

www.sintef.no





SINTEF NBL as

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse: Tillerbruvegen 202

Telefon: 73 59 10 78  
Telefaks: 73 59 10 44  
E-post: nbl@nbl.sintef.no  
Internet: nbl.sintef.no

Foretaksregisteret: NO 982 930 057 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

Analyse av rømning fra kirkegalleri

FORFATTER(E)

Anne Steen-Hansen, Jan P. Stensaas

OPPDRAKSGIVER(E)

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) og  
KA (Kirkelig arbeidsgiver- og interesseorganisasjon)

RAPPORTNR. NBL A09107	GRADERING Åpen	OPPDRAKSGIVERS REF. Lars Haugrud (DSB), Øystein Dahle (KA)	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 978-82-14-00043-6	PROSJEKTNR. 107466.01	ANTALL SIDER OG BILAG 41
ELEKTRONISK ARKIVKODE RAPPORT_107466_Romning_kirkegalleri_1feb2009.doc		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Anne Steen-Hansen <i>Anne Steen-Hansen</i>	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Atle William Heskestad <i>Atle Heskestad</i>
ARKIVKODE	DATO 2009-02-02	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Atle William Heskestad, forskningssjef <i>Atle Heskestad</i>	

## SAMMENDRAG

I forbindelse med utarbeidelse av en temaveiledning for brannsikring av kirker, har det blitt klart at det er behov for mer kunnskap om personsikkerheten ved rømning fra galleri. Hvor mange personer kan man tillate på galleriet samtidig, uten at det går på akkord med brannsikkerheten?

For å komme nærmere en avklaring på dette spørsmålet, har Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) i samarbeid med KA (Kirkelig arbeidsgiver- og interesseorganisasjon) henvendt seg til SINTEF NBL for å få gjennomført en analyse av rømning fra kirkegalleri.

På grunnlag av rømningsanalyser for Malvik kirke og Hommelvik kirke i Sør-Trøndelag er det utarbeidet generelle retningslinjer for å anslå personantall på galleri, og beskrivelse av i hvilke tilfeller disse retningslinjene kan anvendes.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Brann	Fire
GRUPPE 2	Sikkerhet	Safety
EGENVALGTE	Rømning	Escape
	Kirke	Church
	Galleri	Gallery

## INNHALDSFORTEGNELSE

<b>Sammendrag og konklusjoner.....</b>	<b>3</b>
<b>1 Innledning .....</b>	<b>5</b>
1.1 Generelt .....	5
1.2 Målsetting.....	5
1.3 Metode .....	5
1.4 Forutsetninger og begrensninger.....	6
<b>2 Rømningsanalyse – metode og prinsipper .....</b>	<b>7</b>
2.1 Generelt om metode og prinsipper .....	7
2.2 Enkel rømningsteori og viktige begreper .....	7
2.2.1 Nødvendig rømningstid.....	7
2.2.2 Tilgjengelig rømningstid.....	8
2.2.3 Sikkerhetsmargin.....	8
2.3 Beregningsmetode for bestemmelse av forflytningstiden .....	9
2.4 Faktorer og tiltak som øker eller reduserer rømningstiden .....	10
2.4.1 Faktorer som øker nødvendig rømningstid .....	10
2.4.2 Tiltak som fører til reduksjon av nødvendig evakueringstid .....	12
2.5 Tilgjengelig rømningstid .....	13
2.5.1 Aktuelle brannscenarier .....	13
2.5.2 Estimat for tilgjengelig rømningstid i kirkene .....	14
2.5.3 Tiltak som øker tilgjengelig rømningstid .....	15
<b>3 Rømningsanalyse av Malvik kirke .....</b>	<b>16</b>
3.1 Opplysninger om kirken.....	16
3.1.1 Generell beskrivelse av kirken .....	16
3.1.2 Beskrivelse av flukt- og rømningsveiene.....	19
3.1.3 Beskrivelse av alarmsystemer og brannvernorganisasjon.....	21
3.2 Estimat for varslingstiden, vurderings- og beslutningstid.....	21
3.2.1 Estimat for deteksjons- og verifikasjonstiden .....	21
3.2.2 Estimat for vurderings- og beslutningstiden .....	22
3.3 Beregning av forflytningstiden.....	23
3.4 Påvirkende faktorer som øker nødvendig rømningstid .....	24
3.4.1 Tiltak som fører til reduksjon av nødvendig rømningstid.....	25
3.5 Tilgjengelig rømningstid .....	25
3.5.1 Aktuelle brannscenarier .....	25
3.5.2 Estimat for tilgjengelig rømningstid i kirken .....	26
3.5.3 Tiltak som øker tilgjengelig rømningstid.....	28
3.6 Sikkerhetsmargin.....	29
3.7 Vurdering av rømningssikkerheten i Malvik kirke .....	30
<b>4 Rømningsanalyse av Hommelvik kirke .....</b>	<b>32</b>
4.1 Opplysninger om kirken.....	32
4.1.1 Generell beskrivelse av kirken .....	32
4.1.2 Beskrivelse av rømningsveiene.....	33
4.2 Beregning av nødvendig forflytningstid.....	34
4.3 Tilgjengelig rømningstid .....	34
4.4 Sikkerhetsmargin.....	37
4.5 Vurdering av rømningssikkerheten i Hommelvik kirke.....	38
<b>5 Hvor mange personer kan man tillate på galleriet samtidig?.....</b>	<b>39</b>
<b>Referanser .....</b>	<b>41</b>

## Sammendrag og konklusjoner

Hvor mange personer kan man tillate på galleriet samtidig, uten at det går på akkord med brann-sikkerheten?

Denne rapporten gir så langt som mulig grunnlag for generelle retningslinjer for å vurdere tillatt personantall på galleriet i en typisk norsk kirke.

Kirkeforvalter skal kunne vurdere om galleriet i egen kirke er innenfor dimensjoneringskriteriene i analyserapporten, slik at retningslinjene i rapporten kan benyttes, eller om det må utføres en detaljert analyse av en kvalifisert brannteknisk rådgiver.

Det er utført rømningsanalyser av de to kirkene Malvik og Hommelvik kirke i Sør-Trøndelag. Malvik kirke har 700 sitteplasser, hvorav ca 110 på galleriet. Hommelvik kirke har 360 sitteplasser, og vi har antatt at ca 40 personer kan oppholde seg på galleriet. I analysene er tilgjengelig- og nødvendig rømningstid estimert. *Tilgjengelig rømningstid* er tiden fra brannstart til personers tålegrenser med hensyn til sikt, varme og giftige gasser er nådd. *Nødvendig rømningstid* defineres som tiden fra brannstart til personene i kirken har kommet fram til sikkert sted, det vil i dette tilfellet vanligvis si på utsiden av kirken.

Følgende generelle konklusjoner er trukket på grunnlag av resultatene fra disse analysene:

Tilgjengelig rømningstid uten særskilte brannsikringstiltak er i størrelsesorden

- 3-5 minutter ved rask brannutvikling
- 9-12 minutter ved langsom brannutvikling

Tilgjengelig rømningstid vil være kortere for en kirke med lite volum enn for en stor kirke, fordi brannutviklingen vil være raskere.

Galleriet bør kunne evakueres med god margin innenfor tilgjengelig rømningstid; som en tommelfingerregel i løpet av 3-5 minutter.

Nødvendig rømningstid ved fullsatt kirke og stort antall personer på galleri vil være i størrelsesorden 12-16 minutter for Malvik kirke, og 12-14 minutter i Hommelvik kirke.

Dette betyr at tiden som er tilgjengelig for rømning er kortere enn den tiden som vil være nødvendig for å evakuere alle personene i kirken til et sikkert sted, særlig kritisk er dette dersom det oppstår brann med en hurtig utvikling. Ulike brannsikringstiltak kan påvirke både tilgjengelig- og nødvendig rømningstid.

Tilgjengelig rømningstid kan økes ved tiltak som

- detekterer brannen tidlig
- kontrollerer røykspredningen
- slukker brannen tidlig

Nødvendig rømningstid er avhengig av faktorer som

- antall hindringer i flukt- og rømningsveier
- bredde på elementer i rømningsveien
- antall alternative rømningsveier
- hvor kompleks rømningsveien er

- bredde og stigning på trapp
- antall trapper
- om trappen ender i kirkerommet, i rømningsvei fra kirkerom eller om den er en separat rømningsvei
- hvor mange personer fra kirkerommet som skal rømme gjennom samme utgangsdør som personer fra galleri

Nødvendig rømningstid kan reduseres ved tekniske tiltak som bedrer rømningsveienes utforming og geometri, i henhold til faktorene på listen over.

Nødvendig rømningstid kan mest effektivt reduseres ved organisatoriske tiltak som

- informasjon om rømningsveier på forhånd
- direkte beskjed om at det brenner
- informasjon og veiledning i rømningssituasjonen
- merking av rømningsveier
- opplæring av personell
- en person bør ha særskilt ansvar for å veilede under rømning fra galleri. Dette kan for eksempel være organisten, dersom orgelet er plassert på galleri.

Dersom det bare er en rømningsvei fra galleri, er det svært viktig å forhindre at den blokkeres ved brann. I begge de to analyserte kirkene var det to trapper fra galleri. Imidlertid endte begge trappene i samme våpenhus, og da regnes trappene i prinsippet bare som én rømningsvei. For å minimalisere sannsynligheten for brannstart i våpenhuset eller i trapp, bør det alltid være vakt i våpenhuset når det er personer på galleri.

Galleriet bør bare være åpent for publikum når det er behov for det. Personer som skal oppholde seg på galleri må ha normal førlighet og kunne rømme uten assistanse.

Vurdering av tillatt personantall på galleri kan gjøres av kirkeforvaltningen dersom galleriet har en enkel utforming, og der rømningsveien(e) ikke byr på spesielle utfordringer (planløsning, spesielt bratte trapper, hindringer, trange passasjer osv). Dersom trapperommet fra et slikt galleri er atskilt fra kirkerommet, vil et personantall på galleri som tilsvarer én person per trappetrinn kunne gi tilstrekkelig sikkerhet. Personer fra galleri vil da raskt kunne rømme ut i trapperommet, og der vil de være skjermet fra branneksplosjon fra kirkerommet inntil de kan rømme ut utgangsdøren. Ved mer en komplisert utforming av galleri og rømningsveier må det utføres en detaljert analyse av en kvalifisert brannteknisk rådgiver for å fastslå tillatt personantall på galleri.

## **1 Innledning**

### **1.1 Generelt**

I forbindelse med utarbeidelse av en temaveiledning for brannsikring av kirker, har det blitt klart at det er behov for mer kunnskap om personsikkerheten ved rømning fra galleri. Hvor mange personer kan man tillate på galleriet samtidig, uten at det går på akkord med brannsikkerheten?

For å komme nærmere en avklaring på dette spørsmålet, har Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) i samarbeid med KA (Kirkelig arbeidsgiver- og interesseorganisasjon) henvendt seg til SINTEF NBL for å få gjennomført en analyse av rømning fra kirkegalleri.

### **1.2 Målsetting**

Analysen skal så langt som mulig gi grunnlag for generelle retningslinjer for å vurdere tillatt personantall på galleriet i en typisk norsk kirke.

Kirkeforvalter skal kunne vurdere om galleriet i egen kirke er innenfor dimensjoneringskriteriene i analyserapporten, slik at retningslinjene i rapporten kan benyttes, eller om det må utføres en detaljert analyse av en kvalifisert brannteknisk rådgiver.

### **1.3 Metode**

Det er gjennomført casestudier av rømning fra to ulike kirker, Malvik kirke og Hommelvik kirke i Malvik kommune, Sør-Trøndelag. Den nødvendige beskrivelsen av de utvalgte kirkene er utarbeidet på grunnlag av tilgjengelig dokumentasjon fra kirkeforvaltning, og på grunnlag av egne observasjoner under befarung.

Deretter er det utført en analyse basert på anerkjente beregningsmetoder, og på SINTEF NBLs egen kompetanse og erfaring. To ulike brannscenarier er analysert:

- hurtig voksende brann i kirkerommet (for eksempel brannstart i juletre, brann i orgel)
- langsom brann i naborom eller kirkerommet

I analysen har vi utført relativt enkle brannberegninger ved hjelp av anerkjente empiriske beregningsmodeller publisert i brannlitteraturen. Disse beregningene er brukt til å bestemme tilgjengelig rømningstid i de to utvalgte kirkene.

Effekten av ulike forhold, som geometri, bredde av trapper og dører i rømningsveiene, lengde på rømningsvei, antall rømningsveier etc. inngår i analysen, sammen med en beskrivelse av hvilken effekt branntekniske tiltak, som tidligdeteksjon, slokkeutstyr og organisatoriske tiltak kan ha i forhold til rømningssikkerheten.

#### **1.4 Forutsetninger og begrensninger**

I analysene forutsetter vi at det kun oppholder seg normalt spreke og friske personer på galleriet, og at de kan rømme ved egen hjelp. Dersom det er personer på galleri som trenger hjelp til å rømme hvis det oppstår brann, vil dette føre til at evakueringen tar lengre tid enn det vi har kommet frem til i denne rapporten.

Vi forutsetter også at de organisatoriske og tekniske tiltakene som det er tatt høyde for i beregningene er på plass og fungerer i en brannsituasjon. Svikt i tiltak vil kunne føre til at tilgjengelig tid til rømning blir kortere, eller at nødvendig tid til rømning blir lengre.

## 2 Rømningsanalyse – metode og prinsipper

### 2.1 Generelt om metode og prinsipper

En brann i kirken under et arrangement med mange mennesker til stede kan få store konsekvenser hvis rømningsforholdene ikke er gode. Rømningsveiene fra kirkegalleriet kan ofte være utilstrekkelige, både på grunn av utformning (bratte, trange trapper), og fordi det ikke alltid finnes flere alternative rømningsveier. I løpet av rømningen kan personer bli eksponert for varme og røyk fra brannen. Tett røyk vil i stor grad hindre rømning fordi sikten blir redusert, og fordi den inneholder giftige gasser som hemmer personene.

