

## Brannsikkerhet i lek- og aktivitetssenter

Karolina Storesund, Christian Sesseng, Ragni  
Fjellgaard Mikalsen

RISE-rapport 2019:01

# Brannsikkerhet i lek- og aktivitetssenter

Karolina Storesund, Christian Sesseng, Ragni  
Fjellgaard Mikalsen

# Abstract

## **Fire safety in buildings used for play and recreational activity**

This project has been carried out on behalf of the Norwegian Building Authority (DiBK) and the Norwegian Directorate for Civil Protection (DSB) as part of the research agreement between DSB and RISE Fire Research.

The aim of the project has been to determine whether activity centres (offering indoor activities for different age groups, e.g. indoor playgrounds, trampoline parks and gymnastics halls) are well equipped to reduce the risk of ignition, spread of fire, and smoke production, and for high heat release as well as to handle escape in case of fire. All with regard to the particular combination of the number and type of visitors, type of activity in the premises, as well as the large amount of combustible and potentially highly flammable furnishings present in the building.

In this report we have described fire engineering issues specifically related to the activity centres, partly based on a study of technical reports from the buildings' planning phase and monitoring reports from the operational phase.

Our main findings are related to

- Lacking overall fire safety evaluation regarding the building and the safety plans of the responsible business owner with respect to:
  - The significance of the furnishing and use of material for personal safety.
  - Distribution of responsibility to evaluate the furnishing in a risk perspective.
- Ignition and early fire development:
  - There is not enough focus on ignition sources in the design and planning phase.
  - The fire performance of materials is not sufficiently taken into account during the design and planning phase and the requirements for documentation are insufficient and not relevant enough.
- Escape:
  - Children's behaviour during escape is not taken into account when planning.
  - The activity in activity centres is not taken into account during the planning phase.
  - The effect of the interior (both material properties, physical position in the room and geometry) on the escape routes and escape time is not taken into account when planning.
  - Deviations from the requirement for low-placed way guidance systems are made on an uncertain basis.
- Organizational measures:
  - Organizational measures are hardly mentioned in the fire concepts.
  - Deviations regarding organizational measures during the operational phase is the responsibility of business owners. This indicates uncertainty or lack of competence of regulations and of implementation and follow-up of organizational measures.

## Conclusions

Our conclusion from this study is therefore that this type of activity centres in general cannot be said to be well equipped to reduce the risk of ignition, spread of fire, and smoke production, or for high heat release as well as to handle escape in case of fire. This is due to the fact that ignition sources, materials' fire properties and children's behaviour in fire are, to a small extent, sufficiently risk-assessed or documented.

The following requirements should be made for furnishings that are attached to, joined with or built into building parts (including play racks, shock absorbing mats on walls and floors, decorative surfaces):

- Must be difficult to ignite (with relevant ignition sources).
- Shall not contribute to rapid fire spread.
- Shall not release large amounts of heat or fire effluents.
- Shall not deform from a small fire impact to pose a hazard.
- Shall not fall or otherwise change, thereby increasing the risk of personal injury.
- Shall not melt and drip outside the centre of the fire.

Furthermore, there is a need for:

- Competence enhancement for business owners regarding responsibilities related to fire safety, especially in view of:
  - Materials' reaction to fire properties.
  - Evacuation conditions.
  - Ignition risks (e.g. electrical equipment).
- Better analysis in connection with deviations from pre-accepted solutions for way guidance systems.
- Better fire engineering reports in the planning phase, that take into account:
  - An overall evaluation of the construction of the building as well as content within the building, as basis for the safety philosophy for the building
  - children's escape speed.
  - that the escape routes are complex and that moving through the play racks takes longer time than when moving horizontally on the floor.
- To clarify the definition of escape routes in premises with tall, complex structures.

