det forventes lavere sannsynlighet for menneskelige svikt i utførelse eller prosjektering.

11.6 Generelt om personsikkerhet knyttet til heis og rømning

Heis tilrettelagt for rømning kan generelt ikke forventes å gi betydelige positive bidrag til personsikkerheten i byggverk. Eksempelvis viser statistikken at de fleste som omkommer i brann i Norge dør i boliger, og typisk i startbranncellen. Det kan ikke forventes at statistikken ville sett bedre ut om det hadde vært en heis tilrettelagt for rømning utenfor startbranncellene.

Personer med nedsatt funksjonsevne som har tatt seg inn i et byggverk ved bruk av heis, uten praktisk mulighet til å ta seg ut på egenhånd ved brannalarm, fremheves som argument for bruk av heiser til rømning. I et nytt boligbygg spørres det om argumentet kan forsvares med hensyn på personsikkerhet, fordi nye boligbygg har krav om automatiske sløkkanlegg som har til hensikt å være risikoreduserende. Sløkkanlegget kan forventes å øke den tilgjengelige rømningstiden til et nivå som gjør at det som oftest vil være trygt å vente på redning. Det kan altså argumenteres for at personsikkerheten vil kunne ivaretas med en «beskyttet i bygget»-strategi, og at heis tilrettelagt for rømning kanskje ikke er hensiktsmessig med tanke på personsikkerhet. Tilsvarende muligheter for «beskytt i bygget»-strategi forventes å være gjennomførbare for alle risikoklasser.

Imidlertid tyder resultatene i denne rapporten, samt eksisterende byggverk med heis tilrettelagt for rømning i Norge, på at det er mulig å dokumentere at heis sikkert kan tas i bruk i byggverk på tross av at brann er detektert. Bare fordi et sprinkleranlegg er et mye mer kostnadseffektivt tiltak for å heve personsikkerheten, betyr det ikke at bygninger ikke også kan utføres med heis tilrettelagt for rømning. At flest mulig personer er ute av byggverket når brannvesenet ankommer er fordelaktig fordi brannvesenet da i større grad kan fokusere på sløkkeinnsats enn redning.

Det kan hende at personer vil oppleve redsel og usikkerhet knyttet til bruk av heis ved brann. Dette kan også forventes om de skal oppholde seg i et bygg som brenner i henhold til en «beskyttet i bygget»-strategi. Sett fra perspektivet til en person som ikke er i stand til å ta seg ned trapper vil situasjonen antagelig være uheldig uansett, både med tanke på diskriminering og personsikkerhet.

11.7 Generelt om de menneskelige aspektene

Gjennom arbeidet med rapporten har det blitt klart at det vil være usikkerheter knyttet til de menneskelige aspektene. En usikkerhet som har blitt trukket fram er blant annet om personer vil være villige til å ta heiser i bruk i det hele tatt. I eksempelstudiet er denne tatt problemstillingen tatt lett på, begrunnet med at dersom ingen ønsker å ta heiser i bruk er bygget fortsatt som et hvilket som helst bygg uten heiser tilrettelagt for rømning.

Imidlertid kan også problemstillingen snus, og et interessant spørsmål kan da bli hva som skjer om mange personer plutselig ønsker å ta heisene i bruk til rømning. Kan det oppleves panikk, oppstuvninger, forlenget forflytningstid eller situasjoner som øker faren for tekniske problemer med heisen? Litteratur innhentet i forbindelse med denne rapporten tyder i alle fall på at personer vil velge de rømningsveiene de opplever som effektive og trygge. På bakgrunn av dette virker det lite sannsynlig at personer som har mulighet til å benytte trapper heller vil velge å vente på en heis, spesielt om de opplever situasjoner der heisen blir ineffektiv. Etasjehøyden vil for øvrig være en viktig faktor da den i stor grad vil påvirke hvor effektive forskjellige rømningsveier er, og ikke

minst hvor effektive de oppfattes. Informasjonsskjermer der de som rømmer kan se forventede forflytningstider ved bruk av forskjellige rømningsveier kan være gunstige. Dersom kapasitet utvikles til å bli et problem kan adgangskort til heisen for personer med funksjonsnedsettelse være en løsning. Som tidligere trukket frem kan det forventes at dette vil endres over tid, og at forutsetningene for en løsning neppe vil være de samme for hele den forventede levetiden til et bygg.