Rømningssikkerheten i en kirke må baseres på at ingen personer skal skades eller omkomme på grunn av brann. Viktige faktorer for rømningssikkerhet er:

- Antall og utformning av rømningsveiene
- Deteksjons- og varslingssystem
- Automatisk slokkeanlegg
- Tilstrekkelig merking av rømningsveiene
- Organisatoriske tiltak som sikrer rask og sikker rømning, inkludert rømningsassistanse for eldre og funksjonshemmete personer

### 2.2 Enkel rømningsteori og viktige begreper

#### 2.2.1 Nødvendig rømningstid

Nødvendig rømningstid defineres som tiden fra brannstart til personene i kirken har kommet fram til sikkert sted, det vil vanligvis si på utsiden av kirken. Denne tiden kan deles inn i følgende tre faser (Byggforsk 2006 A):

- *Deteksjonstiden* er tiden det tar for at det oppdages signaler som tilsier at det brenner. Deteksjonstiden er oppdelt i
  - *oppdagelsestiden* (tid fra brannstart til brannen oppdages)
  - *varslingstiden* (tid fra oppdagelse til varsling)
  - *sansningstiden* (tid fra varsling til noen reagerer)
- *Reaksjonstiden* er tiden fra brannen er sanset og rømningsforflytning starter. Reaksjonstiden er delt inn i
  - *fortolkningstid* (verifisere at det virkelig er brann)
  - *beslutningstid* (forberede forflytning og velge rømningsvei)
- *Forflytningstid* er tiden det tar å forflytte seg til sikkert sted.

Brannen kan oppdages av mennesker som lukter, hører eller ser at det brenner, eller av en detektor som registrerer røyk eller varme. I det første tilfellet deteksjonstiden den tiden det tar for en person å verifisere at det brenner og gi alarm, enten direkte til andre personer, eller ved hjelp av en manuell brannmelder. I det andre tilfellet vil deteksjonstiden bli bestemt av den tiden det tar for en detektor å oppdage brannen og gi signal til brannalarmanlegget i kirken. Deteksjonstiden er



avhengig av type detektor og dens følsomhet, samt detektorens plassering i forhold til brannkilden.

Strekningen som skal tilbakelegges under rømningen, deles inn i *fluktvei* og *rømningsvei*.

Fluktvei er definert som del av en branncelle som brukes til rømning og evakuering fram til rømningsvei eller til sikkert sted. Rømningsvei er definert som én eller en rekke brannceller tilrettelagt for rømning mellom oppholdsrom eller branncelle og sikkert sted.

Forflytningshastigheten avhenger av flere forhold:

- **Persontettheten i flukt- og rømningsveiene.** Er persontettheten for stor, anslagsvis over 3.8 personer/m<sup>2</sup> vil det oppstå kø. Er persontettheten mindre enn 0,54 personer/m<sup>2</sup> vil personene bevege seg uforhindret og med maksimal hastighet (Nelson og Mowrer, 2002).
- **Geometri i rømningsveien.** Forflytningshastigheten vil være forskjellig i en korridor og i en trapp. Maksimal forflytningshastighet gjennom korridor eller døråpning er oppgitt til å være 1,19 m/s når folk kan bevege seg uforhindret av andre (Nelson og Mowrer, 2002). I trapper varierer maksimal forflytningshastighet mellom 0,85 m/s og 1,05 m/s avhengig av forholdet mellom inntrinn og opptrinn. Jo brattere trappen er, jo lavere er maksimal forflytningshastighet. Forflytningshastigheten for hver enkelt person vil variere i løpet av rømningen.
- **Tilstanden til personene som rømmer.** Bevegelseshemmete personer vil ha lavere forflytningshastighet enn personer med normal førlighet. Er andelen personer med bevegelseshemming betydelig, vil dette senke den gjennomsnittlige forflytningshastigheten i personstrømmen.

### 2.2.2 Tilgjengelig rømningstid

*Tilgjengelig rømningstid* er tiden fra brannstart til overskridelse av tålegrenser med hensyn til sikt, varme og giftige gasser. Lengden på denne perioden er svært avhengig av de aktuelle forholdene, slik som tennkildens størrelse, tilgangen på lett brennbare materialer ved arnestedet, ventilasjonsforholdene og rommets størrelse i forhold til brannen.

Begrepet *udyktiggjøring* (incapacitation) brukes for å beskrive at mennesker er så påvirket av brannen (varme, røyk), at evnen til å rømme er kraftig redusert. Tilgjengelig rømningstid kan derfor defineres som tiden fra brannstart frem til udyktiggjøring. Grensene for når mennesker blir påvirket av brann i alvorlig grad vil være personavhengig, og bestemmes blant annet av helsetilstand og alder.

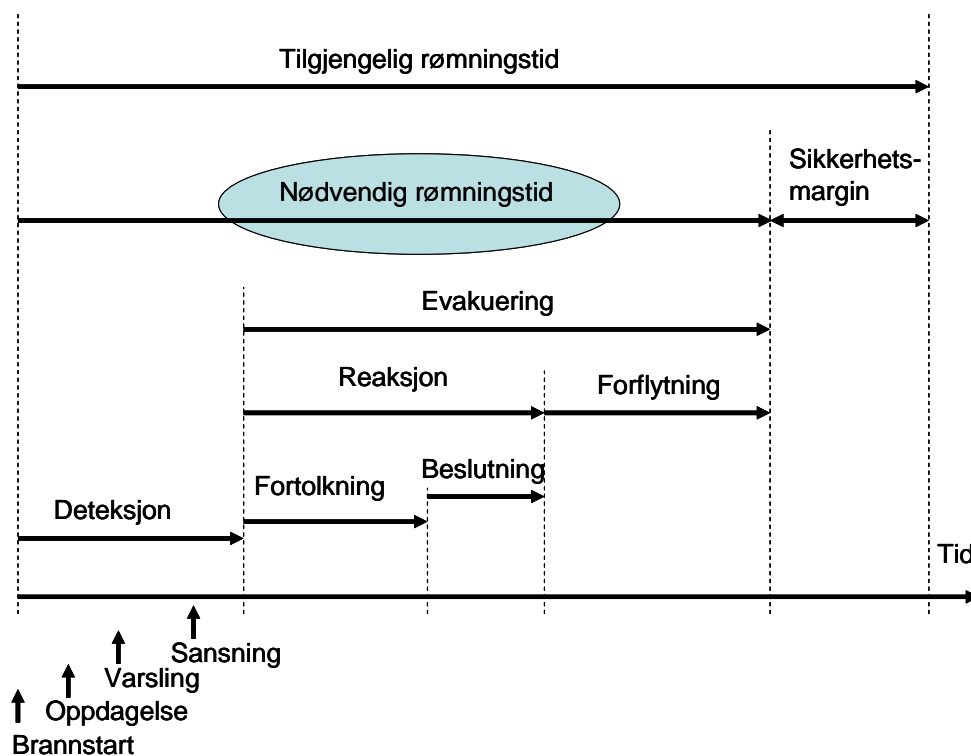
I store rom, slik som i et typisk kirkerom, vil tilgjengelig rømningstid være avhengig av røykproduksjonen, som igjen er avhengig av materialene som brenner og varmeutviklingen. Varm røyk fra brannen vil stige opp, og spre seg i rommet etter hvert som den avkjøles og blander seg med luft. Hvor brannen er plassert i forhold til rømningsveiene vil selvsagt også være svært viktig for den tilgjengelige rømningstiden.

### 2.2.3 Sikkerhetsmargin

Sikkerhetsmarginen er differansen mellom tilgjengelig rømningstid og nødvendig rømningstid, og i byggeforskriften (TEK) er det et krav at sikkerhetsmarginen skal være tilfredsstillende (Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk). Tilgjengelig rømningstid bør være vesentlig

lengre enn nødvendig rømningstid på grunn av usikkerheten forbundet med bestemmelsen av disse tidene. Sikkerhetsmarginen skal alltid være positiv, selv om minst ett tiltak eller forutsetning som øker tilgjengelig rømningstid feiler (Byggforsk 2006 B).

Figur 2-1 viser de forskjellige fasene ved rømning i en brann i et tidsdiagram.



**Figur 2-1** De forskjellige fasene ved rømning i en brann (etter Byggforsk, 2006).

Flere faktorer og tiltak kan innvirke på nødvendig rømningstid. Noen eksempler på faktorer som *øker* rømningstiden er sosiale forhold (kunde, gjest, beboer,...), bevissthetstilstand (våken, sovende, beruset...), oppfattelsesevne til personer i bygget, organisasjonsstruktur og rømningsveienes planløsning og kompleksitet.

Tiltak som kan *redusere* den nødvendige rømningstiden, er automatisk deteksjon av brannen, og organisatoriske tiltak, for eksempel at trent personell assisterer og informerer personer under rømningen.

Både nødvendig og tilgjengelig rømningstid bør bestemmes så konservativt som mulig, slik at den nødvendige rømningstiden blir lengst mulig og den tilgjengelige rømningstiden blir kortest mulig, innenfor realistiske rammer.

### 2.3 Beregningsmetode for bestemmelse av forflytningstiden

I denne rømningsanalysen vil vi benytte en metode som går under betegnelsen "element-til-element-metoden". Denne metoden blir anvendt slik den står beskrevet i boka "Brannteknisk rømningsanalyse" (Hagen, 2007).

I ”element-til-element-metoden” blir forflytningstiden fra element til element i rømningsveien beregnet. Til slutt inkluderes tiden det tar å bevege folk ut gjennom det siste elementet i rømningsveien, for eksempel gjennom en utgangsdør. Følgende hovedelementer kan inngå i en slik beregning:

- Rømning i en etasje.
- Rømning mellom etasjer.
- Rømning ut gjennom utgangsdøren.

Om trapper fra galleri ender i samme rom som rømningsveien fra kirkerommet, vil det siste elementet kunne være at strømmene av personer fra kirkerommet og fra galleriet ut gjennom utgangsdøren i kirken møtes, såkalt *fletting* av personstrømmer. Forflytningstiden er avhengig av kirkens størrelse og utforming, og den vil derfor bli presentert under rømningsanalysen for den aktuelle kirken.

## 2.4 Faktorer og tiltak som øker eller reduserer rømningstiden

Grunnleggende forhold ved utforming eller bruk av et evakueringsobjekt (her: kirkegalleri) kan påvirke nødvendig rømningstid. I dette avsnittet er det beskrevet faktorer og tiltak som medfører at den nødvendige rømningstiden øker eller reduseres, og tiltak som medfører at tilgjengelig rømningstid øker.

### 2.4.1 Faktorer som øker nødvendig rømningstid

**Tabell 2.1** viser en oversikt over forskjellige påvirkende faktorer, aktuell tilstand for kirkene og bidraget i økt rømningstid slik det er beskrevet i hovedrapporten som dokumenter evakueringsmetoden ALLSAFE (Jensen, 1994). ALLSAFE er en metode som kan brukes for å ivareta rømningssikkerhet i bygninger systematisk, og skal være anvendbar på alle typer bygg, både enkle og kompliserte.

Det er i første rekke sosiale roller (tilskuere/besøkende uten kjennskap til rømningsveiene), bakgrunnsstøy (kirkeorgel og sang), gruppetilhørighet (sosiale bånd som eksisterer mellom personer i kirken, slik som mellom familiemedlemmer, kormedlemmer og konfirmanter) og i hvilken grad det finnes alternative rømningsveier, som påvirker hvor raskt personer begynner å rømme. Det fremgår at disse påvirkende faktorene kan medføre en vesentlig økning i nødvendig rømningstid. Det kan selvsagt diskuteres om størrelsen på dette tillegget i henhold til ALLSAFE er relevant for hvert analyserte tilfelle av rømning fra kirkegalleri.

**Tabell 2.1** Oversikt over påvirkende faktorer som øker nødvendig rømningstid generelt, og hvilke faktorer som vil påvirke rømningstider fra et kirkegalleri (fra ALLSAFE, Jensen, 1994).

Påvirkende faktor	Tilstand	Økning av rømnings-tiden [s]
Sosial rolle (kunder, tilskuer, gjester, beboere pasienter, yrkesutøvere, besøkende)	tilskuer, gjest	300
Språkforståelse (norsk, engelsk, andre språk)	norsk <sup>1</sup>	0
Bevissthetstilstand (våken, sovende, ruspåvirket)	våken	0
Oppfattelsesevne (normal, redusert, sterkt redusert)	normal	0
Bakgrunnsstøy (ingen, medium, betydelig)	a) ingen b) medium <sup>2</sup>	a) 0 b) 120
Bakgrunnslykt (ingen, ja)	ingen	0
Tekniske barrierer (tekniske systemer som må stenges eller aktiviteter som må avsluttes før rømning iverksettes)	ingen	0
Sosiale og økonomiske barrierer (aktiviteter som må avsluttes før rømning iverksettes fordi sosiale eller økonomiske konsekvenser av en evakuering er store)	ingen	0
Gruppetilhørighet (ingen, familie, andre)	a) ingen b) familie c) andre <sup>3</sup>	a) 0 b) 240 c) 120
Organisasjonsstruktur (rask, middels, sen – avhenger av om organisasjonen har en formell eller mer udefinert struktur)	rask	0
Visuell tilgjengelighet av rømningsveier	god	0
Plassering av rømningsveienes begynnelse	god	0
Daglig bruk av rømningsveien	god	0
Alternative rømningsveier (middels tilstandsverdi betyr at det finnes opptil 5 andre tilgjengelige rømningsveier)	a) ingen b) middels	a) 300 b) 150
Visuell bakgrunn (for eksempel skilting som kan virke forvirrende i forhold til rømningsveier og rømningsretning)	optimal	0
Førlighet	kan gå uten assistanse	0
Rømningsveiens planløsning	a) god b) dårlig	a) 0 b) 450
Rømningsveiens kompleksitet (avhenger av antall retningsforandringer og beslutningspunkter i rømningsveiene)	a) god b) middels	a) 0 b) 120
<b>Sum av påvirkende faktorer som medfører økning av rømningstiden (sek.):</b>		<b>570-1530</b>

<sup>1</sup> Dersom det er et større antall fremmedspråklige i kirken, er det sannsynlig at noen med ansvar i kirken (prest, korleder,...) snakker samme språk.