Key words: fluktvei, evakuering, aktivitetssenter, innredning, organisatoriske tiltak, byggt tekniske tiltak, lekeland, trampolinesenter, turnhall, innendørs, barn, regelverk, brannteknisk konsept, brannvesen, tilsyn, tilsynsrapport, materialers egenskaper ved brannpåvirkning, antennelse, rømning

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE-rapport 2019:01

ISBN: 978-91-88907-13-4

Prosjektnummer: 20388

Kvalitetssikring: Anne Steen-Hansen

Finansiert av: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap og Direktoratet for byggkvalitet

Forsidebilde: Eksempel på innredning i lek- og aktivitetssenter. Foto: ID 9494021 © Pavel

Losevsky | Dreamstime.com

Trondheim 2019

# Innhold

<b>Abstract</b> .....	<b>1</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>4</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>7</b>
1.1 Bakgrunn.....	7
1.2 Målsetting.....	7
1.3 Begrensninger.....	8
1.4 Metodebeskrivelse.....	8
1.5 Definisjoner.....	9
<b>2 Krav og regelverk</b> .....	<b>11</b>
2.1 Organisatoriske tiltak.....	12
2.2 Bygningstekniske tiltak.....	13
2.2.1 Overflatematerialer.....	13
2.2.2 Rømning.....	13
2.3 Innredning i aktivitetssenter.....	14
2.3.1 Norsk regelverk for innredning.....	14
2.3.2 Svensk regelverk, fast innredning.....	16
<b>3 Rømningstid og -hastighet</b> .....	<b>18</b>
3.1 Beregning av rømningstid ved brann.....	18
3.2 Barns og voksnes atferd ved rømning fra brann.....	19
3.2.1 Reaksjon ved brannalarm – forberedelser for evakuering.....	20
3.2.2 Evakuering og rømningshastighet.....	21
3.2.3 Sosiale bånd.....	22
<b>4 Resultater og diskusjon om brannrisiko i aktivitetssenter</b> .....	<b>24</b>
4.1 Antennelse og tidlig brannutvikling.....	25
4.1.1 Antennelseskilder.....	26
4.1.2 Materialenes brannegenskaper.....	26
4.1.3 Begreper som ikke bør forekomme i dokumentasjonen.....	29
4.2 Rømning.....	29
4.2.1 Barns rømning.....	30
4.2.2 Fluktvei.....	31
4.2.3 Ledesystem.....	32
4.3 Organisatoriske tiltak.....	33
4.4 Helhetlig vurdering av brannsikkerheten.....	35
<b>5 Konklusjoner</b> .....	<b>36</b>
<b>Referanser</b> .....	<b>37</b>

# Sammendrag

Dette prosjektet er utført på oppdrag fra Direktoratet for Byggkvalitet (DiBK) og Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) som en del av forskningsavtalen mellom DSB og RISE Fire Research.

Målsettingen med dette prosjektet har vært å utrede hvorvidt aktivitetssenter er godt rustet for å redusere risiko for antennelse og brannspredning, røykutvikling, utvikling av høye temperaturer og håndtering av evakuering ved brann. Dette med hensyn til den spesielle kombinasjonen av mengde og type besøkere og type aktivitet i lokalene, samt den store mengden potensielt antennelige og brennbare innredning som er der.

Med aktivitetssenter mener vi bygg som tilbyr innendørs aktiviteter for ulike aldersgrupper, for eksempel lekeland, trampolinesenter og turnhaller.

I rapporten har vi redegjort for branntekniske problemstillinger som spesielt er knyttet til disse virksomhetene, blant annet ved å studere brannkonsept fra planleggingsfasen og tilsynsrapporter fra driftsfasen.

Våre hovedfunn er knyttet til:

- Manglende helhetsvurdering hva gjelder bygget og virksomhetens sikkerhetsfilosofi med tanke på
  - Innredningens og materialbrukens betydning for personsikkerheten.
  - Ansvarsfordeling for å vurdere innredningen i et risikoperspektiv.
- Antennelse og tidlig brannutvikling
  - Antennelseskilder er i liten grad risikovurdert ved prosjektering.
  - Brannegenskaper til innredningsmaterialer er lite hensyntatt i prosjektering og krav til dokumentasjon er utilstrekkelig og ikke relevant nok.
- Rømning
  - Barns adferd ved rømning er ikke hensyntatt ved planlegging.
  - Aktiviteten i aktivitetssenter er ikke hensyntatt ved planlegging.
  - Innredningens påvirkning (både materialteknisk, fysisk plassering og geometri) på fluktvei og rømningstid er ikke hensyntatt ved planlegging.
  - Fravik fra krav om lavtsittende ledesystem foretatt på usikkert grunnlag, med manglende faglig dokumentasjon av vurderinger.
- Organisatoriske tiltak
  - Organisatoriske tiltak er lite nevnt i brannkonsept
  - Avvik på organisatoriske tiltak i driftsfasen er virksomhetseiers ansvar. Tyder på usikkerhet eller manglende kompetanse om regelverk og om iverksettelse og oppfølging av organisatoriske tiltak.