Et annet aspekt som trekkes fram som en ulempe som kan oppstå om mange vil benytte heis er potensielle problemer knyttet til at den tilkalles på flere plan. Det må påses at heis prioriterer etasjer der det er kritisk først, samt at den ikke stopper i alle etasjer den er tilkalt på tur opp og ned. Dette kan løses med ekspressfunksjon og prioritering i henhold til hvor brannen er detektert.

Den allmenne oppfatningen blant befolkningen må med rimelighet antas å være at heis ikke skal brukes når det brenner. Et spørsmål som bør stilles er om ikke dette er like greit, med tanke på at bruk av heiser generelt er farlig ved brann. Dersom det blir mer vanlig med heiser tilrettelagt for rømning vil det nødvendigvis påvirke den allmenne oppfatningen. Kan det da risikeres at personer plutselig begynner å tro at det er trygt å ta i bruk heiser som ikke er tilrettelagt for det når de skal rømme? Det kan uansett forventes det vil utvikles usikkerhet i befolkningen, som i verste fall kan medføre økt risiko i evakueringssituasjoner. Heldigvis er det opp til myndigheter å vurdere dette, og de vil sannsynligvis kunne gjøre det på bakgrunn av forskning.

12. Konklusjon

Denne masteroppgaven viser gjennom litteratursøk, eksempelstudier, mulighetsstudie og en risikovurdering hvordan heiser kan tilrettelegges for bruk til rømning som supplement til de rømningsveier som i utgangspunktet er påkrevd i Norge. Dette forutsetter at det iverksettes tiltak for å beskytte kraftforsyning og heisteknisk utstyr mot funksjonssvikt som følge av vann- og røykinntrenging. Det må også påses at forhold er akseptable med tanke på personsikkerhet i rømningsveier i den tiden som er nødvendig for rømning.

Det vil være usikkerheter knyttet til de menneskelige aspektene i den tid der bruk av heis til rømning er nybrottsarbeid. Tilfeller fra utlandet, samt relevant litteratur indikerer at det kan forventes at personer vil være villige til å ta heis i bruk ved brann dersom de opplever heisen som pålitelig og effektiv. Det fremheves at forutsetningene for vurderinger av menneskelige aspekter knyttet til bruk av heis til rømning ved brann kan forventes å endre seg med tiden.

Oppgavens resultater kan konkretiseres til følgende konklusjoner:

- Oppgavens mulighetsstudie kommer fram til at heisleverandørene ikke nødvendigvis er interesserte i å selge spesiallagde heisløsninger tilpasset evakuering, og at prosjektering med heis til rømning i stor grad vil måtte skje med tradisjonelle heisløsninger som ordinære personheiser eller brannmannsheiser. En spesialtilpasset heis vil også være problematisk i forbindelse med heiskontrollorgan.
- De tekniske utfordringene er overkommelige med tradisjonelle heisløsninger på tross av at det vil være en grad av risiko for menneskelige svikt knyttet til utførelse, prosjektering og analyser. Omfattende testing, kontroll av utførelse samt vedlikehold er presentert som effektive tiltak mot menneskelig svikt.
- Det er gjennomført en risikoanalyse som viser at sikkerhetsnivået i *TEK* kan dokumenteres å være ivaretatt på tross av bruk av heis i et byggverk der brann er detektert. Dersom resultatet valideres av ytterligere risikovurderinger anbefales det at *DIBK* endrer ordlyden i *TEK 17 §11-14 (7)* slik at det i større grad tilrettelegges for analytisk prosjektering av heis til rømning.
- Menneskelige aspekter for personer som rømmer er en vanskelig utfordring knyttet til bruk av heis til rømning. Det fremheves at det fortsatt er mange uklarheter omkring dette, men at det ikke er like relevant der heis til rømning etableres som et supplement til de krav til rømning som i utgangspunktet er påkrevd.