<sup>2</sup> > 50 dB, men < 85 dB, kirkeorgel, korsang, sang som kan interferere med alarm/taleinformasjon.

<sup>3</sup> ”Andre” omfatter personer som knyttet til sosial grupper, slik som konfirmanter og sangkor. Disse har ikke så sterke bånd som en familie.

## 2.4.2 Tiltak som fører til reduksjon av nødvendig evakueringstid

Tabell 2.2 viser tiltak som i henhold til ALLSAFE-metoden fører til reduksjon av nødvendig evakueringstid. De enkelte tiltakene er angitt med aktuell tilstand i kirkebygninger og reduksjonen i nødvendig rømningstid (i %).

**Tabell 2.2** Oversikt over tiltak som medfører reduksjon i nødvendig evakueringstid (fra ALLSAFE, Jensen, 1994).

Tiltak	Tilstand	Reduksjon [%]
Deteksjon av brann	Automatisk deteksjon av varme eller røyk	1-3,5 <sup>1</sup>
Informasjon om brannen	Enkelt alarmsignal uavhengig av brannsituasjon a) Alarmklokke b) Personell gir beskjed (via mikrofon) om rømningsveiene og hvordan rømning kal utføres.	a) 10 b) 50
Forberedende informasjon	a) Ingen b) Muntlig informasjon om rømning i start av arrangement	a) 0 b) 4
Informasjon i rømnings-situasjonen	a) Ingen b) Personell som informerer og veileder i direkte kommunikasjon med personene som rømmer	a) 0 b) 25
To-veis kommunikasjon i evakueringssituasjonen	a) Ingen b) Bruk av mobiltelefon eller walkie talkie til intern kommunikasjon mellom flere steder i kirken	a) 0 b) 10
Merking av rømningsveiene	a) Ingen b) Lysmarkering	a) 0 b) 5
Evakueringsplan	a) Ingen b) Utarbeidet plan <sup>2</sup> , og utpekt inntil fire nøkkelpersoner	a) 0 b) 50
Opplæring og trening	a) Ingen b) Opplæring og trening av personene som rømmer	a) 0 b) 25-70
Bemanning	a) Ingen b) Evakueringsplan og brannansvarlig	a) 0 b) 40-50

<sup>1</sup> Prosentvis reduksjon avhenger av type, følsomhet og plassering av detektor

<sup>2</sup> Det er utarbeidet en evakueringsplan som minimum inneholder følgende elementer:

- En evakueringsfilosofi basert på tidlig og riktig informasjon til de som skal evakuere.
- En beskrivelse av hvordan menneskene i bygningen skal informeres før og under evakuering.
- En beskrivelse av hvordan menneskene i bygningen skal fordeles til de tilgjengelige rømningsveiene.
- En beskrivelse av de forskjellige arbeidsoppgavene som inngår i evakueringsplanen og hvem som har ansvaret for dem.
- En beskrivelse av kommandolinjer og organisasjon av nøkkelpersonell.

Av tabellen ser vi at organisatoriske tiltak som informasjon, planlegging og opplæring kan ha stor innvirkning på hvor lang tid som er nødvendig for å rømme en kirke i tilfelle brann.

Effekten av tiltakene i Tabell 2.2 på nødvendig rømningstid beregnes slik:

$$T_{\text{nødv,x,redusert}} = T_{\text{nødv,x}} \cdot \text{Reduksjon}_1 \cdot \text{Reduksjon}_2 \cdot \text{Reduksjon}_3 \cdot \dots \cdot \text{Reduksjon}_n$$

Der

$T_{\text{nødv,x}} =$	beregnet nødvendig rømningstid for påvirkende faktor x uten noen reduksjon for effekt av rømningstiltak
$T_{\text{nødv,x,redusert}} =$	beregnet nødvendig rømningstid for påvirkende faktor x med reduksjon for effekt av rømningstiltak
$\text{Reduksjon}_1 \dots \text{Reduksjon}_n =$	reduksjon i % for rømningstiltak 1...n

Den totale nødvendige rømningstiden med reduksjoner på grunn av påvirkende faktorer,  $T_{\text{nødv,redusert}}$ , beregnes ved

$$T_{\text{nødv,redusert}} = \sum_1^N T_{\text{nødv,x,redusert}}$$

Der N angir påvirkende faktor 1 til N

## 2.5 Tilgjengelig rømningstid

### 2.5.1 Aktuelle brannscenarier

Følgende brannscenarier er aktuelle for kirkene:

- hurtig voksende brann
  - o i kirkerommet (for eksempel brannstart i juletre, brann i orgel)
  - o i naborom (for eksempel påsatt brann i våpenhuset)
- brann med langsom utvikling
  - o i kirkerommet (for eksempel brannstart i elektrisk materiell)
  - o i naborom (for eksempel brannstart i elektrisk materiell våpenhuset eller sakristi)

For bestemmelse av tilgjengelig rømningstid, bør man være konservativ og ta utgangspunkt i det brannscenariet som medfører at tilgjengelig rømningstid blir minst mulig. Dette betyr at en bør velge en flammebrann med rask utvikling. Dette kan for eksempel være en påsatt brann som blokkerer alle rømningsveiene fra galleriet. Det kan også være en brann med hurtig spredning, og som raskt utvikler mye røyk og varme.

#### **Brann i juletre**

National Institute of Standards and Technology (NIST) i USA testet 8 ulike juletrær av furu (Stroup et.al., 1999). Alle trærne ble testet uten juletrepynt. 7 av trærne ble tørket i 3 uker, og ble lett antent av en fyrstikk. Disse avga en maksimal varmeeffekt på fra 1,6 MW til 5,2 MW. Et tørt juletre utgjør dermed en betydelig brannrisiko. Det 8. treet var nyhogget, og lot seg ikke antenne med en fyrstikk. Efectis Nederland har utgitt en rapport med resultater fra testing av juletrær, beregninger av brannutvikling og retningslinjer for plassering av juletrær i offentlige rom (Naus og van Mierlo 2006).

### Brann i våpenhus

En påsatt brann i våpenhuset kan raskt blokkere rømningsveier i en kirke. Dersom trapp fra galleri ender i våpenhuset, er dette scenariet svært kritisk, fordi trapperommet vil bli fylt av røyk tidlig i brannforløpet, og brannspredningen i trapperommet kan være svært rask.

#### 2.5.2 Estimat for tilgjengelig rømningstid i kirkene

Tilgjengelig rømningstid er tiden fra brannstart til overskridelse av tålegrenser med hensyn til sikt, varmpåvirkning og eksponering for giftige gasser. Som vi allerede har vært inne på, avhenger denne tiden av mange faktorer. Bestemmelse av tilgjengelig rømningstid med relativt god nøyaktighet for de forhold som man antar er mest sannsynlige med hensyn til brannstartscenario, brannutvikling, ventilasjon (åpne/lukkede dører) etc., krever relativt avansert beregningsverktøy. Kostnadene for slike beregninger er relativt høye, uten at utbyttet nødvendigvis står i forhold til utgiftene.

I analysen vil vi benytte oss av datasimulering ved hjelp av programmet CFAST 6.0, som er en enkel tosonemodell som vil gi et grovt, men tilstrekkelig bilde av brann- og røykspredning i kirkerommet. Selv i de mest avanserte brannberegninger må det gjøres mange forenklinger. Det er viktig at forenklingene ikke har for stor innflytelse på beregningsresultatene. De viktigste forenklingene i beregningene med CFAST 6.0 er:

1. Kirkens geometri forenkles til å utgjøre et enkelt stort rom med dimensjoner bredde  $x$  lengde  $x$  høyde, slik at romvolumet blir omtrent det samme som for det virkelige rommet.
2. Man antar at dørene i rømningsveiene er åpne. Dette gjelder ikke bare under rømning, men fra starten av brannen. Denne forenklingen vil ikke medføre store feil, fordi ventilasjonen til brannen sannsynligvis vil være tilstrekkelig i startfasen.
3. Veggene består av gipsplater og kryssfiner med 20 cm tykkelse.
4. Røyksjiktet i rommet legger seg i en viss høyde over gulvnivå i kirken, og røykgassene har uniforme egenskaper med hensyn til temperatur og røykgasskonsentrasjoner.
5. Varmeavgivelsen  $Q$  (i kW) antas å være proporsjonal med kvadratet av tiden  $t$  [s] fra brannstart. Følgende to proporsjonalitetskonstanter benyttes i uttrykket  $Q = \alpha \cdot t^2$  [kW].
  - a) langsom brannvekst:  $\alpha = 0,002931 \text{ kW/s}^2$
  - b) hurtig brannvekst:  $\alpha = 0,04689 \text{ kW/s}^2$

### 2.5.3 Tiltak som øker tilgjengelig rømningstid

Tiltak som i henhold til ALLSAFE-metoden kan medvirke til å øke den tilgjengelige evakueringstiden er vist i Tabell 2.3

**Tabell 2.3** Tiltak som kan øke den tilgjengelige evakueringstiden i en kirke (tallene i parentes angir variasjonen i mulig økning (i %) hvis slike tiltak blir implementert) (fra ALLSAFE, Jensen, 1994) .

Tiltak	Tilstand	Økning (i %)
Personlig beskyttelse	a) Ingen b) Ulike kombinasjoner av vernebriller, åndedrettsvern, røykdykkerutstyr	a) 0 b) 5-80
Røykkontroll	a) Ingen b) Røykluke, røykcelledeling	a) 0 b) 20
Sprinkleranlegg	a) Ingen sprinkling b) Sprinkling av startbrannrom	a) 0 b) 80
Detektortilkalt slokkepersonell	Automatisk deteksjon av varme eller røyk	30-60 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Økning avhenger av type, følsomhet og plassering av detektor



### 3 Rømningsanalyse av Malvik kirke

#### 3.1 Opplysninger om kirken

##### 3.1.1 Generell beskrivelse av kirken

Malvik kirke er en korskirke i tre, bygget i 1846. Den har 700 sitteplasser, hvorav ca 110 sitteplasser på galleri. Rømning fra galleriet skjer via to relativt trange og bratte trapper som munner ut på hver side av utgangdøren i våpenhuset. Figur 3-1 viser bilder av kirken. Rømning fra galleriet i denne kirken kan være en utfordring, på grunn av det høye antallet sitteplasser, den relativt trange fluktveien på galleriet, og de to bratte og trange trappene ned til våpenhuset. Figur 3-2, Figur 3-3, Figur 3-4 og Figur 3-5 viser målsatte tegninger av kirken. Målene er omtrentlige, og er basert på opplysninger fra kirkevergen og registreringer ved vår egen befarings i kirken.



a)



b)

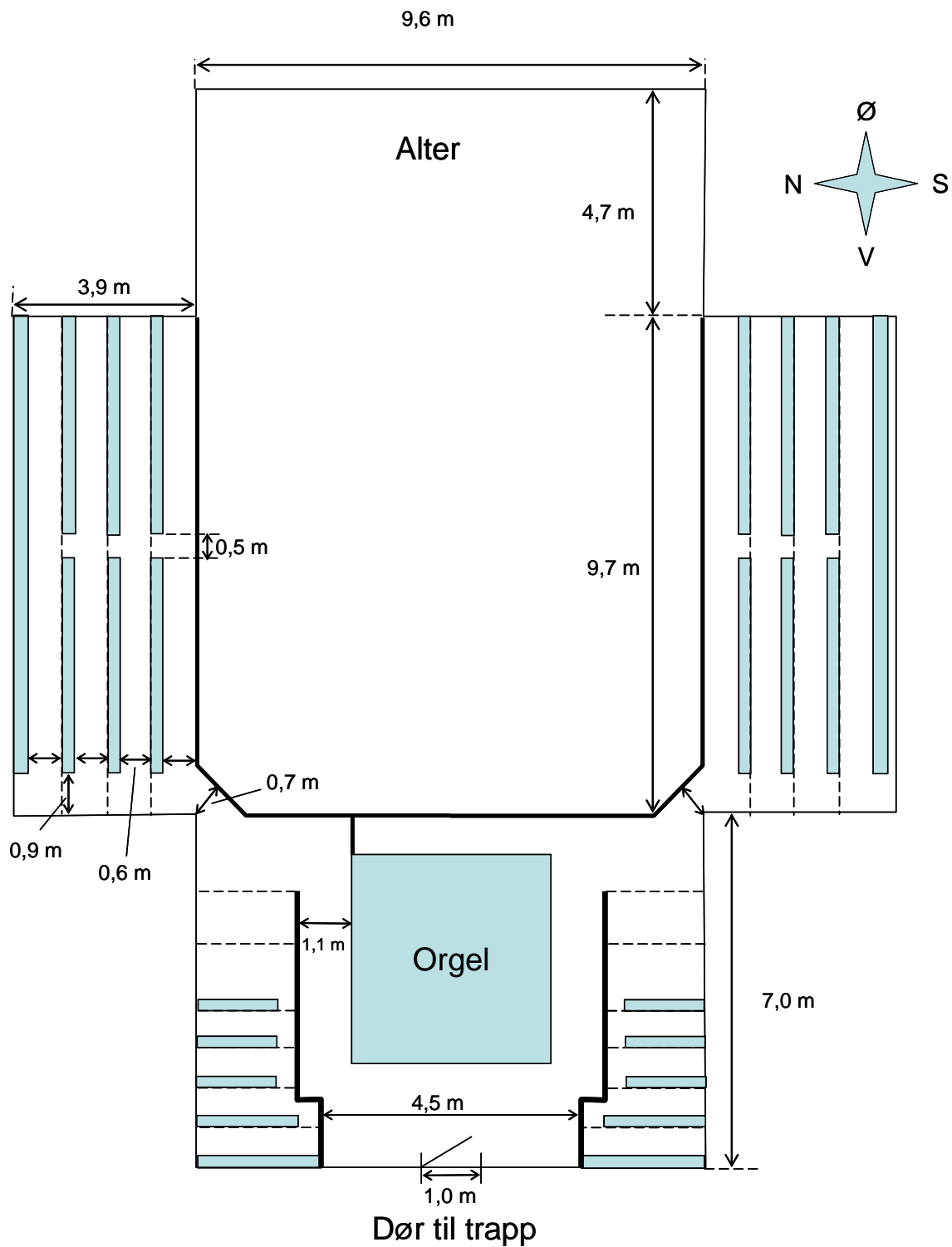


c)