## Konklusjoner

Vår konklusjon fra denne studien er derfor at aktivitetssenter generelt ikke kan sies å være godt rustet for å redusere risiko for antennelse og brannspredning, røykutvikling, utvikling av høye temperaturer og håndtering av evakuering ved brann. Dette begrunnes med at antennelseskilder, materialers brannegenskaper samt barns adferd ved brann i liten grad er risikovurdert eller dokumentert på en god måte.

Følgende krav bør stilles til innredning som er festet til, sammenføyet med eller innebygd i bygningsdel (herunder lekestativ, støtdempende matter på vegger og gulv, dekorative overflater):

- Skal være vanskelige å antenne (med relevant antenneskilde).
- Skal ikke bidra til rask brannspredning.
- Skal ikke utvikle store mengder varme eller branngass.
- Skal ikke deformeres ved liten brannpåvirkning slik at de utgjør en fare.
- Skal ikke falle ned eller på annen måte endres slik at risiko for personskade øker.
- Skal ikke smelte og dryppe utenfor brannens senter.

Videre er det behov for:

- Kompetanseheving for virksomhetseiere mht. plikter knyttet til brannsikkerhet, spesielt med tanke på:
  - Materialers brannegenskaper.
  - Rømningsforhold.
  - Antennelsesrisiko (f. eks. elektrisk utstyr).
- Bedre analyser ved fravik fra preaksepterte løsninger for ledesystem.
- Bedre brannkonsepter, som tar hensyn til
  - en helhetsvurdering av hele bygningens konstruksjon og innhold som grunnlag for bygningens sikkerhetsfilosofi.
  - barns rømningshastighet.
  - at fluktveiene er komplekse og at forflytning gjennom lekestativ tar lenger tid enn ved horisontal forflytning på plant gulv.
- Å tydeliggjøre definisjonen av fluktvei i lokaler med høye, komplekse strukturer.



# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Det etableres jevnlig aktivitetssenter av typen lekeland, trampolinesenter, turnhaller og senter med andre typer innendørsaktiviteter. Disse byggene kan inneholde lekeapparater, fornøylesinnretninger og huse ulike aktiviteter. Målgruppen kan være voksne og barn i alle aldre. Hos flere av tilbyderne er det ingen nedre aldersgrense.

Problemstillingen som utgjør bakgrunnen til dette prosjektet er en bekymring rundt hvordan innredningen (lekestativ, trampoliner, polstring av konstruksjoner etc.) vil påvirke risiko for antennelse, spredning av brann og røykutvikling, og størrelsen på brannenergien i bygningen, og dermed hvordan den vil påvirke mulighetene for rømning i tilfelle brann. Grunnen til dette er at innredningen ikke regnes som en del av byggverket, men som løs innredning. Regelverkene med hensyn til brannsikkerhet når det gjelder henholdsvis løs innredning og produkter som er en fast del av byggverket, er veldig forskjellige, med omfattende og risikobaserte krav for overflatene i et byggverk sammenlignet med få og lavt stilte krav for løs innredning. Dette medfører at det kan være utfordrende å vurdere hvilken betydning innredningen kan ha for brannsikkerheten. I VTEK §11-7 er det angitt hvor stor en brannseksjon kan være før det kreves installert tekniske tiltak (sprinkler, brannalarmanlegg, røykventilasjon, etc.) som funksjon av hvilken spesifikk brannenergi som kan forventes og seksjonens arealstørrelse. Når den spesifikke brannenergien skal bestemmes, så vil betydningen av innredning kunne bli kritisk.