13. Fremtidig arbeid

13.1 Test av ytelsen til en logisk sone med tanke på røyktetthet:

Gjennom arbeidet har det vært usikkerhet knyttet til dørers ytelser med tanke på røyktetthet. En ide hadde vært å gjennomføre branntester av dører for å få en oversikt. Dersom det hadde foreligget bedre data knyttet til dørers ytelse ved forskjellige forhold kunne dette vært svært hjelpsomt i forbindelse med FDS-simuleringer av byggverk der det vurderes å tilrettelegge for bruk av heis ved brann. Slike tester vil kunne gjøre det lettere å vurdere om logiske soner er for sensitive, slik at heis blir tatt tidlig ut av drift, men også hvordan forhold med tanke på menneskelige tålegrenser utvikles i en heis- og trappekjerne over lengre tidsperspektiv.

13.2 Studier av menneskelige aspekter i prøveprosjekter med god sikkerhetsmargin

Konklusjonene i denne rapporten tyder på at de tekniske utfordringene knyttet til bruk av heis til rømning kan ivaretas, men at det hersker usikkerhet vedrørende de menneskelige aspektene. Prøveprosjekter kan bidra til å få mer oversikt, dersom de kan gjennomføres trygt. Det vurderes som lite sannsynlig at VR-undersøkelser vil være representative. Dersom det kan iverksettes prøveprosjekter bør det også, så langt praktisk gjennomførbart, undersøkes hvordan effekter fra en simulert brann, for eksempel visuell røyk eller lukt påvirker personers valg og oppførsel.

14. Referanser

- [1] KBT, «Kollegiet for brannfaglig terminologi,» [Internett]. Available: <http://www.kbt.no/index.asp>. [Funnet 25 05 2020].
- [2] Direktoratet for byggkvalitet , *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*, 2017.
- [3] R. W. Bukowski og J. S. Tubbs, «Approaches, Egress Concepts and Design,» i *SFPE Hanbook of Fire Protection Engineering Fifth Edition* , Springer , 2016, pp. 2012-2045.
- [4] B. Mostue og U. Danielsen, «"Alle inn" - "alle ut ved brann?",» SINTEF , Trondheim , 2007.
- [5] B. Knarud og J. Ivar, «Brannsikkerhet ved Universell utforming,» NTNU, Trondheim , 2011.
- [6] B. A. Mostue og U. Danielsen, «"Bygg for alle" - Lik brannsikkerhet for alle? Universell utforming av byggverk og brannsikkerhet - del 1,» SINTEF NBL AS, Trondheim , 2007.
- [7] Direktoratet for byggkvalitet, *Byggteknisk forskrift (TEK10)*, 2010.
- [8] Kommunal - og regionaldepartementet , «Høringsnotat: Teknisk forskrift til plan og bygningsloven,» Kommunal- og regionaldepartementet, Oslo , 2009.
- [9] Direktoratet for byggkvalitet , «Høringsuttalelse - prNS 3807 Bruk av heis til evakuering,» Oslo , 2020.
- [10] A. Mossberg og N. Daniel, «Anvendande av utrymningshisser vid utrymning av tunnelbanestation,» ReaserchGate, 2018.
- [11] M. T. Kinaterder, O. Hidemi og K. E. D, «The Use of Elevators for Evacuation in Fire Emergencies in International Buildings,» National Institute of Standards and Technology , 2014.
- [12] B. R.W, R. B. SM og R. P. A., «Use of Elevators During Fires,» NIST, 26 11 2013. [Internett]. Available: <https://www.nist.gov/el/use-elevators-during-fires>. [Funnet 10 12 2019].
- [13] British Standard, BS 9999: Code of practice for fire safety in the design, management and use of buildings, BSI ', 2008.
- [14] NFPA, NFPA 101 - Life Safety Code, 2015.
- [15] J. H. Klote, «Elevator Evacuation Systems,» i *Handbook of smoke controll engineering* , Atlanta , ASHRAE, 2012, pp. 265-277.
- [16] Norsk Standard, «Safety rules for the construction and installation of lifts – Particular applications for passenger and goods passenger lifts – Part 72: Firefighters lifts,» Standard Norge, 2015.