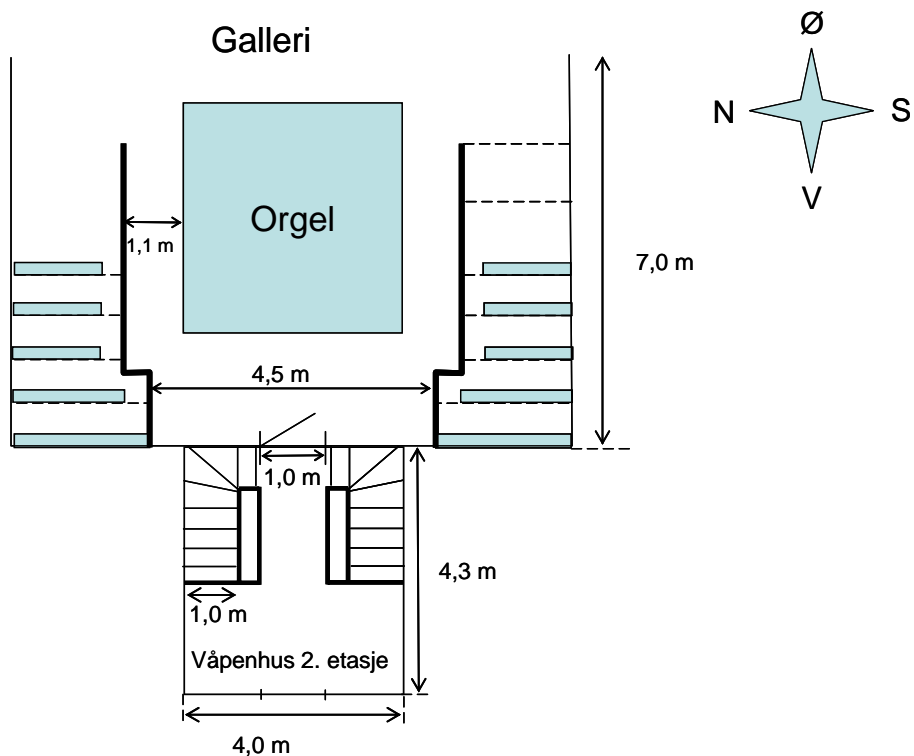


d)

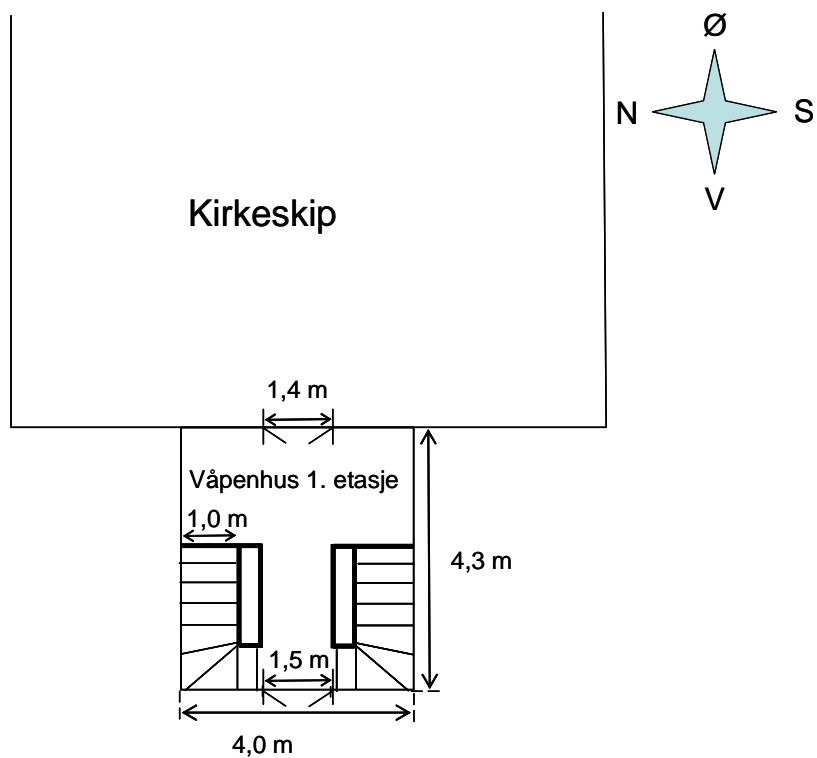
**Figur 3-1** a) Malvik kirke, b) kirkerommet sett fra prekestolen, c) sitteplasser på galleri på hver side av kirkerommet og d) sitteplasser på galleri på hver side av orgelet. Kirken er symmetrisk om lengdeaksen.



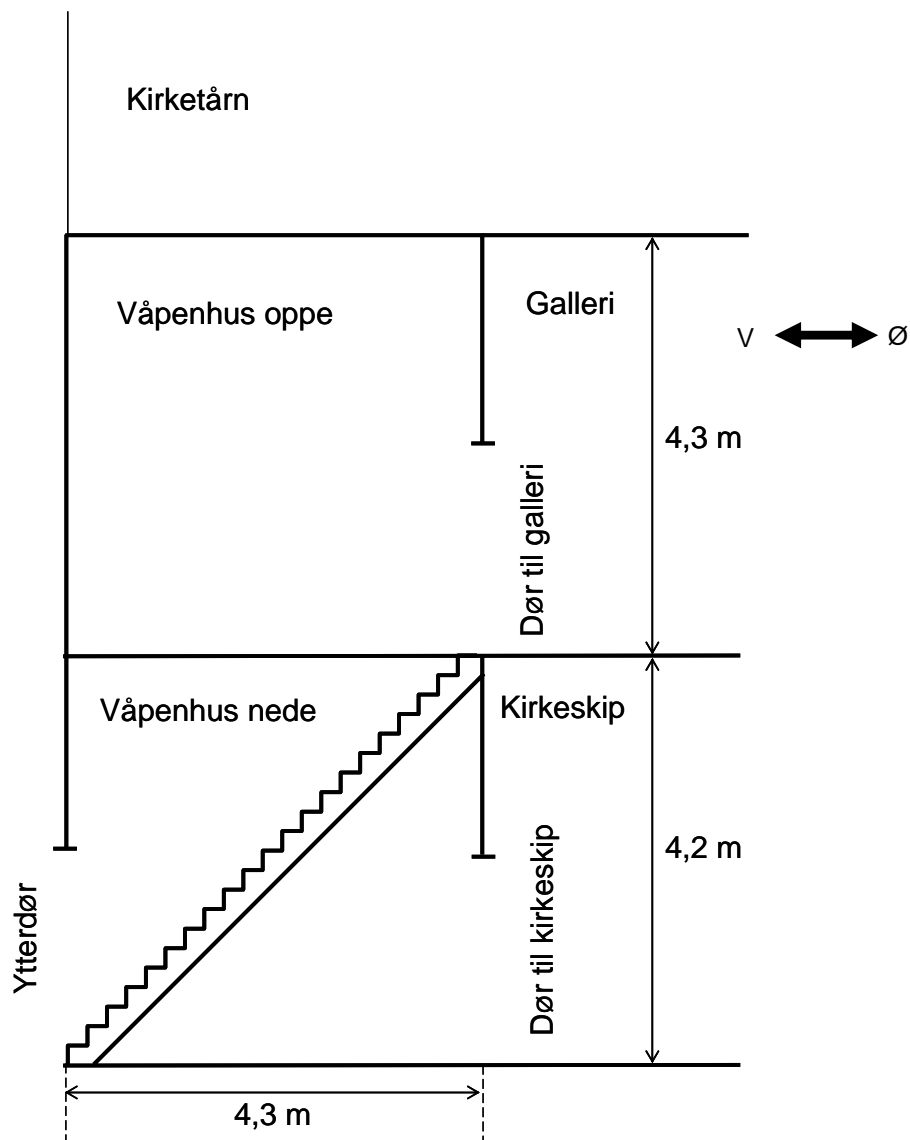
Figur 3-2 Skisse av galleriet og kirkerommet i Malvik kirke.



**Figur 3-3** Skisse av vestre del av galleriet og 2. etasje i våpenhuset i Malvik kirke.



**Figur 3-4** Skisse av vestre del av kirkeskipet og 1. etasje i våpenhuset i Malvik kirke.



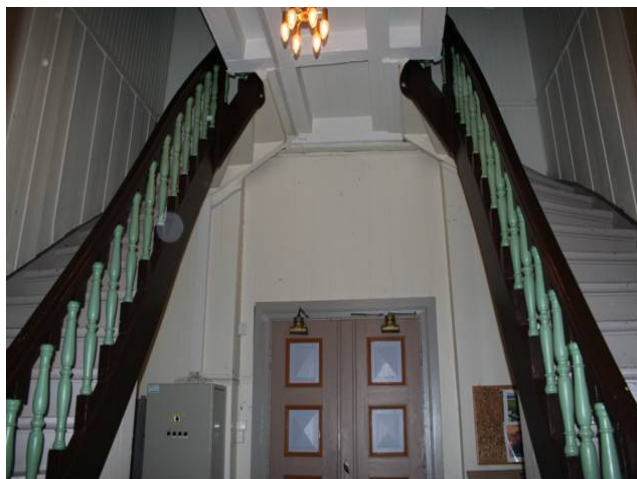
**Figur 3-5** Vertikalt snitt gjennom våpenhuset og vestre del av kirkeskipet i Malvik kirke.

### 3.1.2 Beskrivelse av flukt- og rømningsveiene

Figur 3-6 viser bilder av flukt- og rømningsveiene i kirken, mens Figur 3-2, Figur 3-3, Figur 3-4 og Figur 3-5 viser målsatte tegninger av kirken. Som allerede nevnt er flukt- og rømningsveiene nokså trange på galleriet og ned fra galleriet i denne kirken. Rømning fra galleriet skjer fra sitteplassene (se Figur 3-1 c) og d) langs to trange korridorer (se Figur 3-6 d)) på hver side av orgelet, hvor de møtes bak orgelet, foran en dør som åpnes innover. Det er ingen alternative rømningsveier fra galleriet. Trappene har rekkverk med håndlist på en side.



a)



b)



c)



d)

**Figur 3-6** Bilder av fluktveien på galleri og rømningsveien i trappen ned til våpenhuset  
 a)Utgangsdøren mot vest. b)Trappene fra 2. etasje i våpenhuset, og døren til kirkeskipet. c) Døren fra galleriet ut til 2. etasje i våpenhuset. d) Passasje mellom orgelet (til høyre) og benkerader (til venstre) i fluktveien på galleriet. Bredden på passasjen er 1,1 m , lengden er omlag 4 m.

### 3.1.3 Beskrivelse av alarmsystemer og brannvernorganisasjon

Malvik kirke har aspirasjonsdetektor<sup>1</sup> for røykdeteksjon. Det er fire sensorer i kirken; en på galleri, en ved alteret ved koret (på et relativt lavt nivå) og to i taket kirkerommet (Malvik, 2008). Dette systemet aktiverer et enkelt alarmsignal i form av alarmklokker plassert på flere steder i kirkerommet.

Malvik kirke har etablert en brannvernorganisasjon med kirketjeneren som brannvernleder. Ved større kirkearrangement skal det i tillegg være tre nøkkelpersoner som har ansvaret for at rømning skal skje mest mulig trygt og effektivt i tilfelle brann. Ved vanlige gudstjenester er det kirketjeneren som er nøkkelpersonen. Presten vil alltid ha en viktig rolle. Under gudstjenesten eller andre arrangementer har presten ansvaret for å informere forsamlingen om rømningsveiene i kirken, og å assistere ved rømning.

Rømningsveiene i kirken er ikke tydelig merket, verken med skilt eller lys. Kirken har ikke sprinkleranlegg eller noen annen form for fast slokkeanlegg installert, men det er plassert 3 håndslukkere på forskjellige steder i kirken (hvorav en på galleri og en i første etasje i våpenhuset).

Juletreet plasseres i nærheten av alteret, og det står fritt og relativt langt fra andre brennbare materialer.

## 3.2 Estimat for varslingstiden, vurderings- og beslutningstid

### 3.2.1 Estimat for deteksjons- og verifikasjonstiden

Ettersom det her er snakk om automatisk røykdeteksjon med en aspirasjonsdetektor, er det ikke lagt inn noen tidsforsinkelse for at personalet i kirken vil sjekke om det virkelig brenner. Deteksjonstiden er den tiden det tar for at røyktettheten i punktet i rommet hvor aspirasjonsdetektoren suger inn røyk med tetthet lik detektorens følsomhet, pluss transporttiden av gassen i rørsystemet til selve detektoren pluss detektorens reaksjonstid. Denne tilleggstiden (transporttid og detektorens reaksjonstid), kan ifølge produsenten av deteksjonssystemet settes til ca 60 sekunder.

Tiden til røyken når punktet der den suges inn i detektoren vil være avhengig av brannscenariet. I brannberegninger blir ofte aktivering av røykdetektorer basert på temperaturen. Notarianni (1993) har studert aktiveringen av røykdetektorer i store rom, og det ble funnet at ca 5 °C temperaturøkning i røyksjiktet i rommet tilsvarte aktivering av vanlige ionedetektorer. Dette gjaldt for et stort antall brannkilder og takhøyder i brannrommet. Ettersom aspirasjonsdetektoren benyttet i kirkene har en høyere følsomhet enn vanlige ionedetektorer, vil vi sette kriteriet for deteksjon til 3 °C temperaturstigning, det vil si når temperaturen i øvre røykgassjikt er 25 °C.

---

<sup>1</sup> En aspirasjonsdetektor består av et rørsystem knyttet til en deteksjonsenhet. Dette rørsystemet blir fordelt i det området som skal beskyttes. En pumpe suger luft fra det beskyttede området gjennom rørsystemet til deteksjonsenheten. Aspirasjonsdetektoren reagerer når konsentrasjonen av en røyk kommer over en viss forutbestemt verdi.