Det råder også usikkerhet rundt hvor lang tid det vil ta å evakuere et aktivitetssenter. Hvordan maksimalt personantall i sentrene kan beregnes, og hvordan dette antallet skal overholdes i praksis er en annen problemstilling. I tillegg er det uklart hvordan man kan dokumentere at tilgjengelig rømningstid er lengre enn nødvendig rømningstid, inkludert sikkerhetsmargin.

## 1.2 Målsetting

Målsettingen med dette prosjektet har vært å utrede hvorvidt aktivitetssenter er godt rustet for å redusere risiko for antennelse og brannspredning, røykutvikling, utvikling av høye temperaturer og håndtering av evakuering ved brann. Dette med hensyn til den spesielle kombinasjonen av mengde og type besøkere og type aktivitet i lokalene, samt den store mengden potensielt antennelige og brennbare innredning som er der.

Prosjektet skal bidra til økt kunnskap for de ulike aktørene (eiere av byggverket, brannrådgiver, myndigheter, etc.) om regelverk, og om hva som vil være god og tilstrekkelig brannteknisk dokumentasjon av materialer og innhold i senteret.

## 1.3 Begrensninger

Prosjektet omhandler ikke utendørs aktivitetssenter.

Prosjektet har heller ikke hatt fokus på virksomheter som tilbyr liknende aktiviteter uten at dette er hovedvirksomheten (eksempelvis møbelvarehus, kjøpesenter o.l. med lekeavdeling). Resultatene fra prosjektet kan likevel være relevante for slike områder.

## 1.4 Metodebeskrivelse

Vi har anvendt flere forskningsmetoder i prosjektet, disse beskrives i nedenfor.

Relevant regelverk er kartlagt for å sammenstille hvilke regler og krav som stilles med hensyn til å ivareta brann sikkerheten ved aktivitetssenter i Norge.

Videre ble det gjennomført et litteraturstudium for å kartlegge den internasjonale forskningsfronten med hensyn til hvordan personer opptrer i en evakuerings situasjon. Spesielt fokus har vært på barn og hvilke faktorer man må ta spesielt hensyn til for å ivareta deres sikkerhet.

Et søk i BRIS-databasen<sup>1</sup> ble gjennomført for å få en oversikt over antall i utrykninger til hendelser i aktivitetssenter i 2016. Dette ga imidlertid lite resultater, da slike bygg ikke er en egen kategori, og det derfor blir vanskelig å skille mellom aktivitetssenter og andre typer næringsbygg. Ved søk i fritekstrubrikken i BRIS ble det imidlertid funnet to tilfeller med brann tilfeller i aktivitetssenter, men antallet treff gir resultatene liten verdi. Det hersker også stor usikkerhet om dette var alle utrykninger til slike bygg i perioden, eller om statistikken skjuler flere hendelser. Statistikk fra BRIS blir derfor ikke omhandlet videre i denne rapporten.

Det ble gjort et bredt søk på hvilke større, norske byer som har aktivitetssenter av relevant type. Det ble gjort et utvalg av byer i ulike deler av landet, og ti forebyggende avdelinger i lokale brannvesen ble kontaktet. Av disse, var det sju som hadde hatt tilsynssaker i relevante aktivitetssenter, og som hadde anledning til å sende oss dokumentasjonen fra tilsynssakene. Både brannkonsept og tilsynsrapporter ble etterspurt, men i noen tilfeller mottok vi kun tilsynsrapport eller brannkonsept. Totalt ni brannkonsept og seks tilsynsrapporter ble innhentet. I tillegg ble tre brannkonsept fra svenske aktivitetssenter gjennomgått til sammenligning. Mer om denne gjennomgangen er beskrevet i kapittel 4.

I forbindelse med kartlegging av problemstillinger knyttet til brann sikkerhet i aktivitetssenter, er det også gjennomført intervju med to saksbehandlere ved forebyggende avdeling i brannvesen. Vi har også deltatt på ett tilsyn ved et aktivitetssenter.

---

<sup>1</sup> BRIS er et rapporteringssystem med oversikt over hvilke oppdrag brann- og redningstjenesten håndterer.

## 1.5 Definisjoner

Nedenfor forklares begreper som er berørt i denne rapporten.