- [17] Norsk Standard, «NS-EN 81-20 - Sikkerhetsregler for konstruksjon og installasjon av heiser - Heiser for transport av personer og varer - Del 20: Personheiser og vare- og personheiser,» SN/K 037 , 2014.
- [18] Norsk Standard, «NS-EN 81-73 Sikkerhetsregler for konstruksjon og installasjon av heiser - Spesielle løsninger for personheiser og vare- og personheiser - Del 73: Heisers virkemåte i tilfelle brann,» 2016.
- [19] STANDARD NORGE, «Teknisk spesifikasjon CEN/TS 81-76:2011 Sikkerhetsregler for konstruksjon og installasjon av heiser Spesielle løsninger for personheiser og vare- og personheiser Del-76: Evakuering med heis av personer med nedsatt funksjonsevne,» STANDARD NORGE, Brussel, 2011.
- [20] Norsk Standard, «NS 3960 - Brannalarmanlegg - Prosjektering, installasjon, drift og vedlikehold,» SN/K 011, 2019.
- [21] «ISO/TR 25743 Study of the use of lifts for evacuation during an emergenc,» Techstreet, 2010.
- [22] Norsk Standard, SN-INSTA/TR 951 - Analytisk brannteknisk prosjektering - Probabilistisk metode for verifikasjon av brannsikkerhet i byggverk, SN/K 015 , 2019.
- [23] Norsk Standard, NS 3901 - Krav til risikovurdering av brann i byggverk, SN/K 227 , 2012.
- [24] N. Standard, «NS 3901:2019,» Standard Norge, 2019.
- [25] Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap, «Brannstatistikk /beta,» [Internett]. Available: <https://www.brannstatistikk.no/brus-ui/>. [Funnet 12 12 2019].
- [26] Kommunal- og arbeidsdepartementet , *Byggeforskrift 1985*, 1985.
- [27] British, «BS PD 7974-7:2003,» Techstreet, 2003.
- [28] F. Nystedt, «Verifying Fire Safety Design in Sprinklered Buildings,» Department of Fire Safety Engineering and System Safety , Lund, 2011.
- [29] Standard Norge, «SN-INSTA/TS 950:2014,» Standard Norge, 2014.
- [30] Sintef byggforsk , «520.387 Tilgjengelig rømningstid ved brann,» Sintef byggforsk, 2016.
- [31] Europeisk standard, *NS-EN 12101*, 2015.
- [32] N. McConnell og K. Boyce, « Refuge areas and vertical evacuation of multistorey buildings: the end users' perspectives.,» Fire and Materials, 2013.
- [33] J. Sime, i *An occupant response shelter escape time (ORSET) model*, Safety Science, 2001, pp. 38(2): S. 109-125.
- [34] J. Sime, « Crowd facilities, management and communications in disasters,» Facilities, 1999, pp. 313-324.