Aspirasjonsdetektorer baserer seg på vanlig optiske eller ioniske deteksjonsprinsipper, eller en kombinasjon av disse. For å bedre slike detektorer, kan en anvende detektorer med økt følsomhet. Slike er egnet for tidligdeteksjon av branntilløp i elektriske anlegg, som ofte starter som ulmebrann. Det er viktig å være oppmerksom på forhold som kan gi falske alarmer, og ta hensyn til dette under installasjonen av detektorene.

Fra brannberegningene i avsnitt 3.5.2 fremgår det at dette temperaturkriteriet blir oppnådd etter 120 s for en langsom brannutvikling, mens det skjer før 60 s er passert ved rask brannutvikling. Deteksjonstiden blir dermed denne tiden pluss 1 minutt i tilleggstid for transport og reaksjon, det vil si henholdsvis 180 s for langsom brannutvikling og 120 s for rask brannutvikling.

Denne deteksjonstiden vil være relevant dersom brannen oppstår i områder der det ikke er personer som kan oppdage den. Ved rask brann i kirkerommet, vil brannen bli oppdaget tidlig, og deteksjonstid kan settes til 30 s. Ved langsom brannutvikling kan det være rimelig å anta at deteksjonstiden for mennesker og for røykdetektorene i rommet er omtrent den samme, det vil si 180 s.

### **3.2.2 Estimat for vurderings- og beslutningstiden**

Tiden det tar før evakuering starter avhenger av type bygning, om menneskene som oppholder seg der er kjent i bygningen, og hvilke tiltak som finnes for varsling av brann og evakuering (Proulx, 2002). For en kirke kan denne tiden estimeres med

- mindre enn 2 minutter dersom personer blir direkte varslet om brannen av personalet (prest, kirketjener..)
- 3 minutter i store rom hvor mange kan se brannen eller røyken, og personalet er trent
- mer enn 6 minutter dersom det kun varsles med brannalarmsignal, og personalet er utrent.

I denne analysen vil vi bruke 2 minutter for vurderings- og beslutningstiden ved brannstart i kirkerommet.

### 3.3 Beregning av forflytningstiden

Forflytningstiden er beregnet ved bruk av ”element-til-element-metoden”, se avsnitt 2.3. I dette tilfellet er det siste elementet fletting av personstrømmen fra kirkerommet og personstrømmene som kommer ned de to trappene fra galleriet, og som så skal ut gjennom utgangsdøren. Tabell 3.1 viser de viktigste beregningsresultatene.

Ved maksimal forflytningstid, det vil si med så lav persontetthet at man ikke påvirker hverandres bevegelser, vil det ta ca 20 s å forflytte seg fra kirkerommet til utgangsdøren i våpenhuset, og fra galleri til utgangsdøren i våpenhuset.

Når det er så mange personer til stede at de påvirker hverandres muligheter til forflytning, vil det ta i overkant av 1 minutt å forflytte seg fra kirkerommet til utgangsdøren i våpenhuset, og fra galleri til utgangsdøren i våpenhuset. Dersom det er bevegelseshemmete personer til stede, kan forflytningen ta lenger tid.

Det er den siste forflytningen gjennom utgangsdøren som tar lengst tid, og som er det begrensende elementet for rømningen. Denne forflytningstiden blir lengre jo flere personer som skal ut gjennom døråpningen. Det er gjort beregninger med forskjellige antall personer på galleri og i kirkerom som skal rømme ut den samme utgangsdøren, se Tabell 3.1.

**Tabell 3.1** Beregnet forflytningstid i Malvik kirke.

Antall personer på galleri	Antall personer fra kirkerom	Antall personer totalt	Forflytningstid gjennom utgangsdør	Total forflytningstid
100	600	700	364 s	428 s
100	200	300	156 s	220 s
50	200	250	130 s	194 s
30	200	230	120 s	184 s
0	200	200	104 s	168 s
100	0	100	52 s	112 s

Tabellen over viser at med fullsatt kirke; 100 personer på galleri og 600 personer i kirkerommet, vil den totale forflytningstiden være mer enn 7 minutter dersom alle fra kirkerommet må rømme gjennom våpenhuset. Dersom de 100 personene på galleri kan rømme uten å treffe på personer fra kirkerommet, vil forflytningstiden være i underkant av 2 minutter. Disse tidene forutsetter personer med normal førlighet, og at rømningen går glatt uten hindringer. Slike hindringer kan for eksempel være at noen faller i trappen, eller at noen snur og går mot rømningsretningen.



### 3.4 Påvirkende faktorer som øker nødvendig rømningstid

**Tabell 2.1** viser en oversikt over forskjellige påvirkende faktorer, aktuell tilstand for kirkene og bidraget i økt rømningstid. For evakuering av galleriet i Malvik kirke har vi vurdert faktorene og verdiene i Tabell 3.2 til å være relevante.

**Tabell 3.2** Oversikt over påvirkende faktorer som øker nødvendig rømningstid generelt, og hvilke faktorer som vil øke nødvendig rømningstid fra galleriet i Malvik kirke.

Påvirkende faktor	Tilstand	Økning av rømningstiden [s]
Sosial rolle (kunder, tilskuer, gjester, beboere pasienter, yrkesutøvere, besøkende)	tilskuer, gjest	150 <sup>1</sup>
Språkforståelse (norsk, engelsk, andre språk)	norsk	0
Bevissthetstilstand (våken, sovende, ruspåvirket)	våken	0
Oppfattelsesevne (normal, redusert, sterkt redusert)	normal	0
Bakgrunnsstøy (ingen, medium, betydelig)	ingen	0
Bakgrunnslykt (ingen, ja)	ingen	0
Tekniske barrierer (tekniske systemer som må stenges eller aktiviteter som må avsluttes før rømning iverksettes)	ingen	0
Sosiale og økonomiske barrierer (aktiviteter som må avsluttes før rømning iverksettes fordi sosiale eller økonomiske konsekvenser av en evakuering er store)	ingen	0
Gruppetilhørighet (ingen, familie, andre)	familie/andre	180 <sup>2</sup>
Organisasjonsstruktur (rask, middels, sen – avhenger av om organisasjonen har en formell eller mer udefinert struktur)	rask	0
Visuell tilgjengelighet av rømningstider	god	0
Plassering av rømningstidens begynnelse	god	0
Daglig bruk av rømningstid	god	0
Alternative rømningstider (middels tilstandsverdi betyr at det finnes opptil 5 andre tilgjengelige rømningstider)	ingen <sup>3</sup>	300
Visuell bakgrunn (for eksempel skilting som kan virke forvirrende i forhold til rømningstider og rømningstid)	optimal	0
Førlighet	kan gå uten assistanse <sup>4</sup>	0
Rømningstidens planløsning	god	0
Rømningstidens kompleksitet (avhenger av antall retningsskiftninger og beslutningspunkter i rømningstidene)	god	0
<b>Sum av påvirkende faktorer som medfører økning av rømningstiden i Malvik kirke [s]</b>		<b>630</b>

Nødvendig tid for rømning fra galleriet i Malvik kirke uten spesifikke rømningstiltak er estimert forflytningstid + 630 s.

<sup>1</sup> Velger å bruke halvparten av tillegget foreslått i ALLSAFE, på grunn av at kirken er en relativt liten og oversiktlig bygning

<sup>2</sup> Velger et snitt mellom verdien for familie og verdien for kategorien "andre".

<sup>3</sup> Det er kun en rømningstid fra galleri i Malvik kirke.

<sup>4</sup> Forutsetter at kun personer med normalt god førlighet får oppholde seg på galleri.

### 3.4.1 Tiltak som fører til reduksjon av nødvendig rømningstid

Tabell 3.3 viser tiltak som i følge ALLSAFE-metoden fører til reduksjon av nødvendig evakueringstid. Her fremgår det at det er deteksjon (aspirasjonsdetektor med følsomhet<sup>1</sup> 2 %/m), informasjon om brannen og informasjon i evakueringssituasjonen som reduserer nødvendig evakueringstid i Malvik kirke.

**Tabell 3.3** Oversikt over tiltak som medfører reduksjon i nødvendig rømningstid fra galleriet i Malvik kirke.

Tiltak	Tilstand	Reduksjon [%]
Deteksjon av brann	Automatisk deteksjon av varme eller røyk	3,5
Informasjon om brannen	Enkelt alarmsignal uavhengig av brannsituasjon Personell gir beskjed (via mikrofon) om rømningsveiene og hvordan rømning skal utføres.	50
Forberedende informasjon	Muntlig informasjon om rømning i start av arrangement	4
Informasjon i rømnings-situasjonen	Personell som informerer og veileder i direkte kommunikasjon med personene som rømmer	25
To-veis kommunikasjon i evakueringssituasjonen	Ingen	0
Merking av rømningsveiene	Ingen	0
Evakueringsplan	Ingen	0
Opplæring og trening	Ingen	0
Bemanning	Ingen	0

Ingen av faktorene i Tabell 3.3 vil redusere nødvendig forflytningstid. Ved beregning i henhold til Allsafe-metoden, blir nødvendig rømningstid redusert fra (forflytningstid + 630 s) til (forflytningstid + 430 s).

## 3.5 Tilgjengelig rømningstid

### 3.5.1 Aktuelle brannscenarier

Følgende brannscenarier er aktuelle for kirkene:

- hurtig voksende brann
  - o i kirkerommet (for eksempel brannstart i juletre, brann i orgel)
  - o i naborom (for eksempel påsatt brann i våpenhuset)
- brann med langsom utvikling
  - o i kirkerommet (for eksempel brannstart i elektrisk materiell)
  - o i naborom (for eksempel brannstart i elektrisk materiell våpenhuset eller sakristi)

<sup>1</sup> I følge produsenten.

### **Brann i våpenhuset**

En påsatt brann i våpenhuset kan raskt blokkere de to trappene fra galleriet i Malvik kirke. Det er ikke plassert noe "sugepunkt" eller sonde for aspirasjonsdetektoren i våpenhuset, dermed kan det ta relativt lang tid før en brann blir oppdaget. Ettersom beregningene i neste avsnitt viser at tilstandene i kirken temmelig raskt blir kritiske med hensyn på rømning, vil trolig dette brannscenariet medføre en for liten eller til og med negativ sikkerhetsmargin. Trappene til galleriet vil bli fylt av røyk temmelig tidlig i brannforløpet.

Brannstart i våpenhuset er uakseptabelt. Dersom det etableres regler om at det alltid skal være vakt i våpenhuset når det er behov for å benytte galleriet, vil sannsynligheten for kritisk brannstart her være svært liten.

### **3.5.2 Estimat for tilgjengelig rømningstid i kirken**

Tilgjengelig rømningstid er beregnet ved hjelp av CFAST 6.0, som er nærmere beskrevet i avsnitt 2.5.2.

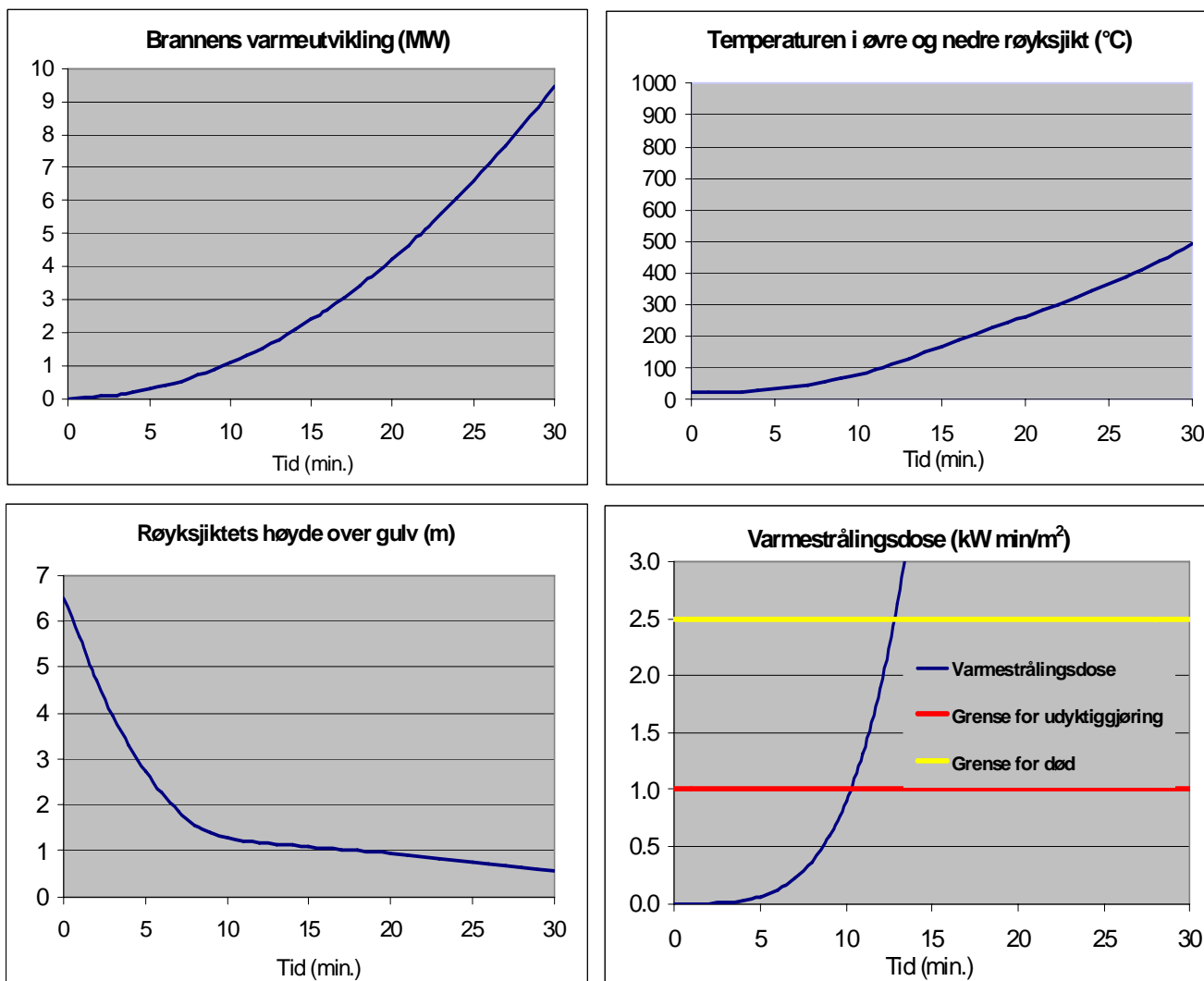
#### **Beregningsresultater**

Figur 3-7 og 3-8 viser brannens varmeutvikling (i MW), gjennomsnittstemperaturen til øvre røyksjikt, røyksjiktets høyde over gulvet i kirken og varmestrålingsdosen som personer i kirken mottar, for henholdsvis langsom og rask brannutvikling. Beregningene viser at varmestrålingen fra røyksjiktet er vesentlig mer kritisk for personer i kirken enn røykgassenes giftighet. Dette skyldes, som det fremgår av figurene, at det tar noen minutter før røyksjiktet når ned til hodehøyde på galleri og i kirkerom, slik at personer blir direkte eksponert for røyken.