Tabell 1-1 Begrep og definisjoner [1].

Begrep	Definisjon
Antennelighet	Mål på hvor lett et prøvelegeme kan antennes av en ekstern varmekilde under angitte prøvingsbetingelser.
Branncelle	Hel eller avgrenset del av byggverk hvor en brann fritt kan utvikle seg uten å spre seg til andre bygninger eller deler av byggverket i løpet av en fastsatt tid.  Del av en bygning som strekker seg over én eller flere etasjer, og som er avgrenset ved hjelp av skillende bygningsdeler, slik at en brann under den aktuelle branneksponeeringen er forhindret i å spre seg til andre brannceller i bygningen.
Brannegenskaper	Endringer i, eller opprettholdelse av, fysiske eller kjemiske egenskaper til et objekt som er eksponert for brann.
Brannenergi	Summen av varmemengde som frigis ved forbrenning av alle faste og mobile brennbare materialer i et område.
Brannkonsept	Sammenstilling av krav og ytelse som er grunnlaget for detaljprosjektering.
Brennbarhet	Evnen et materiale eller produkt har til å brenne ved spesifiserte betingelser.
Dimensjonerende brannenergi	Spesifikk brannenergi som anvendes for å fastsette termiske påvirkninger ved branndimensjonering. Verdien tar hensyn til usikkerheter.
Effektiv forbrenningsvarme	Varmemengde per masseenhed [MJ/kg] som frigjøres ved forbrenning av et materiale under angitte prøvebetingelser.
Flammehemmende materiale	Materiale som er behandlet med et flammehemmende middel.
Flammehemmende middel	Stoff som tilsettes, eller behandling som utføres på, et materiale, for å dempe eller forsinke flammer eller redusere flammespredningshastigheten.  Kommentar: Bruken av flammehemmende middel vil ikke nødvendigvis dempe en brann eller avslutte en forbrenning.
Fluktvei	Del av en branncelle, som brukes til rømning og evakuering fram til rømningsvei eller til sikkert sted.

Tabell 1-1 Begrep og definisjoner, forts. [1].

Begrep	Definisjon
Overflateblaff	Bevegelse av en flyktig flamme over overflaten av et materiale uten antennelse av materialet.  Kommentar: Hvis overflateforbrenningen opptrer samtidig eller like etter overflateblaffet, blir den ikke ansett som en del av overflateblaffet.
Overflatebrann	Flammespredning på materialoverflate uten antennelse av grunnmaterialet.
Tilsyn	Det å påse at bestemmelser gitt i eller i medhold av brann- og eksplosjonsvernloven følges (overvåkning/kontroll). Tilsynet omfatter også eventuell reaksjon etter tilsynet.
Tilsyn, anmerkning	Forhold som en tilsynsetat mener det er nødvendig å påpeke for å ivareta helse, miljø og sikkerhet, og som ikke omfattes av definisjonen for avvik.  Kommentar: Virksomhetens manglende etterlevelse av egne regler som er strengere enn lovkravene, vil fra tilsynsetatens side ikke betraktes som et avvik, men kan omtales som en anmerkning.
Tilsyn, avvik	Overtredelse av krav fastsatt i eller i medhold av helse-, miljø- og sikkerhetslovgivningen.
Ubrennbar	Ikke i stand til å brenne under gitte betingelser.  Kommentar: I noen regelverk er et materiale klassifisert som ubrennbar, selv om det er i stand til å brenne, forutsatt at forbrenningsvarmen er under en definert verdi.
Ubrennbar materiale	Materiale som ikke er i stand til å brenne under gitte prøvebetingelser (ISO 1182).  Materiale som ved prøving fyller kravet til ubrennbarhet.

## 2 Krav og regelverk

Avsnittene under gir en oversikt over kravene som stilles til organisatoriske og bygningstekniske tiltak, samt til innredningen med hensyn til brannsikkerhet, i de regelverk som er identifisert som relevante for problemstillingen i dette prosjektet.