- [35] T. e. a. McClintock, «A Behavioural Solution to the Learned Irrelevance of Emergency Exit Signage, in Human Behaviour in Fire,» i *Human Behaviour in Fire*, Boston, 2001, pp. 23-33.
- [36] M. Gandit, K. D.R. og C. S., «Road-tunnel fires: Risk perception and management strategies among users,» i *Safety Science*, Grenoble, ScienceDirect, 2009, pp. 105-114.
- [37] E. Heyes og S. M., «Human behaviour considerations in the use of lifts for evacuation from high rise commercial buildings,» Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Canterbury, 2009.
- [38] J. e. a. Averill, «Federal investigation of the evacuation of the World Trade Center on September 11, 2001,» i *Fire and Materials* , John Wiley and Sons, Ltd, 2012, pp. 472-480.
- [39] E. a. M. S. Heyes, « Lifts for evacuation-human behaviour considerations,» i *Fire and Materials* , John Wiley & Sons, Ltd., 2012, pp. 297-308.
- [40] A. J. A. a. D. N. Jönsson, «A Risk Perception Analysis Of Elevator Evacuation In High-Rise Buildings,» Cambridge, 2012.
- [41] B. Levin og G. N.E., «, Human factors considerations for the potential use of elevators for fire evacuation of FAA Air Traffic Control Towers,» 1994.
- [42] M. e. a. Kobes, «Way finding during fire evacuation; an analysis of unannounced fire drills in a hotel at night,» i *Building and Environment*, 2010, pp. 537-548.
- [43] J. Sime, «Crowd psychology and engineering,» i *Safety Science* , 1992, pp. 1-14.
- [44] J. Sime, «Affiliative behaviour during escape to building exits,» i *Journal of Environmental Psycholog*, 1983, pp. 21-41.
- [45] B. e. a. von Dawans, «The Social Dimension of Stress Reactivity,» i *Psychological Science*, 2012, pp. 651-660.
- [46] S. e. a. Heliövaara, «Pedestrian behavior and exit selection in evacuation of a corridor – An experimental study,» i *Safety Scienc*, 2012, pp. 221-227.
- [47] M. S. A. a. N. M. Wogalter, «Effects of cost and social influence on warning compliance. Human Factors,» i *The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 1989, pp. 133-140.
- [48] M. Deutsch, «Citation Classic - a Study of Normative and Informational Social Influences Upon Individual Judgment,» i *Current Contents/Social & Behavioral Sciences*, 1980, p. 14.
- [49] D. M. J. a. H. F. Nilsson, «Evacuation experiment in a road tunnel: A study of human behaviour and technical installations,» i *Fire Safety Journal* , 2009, pp. 458-468.
- [50] E. Kuligowski, «Terror defeated: occupant sensemaking, decision-making and protective action in the 2001 World Trade Center Disaster,» University of Colorado , Boulder, 2011.

- [51] F. a. R. D. Strack, « Reflective and impulsive determinants of social behavior,» i *Personality and social psychology review*, 2004, pp. 220-247.
- [52] M. e. a. Kobes, «Building safety and human behaviour in fire: A literature review.,» i *Fire Safety Journal* , 2010, pp. 1-11.
- [53] R. Bukowski, «Addressing the Needs of People Using Elevators for Emergency Evacuation,» i *Fire Technology*, 2012, pp. 127-136.
- [54] R. Bukowski, P. R.D og K. E.D, « Addressing the Needs of People using Elevators for Emergency Evacuation,» i *Pedestrian and Evacuation Dynamics*, Springer US, 2011, pp. 615-625.
- [55] P. G og R. I.M.A, «Occupant behavior and evacuation during the Chicago Cook County Administration building fire,» i *Journal of Fire Protection Engineering*, 2006, pp. 283-309.
- [56] K. Starcke og M. Brand, «Decision making under stress: a selective review,» i *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 2012, pp. 1228-1248.
- [57] U. Malt, «Panikk,» Store Norske Leksikon , [Internett]. Available: <https://sml.snl.no/panikk>. [Funnet 13 Januar 2019].
- [58] Sintef byggforsk, «Nødvendig rømningstid ved brann,» [Internett]. Available: https://www.byggforsk.no/dokument/322/noedvendig_roemningstid_ved_brann. [Funnet 13 01 2019].
- [59] «Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) - Tredje Del: Gjennomføring - Kapittel 19: Dispensasjon,» 10 09 2019. [Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL_3-5#KAPITTEL_3-5.
- [60] dsb, «Veiledning til forskrift om organisering og dimensjonering av brannvesen,» 2015.
- [61] «Regjeringen.no,» 28 05 2018. [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/-11-13-og-11-17-departementet-besvarer-henvendelse-om-brannsikkerhet-romning-og-slokkeinnsats-jf.-byggteknisk-forskrift-tek17--11-13-og-11-17-og-byggetilsynets-rolle/id2609624/>. [Funnet 13 04 2020].
- [62] Sintef Byggforsk , «520.391 Rømning via vindu. Krav og utforming,» Byggforsk, 2017.
- [63] Zlatar, Lago, Soares, Baptista og B. Junior, «Falls from height: analysis of 114 cases,» SciELO, Sao Paulo , 2019.
- [64] Norsk Standard, «Norsk Standard,» Norsk Standard, 25 06 2019. [Internett]. Available: <https://www.standard.no/standardisering/norsk-standard/>. [Funnet 28 11 2019].
- [65] Internasjonal standard , *Lifts (elevators) — Requirements for lifts used to assist in building evacuation*, 2014.
- [66] Brandskyddslaget, LTH och Bengt Dahlgren, «Brandskyddshandboken #6».
- [67] Boverket, «BFS 2013:12 BBRAD 3,» 2013.