### Beregnet tilgjengelig evakueringstid

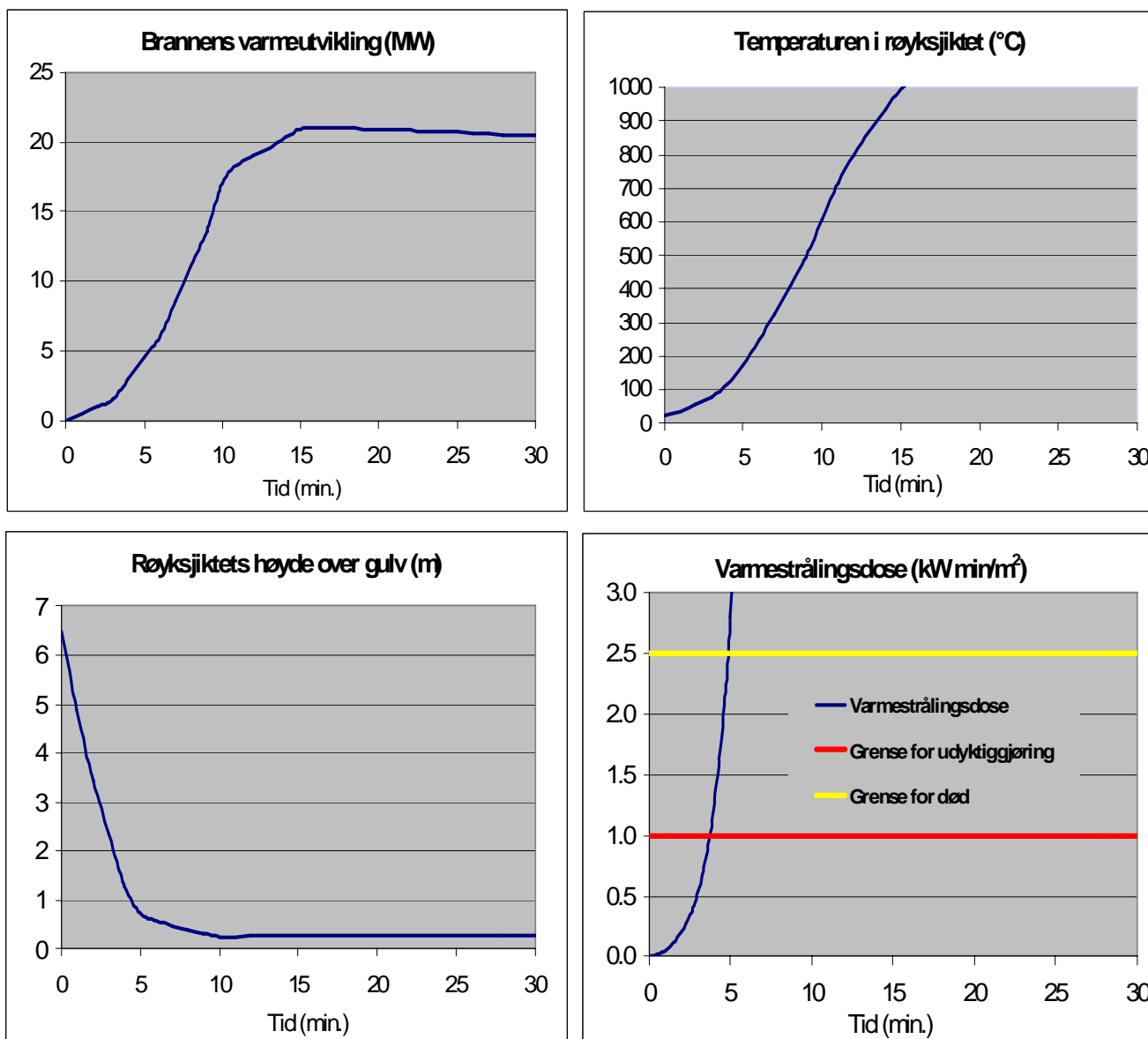
Av Figur 3-7 og Figur 3-8 ser vi at tiden til udyktiggjøring på grunn av varmestrålingsdose er ca 10 minutter for langsom brannutvikling og ca 4 minutter for rask brannutvikling. Dødelig dose varmestråling oppnås etter 11-12 minutter for langsom brannutvikling, og etter 5 minutter ved rask brannutvikling.

### Langsom brannutvikling



**Figur 3-7:** Forholdene ved en simulert brann med langsom utvikling i kirkerommet i Malvik kirke. Grafene viser varmeavgivelsen i brannen (øverst til venstre), gjennomsnittstemperaturen i røyksjikt i kirken (øverst til høyre), røyksjiktets høyde over gulvet (nederst til venstre), og varmestrålingsdosen (varmestrålingen x tid), med angivelse av grense for udyktiggjøring og død for personer (nederst til høyre) som funksjon av tiden etter brannstart (beregnet ved hjelp av CFAST 6.0).

## Rask brannutvikling



**Figur 3-8:** Forholdene ved en simulert brann med rask utvikling i kirkerommet i Malvik kirke. Grafene viser varmeavgivelsen i brannen (øverst til venstre), gjennomsnittstemperaturen i røysjikt i kirken (øverst til høyre), røysjiktets høyde over gulvet (nederst til venstre), og varmemstrålingsdosen (varmemstrålingen x tid), med angivelse av grense for udyktiggjøring og død for personer (nederst til høyre) som funksjon av tiden etter brannstart (beregnet ved hjelp av CFAST 6.0).

### 3.5.3 Tiltak som øker tilgjengelig rømningstid

Faktorer som kan medvirke til å øke den tilgjengelige evakueringstiden er vist i Tabell 2.3. I Tabell 3.4 er faktorene som vil være relevante for Malvik kirke presentert. Malvik kirke har verken personlig beskyttelsesutstyr for besøkende, systemer for røykkontroll, sprinkleranlegg eller andre faste slokkesystemer installert. Det fremgår av tabellen at detektortilkalt slokkepersonell vil øke tilgjengelig rømningstid med 60 %.

**Tabell 3.4** Faktorer som kan øke den tilgjengelige evakueringstiden i Malvik kirke.

Tiltak	Tilstand	Økning (i %)
Personlig beskyttelse (vernebriller, åndedrettsvern, røykdykkerutstyr)	Ingen	0
Røykkontroll (røykluke, røykcelledeling)	Ingen	0
Sprinkleranlegg	Ingen sprinkling	0
Detektortilkalt slokkepersonell	Automatisk deteksjon av varme eller røyk	60

Vi har på grunnlag av den estimerte brannutviklingen i Figur 3-7 og Figur 3-8 anslått tilgjengelig rømningstid til 4 minutter ved rask brannutvikling og til ca 10 minutter ved langsom brannutvikling. På grunnlag av faktorer som øker tilgjengelig rømningstid i Tabell 3.4 kan vi anslå følgende:

- Tilgjengelig rømningstid ved langsom brannutvikling: 600 s + 60 % = 960 s
- Tilgjengelig rømningstid ved rask brannutvikling: 240 s + 60 % = 380 s

### 3.6 Sikkerhetsmargin

Sikkerhetsmarginen er differansen mellom tilgjengelig rømningstid og nødvendig rømningstid. Som tidligere nevnt bør tilgjengelig rømningstid være 2-3 ganger større enn nødvendig rømningstid. Tabell 3.5 viser beregnet nødvendig rømningstid, tilgjengelig rømningstid og sikkerhetsmargin ved brann i Malvik kirke når 100 personer på galleri, og 200 personer fra kirkerommet skal rømme ut gjennom våpenhuset.

**Tabell 3.5** Beregnet nødvendig rømningstid, tilgjengelig rømningstid og sikkerhetsmargin ved brann i Malvik kirke. Beregningene tar utgangspunkt i at det er 100 personer på galleri, og at 200 personer fra kirkerommet skal rømme ut gjennom våpenhuset.

	Langsom brannutvikling	Rask brannutvikling
Beregnet forflytningstid:	220 s	220 s
Tillegg i forflytningstid (se avsnitt 3.4):	430 s	430 s
Deteksjonstid:	180 s	30 s
Vurderings- og beslutningstid:	120 s	120 s
<b>Nødvendig rømningstid:</b>	<b>950 s</b>	<b>800 s</b>
Beregnet tilgjengelig rømningstid:	600 s	240 s
60 % økning i tilgjengelig rømningstid (se avsnitt 3.5.3):	360 s	140 s
<b>Tilgjengelig rømningstid:</b>	<b>960 s</b>	<b>380 s</b>
<b>Sikkerhetsmargin:</b>	<b>10 s</b>	<b>-420 s</b>

### 3.7 Vurdering av rømningsikkerheten i Malvik kirke

Som Tabell 3.5 viser, er sikkerhetsmarginen negativ når 100 personer på galleri, og 200 personer fra kirkerommet skal rømme ut gjennom våpenhuset ved en rask brannutvikling i kirkerommet. Ved en langsom brannutvikling er sikkerhetsmarginen svært liten.

#### **Effekten av å redusere antall personer på galleri**

Redusert antall personer på galleri vil redusere den beregnede forflytningstiden, men reduksjonen er marginal. Ved reduksjon til 30 personer på galleri, blir nødvendig rømningstid redusert med 36 sekunder dersom 200 personer samtidig skal rømme fra kirkerommet gjennom våpenhuset. Om det ikke er personer på galleri, vil nødvendig rømningstid for 200 personer fra kirkerom gjennom våpenhuset være redusert med 52 sekunder til 748 s ved rask brannutvikling, og til 898 s ved langsom brannutvikling. Sikkerhetsmarginen er fremdeles negativ ved rask brannutvikling, og ikke tilstrekkelig ved langsom brannutvikling.

#### **Effekten av mindre konservative vurderinger av tillegg i nødvendig rømningstid**

En innvending kan være at ALLSAFE anslår for konservative tillegg i forflytningstiden, og at tilleggene for vurderings- og beslutningstider er for høye. Vi har allerede halvert tillegget for sosial rolle fra 300 s (som ALLSAFE foreslår) til 150 s (på grunn av oversiktlige forhold i kirken). Vi har også sett bort fra tillegg for bakgrunnsstøy (kan tenke seg at korsang, orgel og lignende kan forsinke erkjennelsen om at det brenner). Om vi i tillegg halverer tilleggene for deteksjon, vurdering og beslutning i nødvendig rømningstid i Tabell 3.5, blir nødvendig rømningstid 720 s for rask brannutvikling, og 800 s for langsom brannutvikling. Sikkerhetsmarginen er fremdeles negativ for rask brannutvikling. Vi mener imidlertid at det ikke er grunnlag for å redusere tilleggene for deteksjon, vurdering og beslutning i nødvendig rømningstid.

#### **Effekt av tekniske tiltak**

Tabell 2.3 viser at sprinkleranlegg vil øke den tilgjengelige rømningstiden med 80 %, og er det tiltaket som vil ha størst effekt. Tilgjengelig rømningstid i Tabell 3.5, blir da 684 s for rask brannutvikling, og 1728 s for langsom brannutvikling. Sikkerhetsmarginen blir dermed tilfredsstillende for langsom brannutvikling, men er fremdeles negativ for rask brannutvikling.

Flere rømningsveier vil føre til at tillegget til nødvendig rømningstid blir mindre, og om det er tilstrekkelig med rømningsveier, vil tillegget falle helt bort. Dette vil gi en reduksjon i nødvendig rømningstid i Tabell 3.5 på mellom 150 og 300 s.

#### **Effekt av organisatoriske tiltak**

Tabell 2.2 viser tiltak som kan redusere tilgjengelig rømningstid. Vi har allerede forutsatt at personalet er trent til å assistere under rømning, og at de informerer om rømningsveier før brannen, og informerer og veileder under brannen. I tillegg til disse tiltakene, er en utarbeidet evakueringsplan og utpekt brannansvarlig de tiltakene som vil ha størst effekt. Reduksjonen i nødvendig rømningstid i Tabell 3.5 dersom disse to tiltakene fungerer, er ved bruk av ALLSAFE-metoden beregnet til 220 s. Nødvendig rømningstid blir da 580 s for rask brannutvikling, og 730 s for langsom brannutvikling. Sikkerhetsmarginen er fremdeles negativ for rask brannutvikling.

#### **Effekt av optimale tekniske og organisatoriske tiltak**

Sprinkling vil øke tilgjengelig rømningstid til 684 s for rask brannutvikling, mens optimale organisatoriske tiltak vil redusere nødvendig rømningstid til 580 s. Dermed blir sikkerhetsmarginen positiv, selv om den ikke er så stor som den burde ha vært. For langsom

brannutvikling øker tilgjengelig rømningstid til 1728 s, mens nødvendig rømningstid reduseres til 730 s, noe som fører til en tilfredsstillende sikkerhetsmargin.

Om det etableres tilstrekkelig antall alternative rømningsveier fra galleriet, vil det i følge ALLSAFE-metoden ytterligere redusere nødvendig rømningstid med opptil 300 s. Nødvendig rømningstid blir da 280 s for rask brannutvikling, hvilket nærmer seg tidsestimatet for ren forflytning fra galleri. Det vil imidlertid være fornuftig å ta høyde for tidsbruk ut over ren forflytning ved rømning av kirken, uansett tilgjengelige organisatoriske og tekniske tiltak.