Lov om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver (brann- og eksplosjonsvernloven) har som formål å verne liv, helse, miljø og materielle verdier mot brann og eksplosjon, mot ulykker med farlig stoff og farlig gods og andre akutte ulykker, samt uønskede tilsiktede hendelser. I henhold til brann- og eksplosjonsvernlovens paragraf 6, plikter eier av byggverk å sørge for nødvendige sikringstiltak for å forebygge og begrense brann, og eier og bruker av byggverk plikter å holde konstruksjoner og alle sikringstiltak i forsvarlig stand slik at de virker etter sin hensikt [2].

Forskrift om brannforebygging har som formål å bidra til å redusere sannsynligheten for brann, og begrense konsekvensene brann kan få for liv, helse, miljø og materielle verdier. Både eiere og brukere av byggverk plikter å forebygge brann. Eieren skal ha kunnskap om kravene til brannsikkerhet i byggverket, og skal også informere brukere av byggverket om disse kravene, samt egenskaper ved byggverket som har betydning for brannsikkerheten.

Eieren skal kjenne kravene til brannsikkerhet som gjelder for byggverket, og skal sørge for vedlikehold og kontroll av bygningsdeler og sikkerhetsinnretninger slik at de fungerer som forutsatt. Kontrollen skal blant annet være tilpasset bruken i byggverket [3,4].

I henhold til byggteknisk forskrift (TEK17) skal blant annet følgende forutsetninger bestemmes og beskrives ved brannteknisk prosjektering [5]:

- byggverkets bruk eller virksomhet
- antall mennesker eller husdyr som byggverket er dimensjonert for
- arealer og antall etasjer
- brannenergi og eventuell særskilt risiko (for eksempel aktiviteter eller lagring av brannfarlige varer)
- plassering i forhold til nabobebyggelse
- tilgjengelighet og atkomst for brannvesenets høyderedskaper
- eventuelle lokale rammebetingelser

Statens jernbanetilsyn fører tilsyn med fornøyelsesinnretninger. Sikkerheten til disse innretningene reguleres gjennom tivoliloven og forskrift om fornøyelsesinnretninger. Med fornøyelsesinnretning menes installasjon hvor brukerne enten bringes i bevegelse eller i situasjoner hvor de ikke har helt kontroll over sin egen bevegelse. Noen eksempler er innretninger som karuseller, berg- og dalbaner, gokartbaner etc. Lekeinnretninger som kommer innunder forskrift om sikkerhet ved lekeplassutstyr er unntatt fra tivoliloven. Andre eksempler på innretninger som er unntatt tivoliloven er innretninger for idrettsformål som trampoliner, klatrevegger og klatrestativ, og innretninger hvor brukeren selv står for framdrift (f.eks. tråbil). Lek- og aktivitetssenter som omhandles i denne rapporten har i all hovedsak aktiviteter som er unntatt tivoliloven [6–8].

## 2.1 Organisatoriske tiltak

I henhold til forskrift om brannforebygging skal eieren av et byggverk være kjent med kravene som stilles til byggverket (konstruksjoner, materialer, maksimal tillatt brannenergi, maksimalt antall personer etc.), og skal sørge for at brukeren av byggverket blir gjort kjent med dette. Brukeren av byggverket har ansvar for å forebygge brann, blant annet ved å sørge for at byggverket brukes i samsvar med kravene. Endringer, forfall eller skader som kan påvirke brannsikkerheten skal meldes til byggeier [3,4].

Byggeier skal så gjennom systematisk sikkerhetsarbeid sikre at den bygningstekniske brannsikkerheten blir ivaretatt. Derfor skal en virksomhet som eier et byggverk iverksette [3]:

- a) rutiner som sikrer at kravene til brannsikkerhet som gjelder for byggverket blir overholdt
- b) rutiner for å avdekke, rette opp og forebygge mangler ved bygningsdeler, installasjoner og utstyr som skal oppdage brann eller begrense konsekvensene av brann
- c) rutiner for å avdekke, rette opp og forebygge mangler ved det systematiske sikkerhetsarbeidet

I følge veiledningen til forskrift om brannforebygging, skal informasjonen som blir utarbeidet når byggverket prosjekteres og oppføres være en sentral del av dokumentasjonen. Dette kan inkludere risikoanalyser og vurderinger av brannsikkerheten [4].