- [68] HM Government, «Approved documents - The building regulations,» Fire safety: Approved Document B, [Internett]. Available: <https://www.gov.uk/government/publications/fire-safety-approved-document-b>.
- [69] British Standard, «BS PD 7974,» Techstreet, 2019.
- [70] Arkitektenes Hus, «Prosjektdatabasen,» NAL ECOBOX , [Internett]. Available: <https://www.arkitektur.no/avinor-oslo-lufthavn-t21?tid=158202>. [Funnet 30 09 2019].
- [71] Tromsø kommune, «Tromsø Kommune,» 06 09 2019. [Internett]. Available: <https://www.tromso.kommune.no/evakueringsheisen-paa-kinoen-er-endelig-i-drift.6244772-110070.html>. [Funnet 10 10 2019].
- [72] Årstadposten, «Haukeland får Bybanens første undergrunnsstasjon,» 25 01 2018. [Internett]. Available: <http://www.arstadposten.no/2018/01/25/haukeland-far-bybanens-forste-undergrunnsstasjon/>. [Funnet 12 11 2019].
- [73] R. N. (RAMBØLL), 2019.
- [74] Nasjonalmuseet , «Illustrasjon av Lyshallen. © MIR (illustr.) / Statsbygg,» Nasjonalmuseet , [Internett]. Available: http://www.nasjonalmuseet.no/no/nasjonalmuseet/det_nye_nasjonalmuseet/Slik+blir+Lys+hallen.b7C_wRDMXJ.ips. [Funnet 30 09 2019].
- [75] Friends Arena , «Tillgänglighet,» [Internett]. Available: <https://www.friendsarena.se/besok-arenan/tillgaenglighet>. [Funnet 24 03 2020].
- [76] M. Silen, «Ökad tillgänglighet i Wrangelska Palatset,» Byggindustrin, 06 03 2008. [Internett]. Available: <https://byggindustrin.se/artikel/nyhet/okad-tillganglighet-i-wrangelska-palatset-10800>. [Funnet 24 03 2020].
- [77] NyTeknik , «Victoria Tower – här ska evakueringen ske med hissarna,» 22 08 2012. [Internett]. Available: <https://www.nyteknik.se/bygg/victoria-tower-har-ska-evakueringen-ske-med-hissarna-6416842>. [Funnet 24 03 2020].
- [78] H. Par og L. Fredrik, «Varför analytisk dimensionering inom Hotell Post? - BIV,» [Internett]. Available: http://www.sfpe-biv.se/attachments/article/10127/Posthotellet_BIV_131209.pdf. [Funnet 24 04 2020].
- [79] Nya tunnelbanan, «Sofia Station - One of a kind,» 05 02 2019. [Internett]. Available: <https://nyatunnelbanan.sll.se/en/artikel/sofia-station-one-kind>. [Funnet 13 03 2020].
- [80] J. Evenson og A. Vanney, «Burj Dubai: Life Safety and Crysisis Response Planning Enhancements,» i *CTBUH 2008 8th World Congress* , Dubai, 2008.
- [81] J. Holmes-Seidle, «Evacuation lifts,» i *Barrier-Free Design*, Holmes-Seidle, James, 1996, p. 116.
- [82] World Federation of Great Towers , «Burj Khalifa,» [Internett]. Available: <https://www.great-towers.com/tower/burj-khalifa>. [Funnet 26 03 2020].