## 4 Rømningsanalyse av Hommelvik kirke

### 4.1 Opplysninger om kirken

#### 4.1.1 Generell beskrivelse av kirken

Hommelvik kirke er en langkirke bygget i tre i 1886. Den har 360 sitteplasser. Kirken har galleri med to trapperom som begge går til våpenhuset. Kirken er noe større enn gjennomsnittsstørrelsen. Hommelvik kirke har ikke faste benker på galleri, men ca 20 sitteplasser på løse stoler. Det er mulig å plassere flere stoler på galleriet, og ståplasser kan også være aktuelt. Figur 4-1 viser bilder fra kirken.



a)



b)



c)

**Figur 4-1:** a) Hommelvik kirke b) kirkerommet sett fra alteret med galleri i bakgrunnen c) galleriet i kirken med sitteplasser på hver side av orgelet (blå kledning foran orgelpipene til høyre i bildet).

#### Dimensjoner i Hommelvik kirke:

##### Kirkerom:

- Bredder: 12 m
- Lengde 27 m
- Høyde 6.9 m
- Høyde under galleri 3 m

- Samlet volum: 1688 m<sup>3</sup>

**Galleri:**

- Bredder: 12 m
- Lengde: 3.8 m

**Våpenhus:**

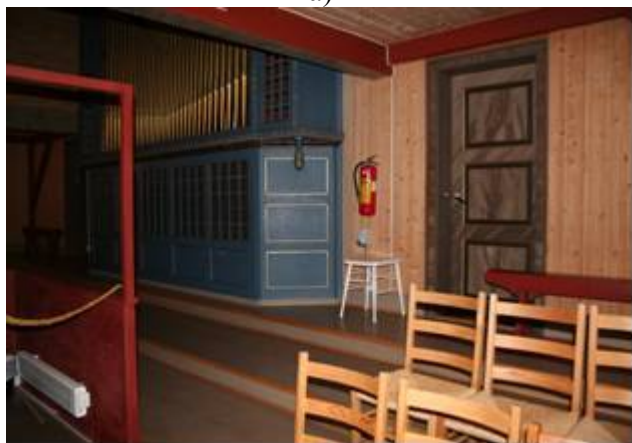
- Bredder: 6.5 m
- Lengde 4.8 m
- Høyde 3.6 m

**4.1.2 Beskrivelse av rømningsveiene**

Rømningsveiene er relativt trange ned fra galleriet i Hommelvik kirke, se Figur 4-2. Rømning fra galleriet skjer fra sitteplassene (se figur 2.2 c) og d) langs to trange korridorer (se figur 2.3 d)) på hver side av orgelet, hvor de møtes bak orgelet, foran en dør som åpnes innover. Ved rømning i tilfelle



a)



b)



c)

**Figur 4-2:** a) De to trappene fra galleri ender på hver sin side av våpenhuset (kirkerommet er til venstre for denne trappen på sørsiden av kirken) b) sitteplasser på hver side av galleriet, med dør til trapperom til høyre for orgelet. c) dør inn til galleri fra toppen av trapperommet på sørsiden av kirken.

Hommelvik kirke ligger i samme kommune som Malvik kirke, og de to kirkene har samme brannsikretiltak. Dermed blir bare minste forflytningstid og tilgjengelig rømningstid forskjellige for disse to kirkene. Det vil si at påvirkende faktorer som øker og reduserer nødvendig rømningstid, blir de samme for Hommelvik kirke som for Malvik kirke. Vi vil i rømningsanalysen av Hommelvik kirke dokumentere beregningsresultatene relativt kortfattet. Det er brukt samme metode som for Malvik kirke.

## 4.2 Beregning av nødvendig forflytningstid

Som for Malvik kirke, er det gjort beregninger med forskjellige antall personer på galleri og i kirkerom som skal rømme ut den samme utgangsdøren, se Tabell 4.1.

**Tabell 4.1** Beregnet forflytningstid i Hommelvik kirke.

Antall personer på galleri	Antall personer fra kirkerom	Antall personer totalt	Forflytningstid gjennom utgangsdør	Total forflytningstid
50	300	350	155 s	182 s
50	200	250	111 s	137 s
30	200	230	102 s	129 s
10	200	210	93 s	120 s
0	200	200	88 s	115 s
50	0	50	22 s	49 s

Tabellen over viser at med fullsatt kirke; 50 personer på galleri og 300 personer i kirkerommet, vil den totale forflytningstiden være mer enn 3 minutter dersom alle fra kirkerommet må rømme gjennom våpenhuset. Dersom de 50 personene på galleri kan rømme uten å treffe på personer fra kirkerommet, vil forflytningstiden være i underkant av 1 minutt. Disse tidene forutsetter personer med normal førlighet, og at rømningen går glatt uten hindringer. Slike hindringer kan for eksempel være at noen faller i trappen, eller at noen snur og går mot rømningsretningen.

## 4.3 Tilgjengelig rømningstid

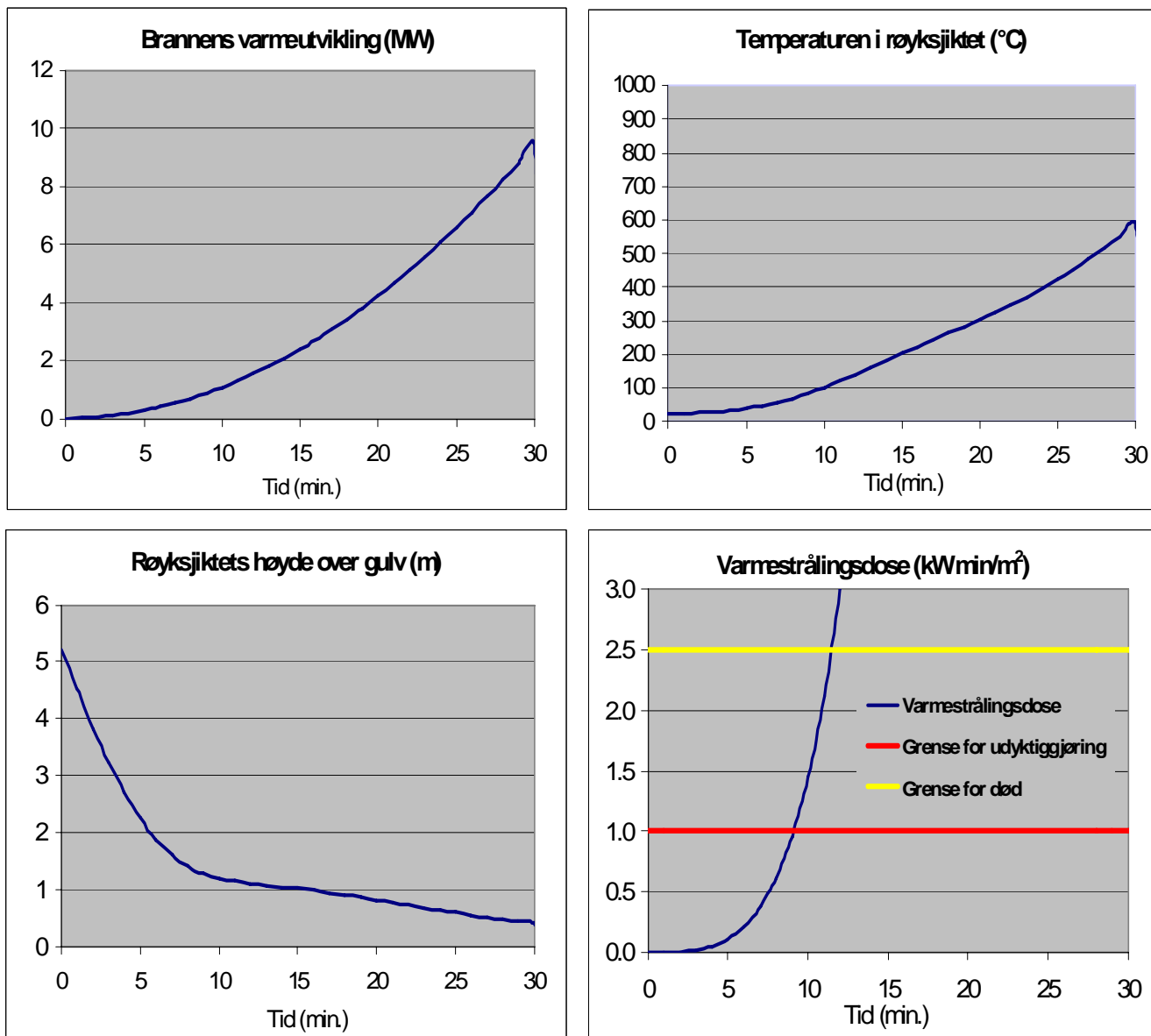
### Beregningsresultater

Figur 4-3 og Figur 4-4 viser brannens varmeutvikling (i MW), gjennomsnittstemperaturen til øvre røyksjikt, røyksjiktets høyde over gulvet i kirken og varmestrålingsdosen som personer i kirken mottar, for henholdsvis langsom og rask brannutvikling. Beregningene viser at varmestrålingen fra røyksjiktet er vesentlig mer kritisk for personer i kirken enn røygassenes giftighet. Dette skyldes, som det fremgår av figurene, at det tar noen minutter før røyksjiktet når ned til hodehøyde på galleri og i kirkerom, slik at personer blir direkte eksponert for røyken.

### Beregnet tilgjengelig evakueringstid

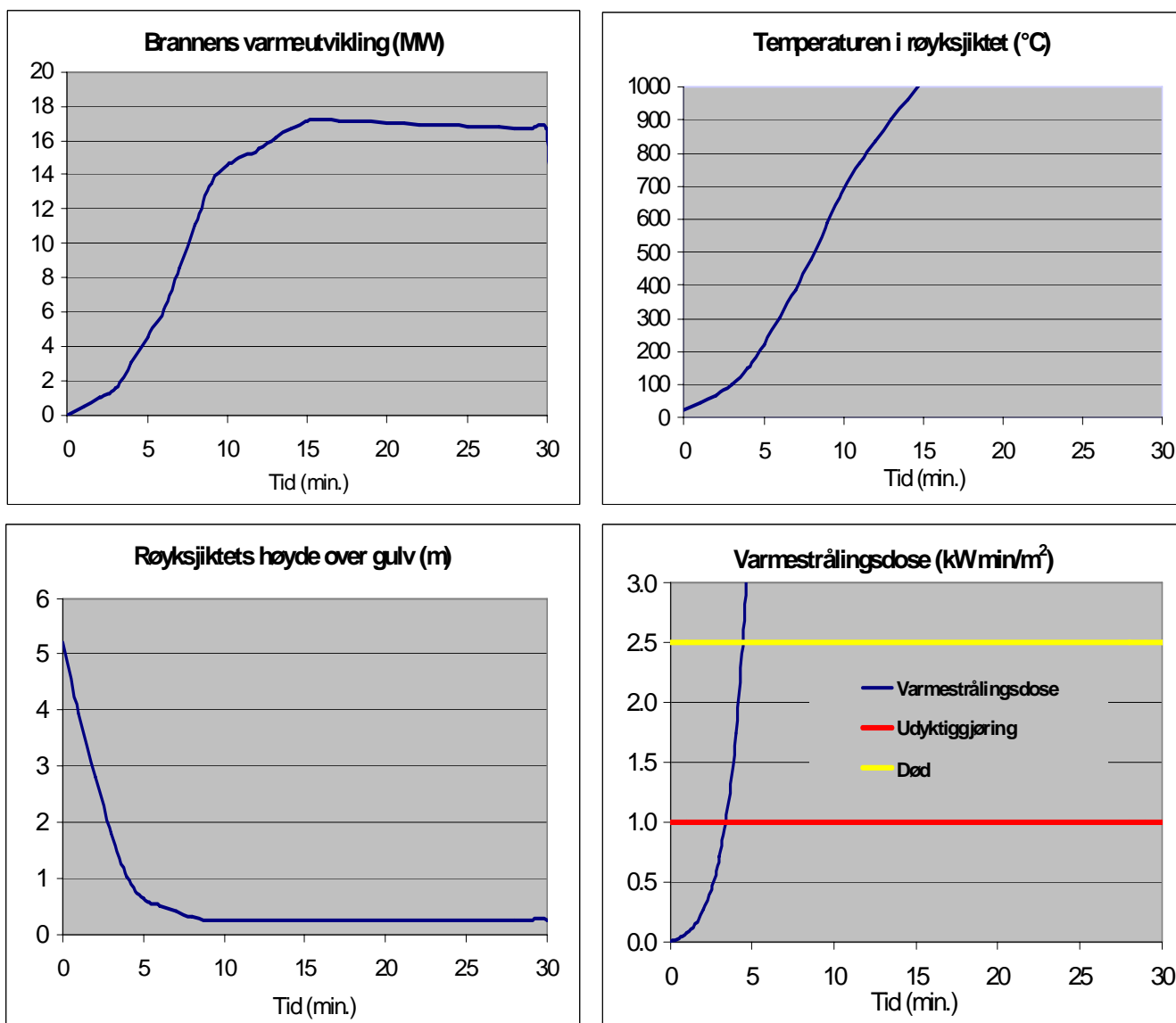
Av Figur 4-3 og Figur 4-4 ser vi at tiden til udyktiggjøring på grunn av varmestrålingsdose er ca 9 minutter for langsom brannutvikling og ca 3-4 minutter for rask brannutvikling. Dødelig dose varmestråling oppnås etter 12-13 minutter for langsom brannutvikling, og etter 4-5 minutter ved rask brannutvikling.

### Langsom brannutvikling



Figur 4-3: Forholdene ved en simulert brann med langsom utvikling i kirkerommet i Hommelvik kirke. Grafene viser varmeavgivelsen i brannen (øverst til venstre), gjennomsnittstemperaturen i røyksjikt i kirken (øverst til høyre), røyksjiktets høyde over gulvet (nederst til venstre), og varmestrålingsdosen (varmestrålingen x tid), med angivelse av grense for udyktiggjøring og død for personer (nederst til høyre) som funksjon av tiden etter brannstart (beregnet ved hjelp av CFAST 6.0).