- [83] «Petronas Towers - Kuala Lumpur,» [Internett]. Available: <https://www.flickr.com/photos/iqremix/18145518670>. [Funnet 26 03 2020].
- [84] A. Arlida, «Review of Evacuation Procedures for Petronas Twin Towers,» CIB/CTBUH Kuala Lumpur 2003 Conference , 2003.
- [85] E. E. f. u. t. buildings, «Bukowski, Richard,» CTBUH 2008 8th World Congress , Dubai , 2008.
- [86] «Forest Glen station,» [Internett]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Forest_Glen_station. [Funnet 26 03 2020].
- [87] «Forest Glen/Montgomery Hills Sector Public Hearing Draft Plan,» [Internett]. Available: <https://montgomeryplanning.org/wp-content/uploads/2019/07/FGMH-Work-Session-2-Final.pdf>. [Funnet 26 03 2020].
- [88] J. D. Averill, D. S. Mileti, R. D. Peacock, E. D. Kuligowski, N. Groner, P. Guylene, P. A. Reneke og N. H. E, «Federal Building and Fire Safety Investigation of the World Trade Center Disaster,» U.S Government Printing Office, Washington, 2005.
- [89] [Internett]. Available: <https://demociety.wordpress.com/2017/12/13/joelma-building-the-burned-hell/>.
- [90] H. Notaker, «Store Norske Leksikon,» Store Norske Leksikon, [Internett]. Available: https://snl.no/Terrorangrepet_11._september_2001. [Funnet 17 12 2019].
- [91] A. Sekizawa, M. Ebihara, H. Notake, K. Kubota, M. Nakano, Y. Ohmiya og H. Kaneko, «Occupants: Behaviour in Response to the High-rise Apartments Fire in Hiroshima City,» i *Fire and Materials* , John Wiley & Sons, Ltd., 1999, pp. 297-303.
- [92] J. H. Klote, «MGM Grand Fire And Fire Safety Then, Now.,» [Internett]. Available: <https://www.thefreelibrary.com/MGM+Grand+Fire+And+Fire+Safety+Then%2C+Now-a0562867265>. [Funnet 29 03 2020].
- [93] G. T. V. Review-Journal, «reviewjournal.com,» [Internett]. Available: <https://www.reviewjournal.com/local/the-strip/remembering-the-1980-fire-at-the-mgm-grand-photo-archive-1532645/>. [Funnet 17 12 2019].
- [94] «Fire at the MGM Grand,» *FIRE JOURNAL* , nr. January 1982, p. 31, 1982.
- [95] Statistisk sentralbyrå , «Bygningsmassen,» Statistisk sentralbyrå, 20 02 2019. [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/statistikker/bygningsmasse>. [Funnet 05 02 2020].
- [96] Brannstatistikk, «Brannstatistikk/beta,» [Internett]. Available: https://www.brannstatistikk.no/brus-ui/search?searchId=05B38E10-5BE2-4EA9-9CE1-65D18E4FCCFE&type=SEARCH_DEFINITION. [Funnet 05 02 2020].
- [97] Leonardo da vinci pilot project CZ/02/B/F/PP-134007, «Design of Buildings for the Fire Situation Handbook 5,» Leonardo da vinci pilot project CZ/02/B/F/PP-134007, Luxembourg, 2005.

- [98] J. P. Stensaas og M. K. Ulfsnes, «Etablering av krav til røyktetthet av dører,» Sintef, Trondheim , 2001.