## Rask brannutvikling



Figur 4-4: Forholdene ved en simulert brann med rask utvikling i kirkerommet i Malvik kirke. Grafene viser varmeavgivelsen i brannen (øverst til venstre), gjennomsnittstemperaturen i røyksjikt i kirken (øverst til høyre), røyksjiktets høyde over gulvet (nederst til venstre), og varmestrålingsdosen (varmestrålingen x tid), med angivelse av grense for udyktiggjøring og død for personer (nederst til høyre) som funksjon av tiden etter brannstart (beregnet ved hjelp av CFAST 6.0).

### Deteksjonstiden:

En temperaturøkning på 3 °C, som tilsvarer aktivering av detektor skjer etter 90 s ved langsom brannutvikling og etter ca 30 s ved rask brannutvikling. Som for Malvik kirke, anslår vi transporttid og reaksjonstid for aspirasjonsdetektoren til 60 s. Dermed blir estimert deteksjonstid ved henholdsvis langsom og rask brannutvikling 150 s og 90 s

Denne deteksjonstiden vil være relevant dersom brannen oppstår i områder der det ikke er personer som kan oppdage den. Ved rask brann i kirkerommet, vil brannen bli oppdaget tidlig, og deteksjonstid kan settes til 30 s. Ved langsom brannutvikling kan det være rimelig å anta at

deteksjonstiden for mennesker og for røykdetektorene i rommet er omtrent den samme, det vil si 180 s.

#### **Tilgjengelig rømningstid:**

Vi kan på grunnlag av den estimerte brannutviklingen i Figur 4-3 og Figur 4-4 anslå tilgjengelig rømningstid til 3,5 minutter ved rask brannutvikling og til ca 9 minutter ved langsom brannutvikling. På grunnlag av faktorer som øker tilgjengelig rømningstid i Tabell 3.4 kan vi fastslå følgende med hensyn til tilgjengelig rømningstid:

- Langsom brannutvikling: 540 sek. + 60 % = 860 sek.
- Rask brannutvikling: 210 sekunder +60 % = 330 sek.

#### **4.4 Sikkerhetsmargin**

Tabell 4.2 viser beregnet nødvendig rømningstid, tilgjengelig rømningstid og sikkerhetsmargin ved brann i Hommelvik kirke når 50 personer på galleri, og 200 personer fra kirkerommet skal rømme ut gjennom våpenhuset.

**Tabell 4.2** Beregnet nødvendig rømningstid, tilgjengelig rømningstid og sikkerhetsmargin ved brann i Hommelvik kirke. Beregningene tar utgangspunkt i at det er 50 personer på galleri, og at 200 personer fra kirkerommet skal rømme ut gjennom våpenhuset.

	<b>Langsom brannutvikling</b>	<b>Rask brannutvikling</b>
Beregnet forflytningstid:	140 s	140 s
Tillegg i forflytningstid (se avsnitt 3.4):	430 s	430 s
Deteksjonstid:	180 s	30 s
Vurderings- og beslutningstid:	120 s	120 s
<b>Nødvendig rømningstid:</b>	<b>870 s</b>	<b>720 s</b>
Beregnet tilgjengelig rømningstid:	540 s	240 s
60 % økning i tilgjengelig rømningstid (se avsnitt 3.5.3):	324 s	144 s
<b>Tilgjengelig rømningstid:</b>	<b>864 s</b>	<b>384 s</b>
<b>Sikkerhetsmargin:</b>	<b>-6 s</b>	<b>-336 s</b>

#### 4.5 Vurdering av rømningsikkerheten i Hommelvik kirke

Som Tabell 4.2 viser, er sikkerhetsmarginene negative når 50 personer på galleri, og 200 personer fra kirkerommet skal rømme ut gjennom våpenhuset for både rask og langsom brannutvikling i kirkerommet.

##### **Effekten av å redusere antall personer på galleri**

Redusert antall personer på galleri vil redusere den beregnede forflytningstiden, men reduksjonen er marginal. Ved reduksjon til 10 personer på galleri, blir nødvendig rømningstid redusert med 60 sekunder dersom 200 personer samtidig skal rømme fra kirkerommet gjennom våpenhuset. Om det ikke er personer på galleri, vil nødvendig rømningstid for 200 personer fra kirkerommet gjennom våpenhuset være redusert med 22 sekunder til 698 s ved rask brannutvikling, og til 848 s ved langsom brannutvikling. Sikkerhetsmarginen er fremdeles negativ ved rask brannutvikling, og ikke tilstrekkelig ved langsom brannutvikling.

##### **Effekten av mindre konservative vurderinger av tillegg i nødvendig rømningstid**

En innvending kan være at ALLSAFE anslår for konservative tillegg i forflytningstiden, og at tilleggene for vurderings- og beslutningstider er for høye. Vi har allerede halvert tillegget for sosial rolle fra 300 s (som ALLSAFE foreslår) til 150 s (på grunn av oversiktlige forhold i kirken). Vi har også sett bort fra tillegg for bakgrunnsstøy (kan tenke seg at korsang, orgel og lignende kan forsinke erkjennelsen om at det brenner). Om vi i tillegg halverer tilleggene for deteksjon, vurdering og beslutning i nødvendig rømningstid i Tabell 3.5, blir nødvendig rømningstid 640 s for rask brannutvikling, og 720 s for langsom brannutvikling. Sikkerhetsmarginen er fremdeles negativ for rask brannutvikling. Vi mener imidlertid at det ikke er grunnlag for å redusere tilleggene for deteksjon, vurdering og beslutning i nødvendig rømningstid.

##### **Effekt av tekniske tiltak**

Tabell 2.3 viser at sprinkleranlegg vil øke den tilgjengelige rømningstiden med 80 %, og er det tiltaket som vil ha størst effekt. Tilgjengelig rømningstid i Tabell 3.5, blir da 691 s for rask brannutvikling, og 1555 s for langsom brannutvikling. Sikkerhetsmarginen er fremdeles negativ for rask brannutvikling.

Flere rømningsveier vil føre til at tillegget til nødvendig rømningstid blir mindre, og om det er tilstrekkelig med rømningsveier, vil tillegget falle helt bort. Dette vil gi en reduksjon i nødvendig rømningstid i Tabell 3.5 på mellom 150 og 300 s.

##### **Effekt av organisatoriske tiltak**

Tabell 2.2 viser tiltak som kan redusere tilgjengelig rømningstid. Vi har allerede forutsatt at personalet er trent til å assistere under rømning, og at de informerer om rømningsveier før brannen, og informerer og veileder under brannen. I tillegg til disse tiltakene, er en utarbeidet evakueringsplan og utpekt brannansvarlig de tiltakene som vil ha størst effekt. Reduksjonen i nødvendig rømningstid i Tabell 3.5 dersom disse to tiltakene fungerer, er ved bruk av ALLSAFE-metoden beregnet til 220 s. Nødvendig rømningstid blir da 500 s for rask brannutvikling, og 650 s for langsom brannutvikling. Sikkerhetsmarginen er fremdeles negativ for rask brannutvikling.

##### **Effekt av optimale tekniske og organisatoriske tiltak**

Sprinkling vil øke tilgjengelig rømningstid til 691 s for rask brannutvikling, mens optimale organisatoriske tiltak vil redusere nødvendig rømningstid til 500 s. Dermed blir sikkerhetsmarginen positiv, selv om den ikke er så stor som den burde ha vært. For langsom

brannutvikling øker tilgjengelig rømningstid til 1555 s, mens nødvendig rømningstid reduseres til 650 s, noe som fører til en tilfredsstillende sikkerhetsmargin.

Om det etableres tilstrekkelig antall alternative rømningsveier fra galleriet, vil det i følge ALLSAFE-metoden ytterligere redusere nødvendig rømningstid med opptil 300 s. Nødvendig rømningstid blir da 200 s for rask brannutvikling, hvilket nærmer seg tidsestimateret for ren forflytning fra galleri. Det vil imidlertid være fornuftig å ta høyde for tidsbruk ut over ren forflytning ved rømning av kirken, uansett tilgjengelige organisatoriske og tekniske tiltak.

## **5 Hvor mange personer kan man tillate på galleriet samtidig?**

Hvor mange personer kan man tillate på galleriet samtidig, uten at det går på akkord med brann-sikkerheten?

Gjennom rømningsanalysene av Malvik og Hommelvik kirke har vi funnet følgende generelle trekk:

I de to kirkene er tilgjengelig rømningstid ved rask brannutvikling i størrelsesorden 3-5 minutter, og ved langsom brannutvikling 9-12 minutter, uten særskilte brannsikringstiltak. Med brannalarmanlegg med direkte varsling til brannvesen kan tilgjengelig rømningstid økes til 6-7 minutter ved rask brannutvikling, og 14-16 minutter ved langsom brannutvikling. Dette forutsetter imidlertid at brannvesenet har kort innsatstid, slik at slokkingen starter kort tid etter at brannvesenet er varslet. Galleriet bør kunne evakueres med god margin innenfor disse tidene; som en tommelfingerregel i løpet av 3-5 minutter.

Tilgjengelig rømningstid kan økes ved tiltak som

- detekterer brannen tidlig
- kontrollerer røykspredningen
- slokker brannen tidlig

Nødvendig rømningstid er avhengig av faktorer som

- antall hindringer i flukt- og rømningsveier
- bredde på elementer i rømningsveien
- antall alternative rømningsveier
- hvor kompleks rømningsveien er
- bredde og stigning på trapp
- antall trapper
- om trappen ender i kirkerommet, i rømningsvei fra kirkerom eller om den er en separat rømningsvei
- hvor mange personer fra kirkerommet som skal rømme gjennom samme utgangsdør som personer fra galleri

Nødvendig rømningstid kan reduseres ved organisatoriske tiltak som

- informasjon om rømningsveier på forhånd
- direkte beskjed om at det brenner
- informasjon og veiledning i rømningssituasjonen
- merking av rømningsveier
- opplæring av personell



- en person bør ha særskilt ansvar for å veilede under rømning fra galleri. Dette kan for eksempel være organisten, dersom orgelet er plassert på galleri.

Dersom det bare er en rømningsvei fra galleri, er det svært viktig å forhindre at den blokkeres ved brann. I begge de to analyserte kirkene var det to trapper fra galleri. Imidlertid endte begge trappene i samme våpenhus, og da regnes trappene i prinsippet bare som én rømningsvei. For å minimalisere sannsynligheten for brannstart i våpenhuset eller i trapp, bør det alltid være vakt i våpenhuset når det er personer på galleri.

Galleriet bør bare være åpent for publikum når det er behov for det. Personer som skal oppholde seg på galleri må ha normal førlighet og kunne rømme uten assistanse.

Vurdering av tillatt personantall på galleri kan gjøres av kirkeforvaltningen dersom galleriet har en enkel utforming, og der rømningsveien(e) ikke byr på spesielle utfordringer (planløsning, spesielt bratte trapper, hindringer, trange passasjer osv). Dersom trapperommet fra et slikt galleri er atskilt fra kirkerommet, vil et personantall på galleri som tilsvarer én person per trappetrinn kunne gi tilstrekkelig sikkerhet. Personer fra galleri vil da raskt kunne rømme ut i trapperommet, og der vil de være skjermet fra branneksplosjon fra kirkerommet inntil de kan rømme ut utgangsdøren. Ved en mer komplisert utforming av galleri og rømningsveier må det utføres en detaljert analyse av en kvalifisert brannteknisk rådgiver for å fastslå tillatt personantall på galleri.

## Referanser

Byggforskserien Byggedetaljer 520.385. Nødvendig rømningstid ved brann. Norges Byggforskningsinstitutt, Oslo, 2006 A.

Byggforskserien Byggedetaljer 520.387. Tilgjengelig rømningstid ved brann. Norges Byggforskningsinstitutt, Oslo, 2006 B.

Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk (TEK). Kommunal og regionaldepartementet og Miljøverndepartementet, Oslo 1997. [www.lovdatabank.no/for/sf/kr/xr-19970122-0033.html](http://www.lovdatabank.no/for/sf/kr/xr-19970122-0033.html)

Hagen, B. C.: ”Brannteknisk rømningsanalyse”, Tapir Akademiske Forlag, Trondheim 1998.

Jensen, G.: ALLSAFE hovedrapport Vedlegg B Geir Jensen IGP AS 1994-11-15.

Malvik, Oskar: opplysninger vedrørende Malvik kirke er gitt av kirketjener i Malvik og Hommelvik kirke Oskar Malvik (telefonsamtale 2008-12-09).

McCaffrey, Quintiere, og Harkleroad: SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3. utgave, 2002, side 3-175.

Naus, I.M.M.M.C., van Mierlo, R.J.M. Brandveilig gebruik van onbehandelde natuurlijke kerstbomen in openbare ruimten. Efectis Nederland-rapport 2006-Efectis-R0759. Rijswijk, Nederland 2006.

[www.effectis.com/nl/site/nieuws/rapport\\_brandveilig\\_gebruik\\_kerstbomen\\_R0759.pdf](http://www.effectis.com/nl/site/nieuws/rapport_brandveilig_gebruik_kerstbomen_R0759.pdf)

Nelson HE, Mowrer, FW: Emergency movement. Chapter 14 i The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition, ISBN 087765-451-1. Massachusetts, USA 2002.

Norarinni, K.A.: Measurements of Room Conditions and Response of Sprinkler and Smoke Detectors During Simulated Two-Bed Hospital Patient Room Fire, National Standards and Technology Report NISTIR 5240, USA 1993.

Peacock, R.D. et al.: “Technical Reference Guide for the HAZARD I Fire Hazard, Assessment Method, Version 1.1”, NIST Handbook 146, Vol. II, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 1991.

Proulx G: Movement of People. The Evacuation Timing. Chapter 13 i The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition, ISBN 087765-451-1. Massachusetts, USA 2002.

Stroup DW, DeLauter L, Lee J, Roadarmel G: Scotch Pine Christmas Tree Fire Tests. Report of test FR 4010. Building and Fire Research Laboratory, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA, 1999. <http://fire.nist.gov/bfrlpubs/fire00/art147.html>