Videre har eieren av byggverket ansvar for at alle fravik i sikkerhetstiltakene fra den opprinnelige prosjekteringen, utførelsen og tillatelsen dokumenteres [4].

Veiledningen poengterer at god brannsikkerhet oppnås gjennom et planlagt samspill mellom tekniske og organisatoriske tiltak, og at eier og bruker plikter å samarbeide om byggets brannforebygging. Krav til brannsikkerheten kan være knyttet til næringen som utøves i byggverket, og brukeren av byggverket skal blant annet sørge for at byggverket brukes i samsvar med de forutsetninger og begrensninger som ble etablert i prosjekteringen av byggverket.

Brukeren skal gjennom systematisk sikkerhetsarbeid sikre at byggverket brukes slik at sannsynligheten for brann blir redusert, og at konsekvensene blir små dersom en brann skulle oppstå. Derfor skal brukeren av bygget iverksette [3]:

- a) rutiner som sikrer at byggverket brukes i samsvar med kravene til brannsikkerhet som gjelder for byggverket
- b) rutiner for evakuering og redning ved brann i byggverket
- c) rutiner som sikrer at personer med arbeidsplass i byggverket har tilstrekkelige kunnskaper og ferdigheter i å forebygge og bekjempe brann
- d) rutiner som sikrer at alle som oppholder seg i byggverket får tilstrekkelig informasjon om hvordan de skal unngå brann og opptre ved brann
- e) rutiner for å avdekke, rette opp og forebygge mangler ved det systematiske sikkerhetsarbeidet.

Organisatoriske tiltak er også omtalt i innledningen til kapittel 11 av Forskrift om tekniske krav til byggverk (byggteknisk forskrift, TEK17), som «beredskapsmessige tiltak» [5]. Her er det påpekt at beredskapsmessig tiltak kommer i tillegg til tekniske krav til byggverk og derfor ikke kan brukes for å oppfylle krav etter TEK17.

## 2.2 Bygningstekniske tiltak

TEK 17 definerer byggverk som «bygning, konstruksjon eller anlegg», og forskriftens kapittel 11 angir rammene for hvordan byggverket skal ivareta brannsikkerheten [5].

Risikoklasse og brannklasse legges til grunn for prosjekteringen av byggverket. Risikoklassen avhenger av virksomheten i byggverket og forutsetningene som personene som oppholder seg der har til å bringe seg i sikkerhet ved en brann. Brannklassen er relatert til konsekvensene av en brann, som i sin tur er avhengig av risikoklasse, antall personer, byggverkets størrelse, planløsning, brannenergi etc. [5].

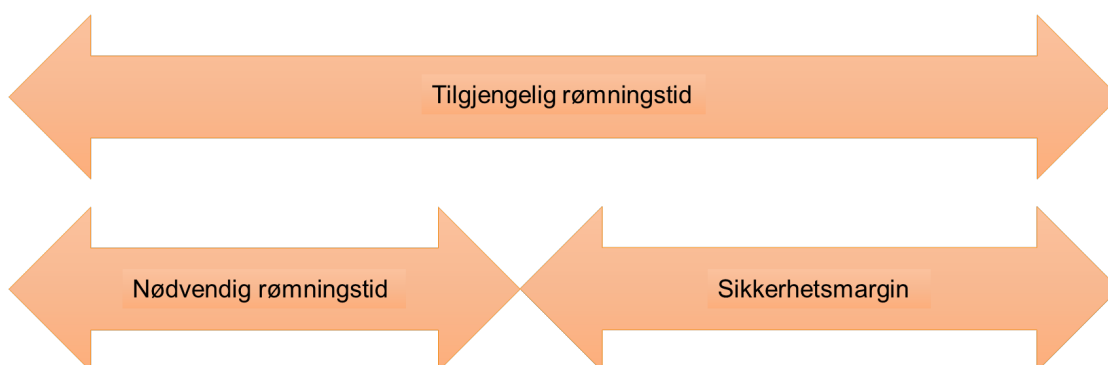
### 2.2.1 Overflatematerialer

TEK17 krever i §11-9 2. ledd at materialer og produkter skal ha egenskaper som ikke gir uakseptable bidrag til brannutviklingen. Det skal legges vekt på mulighet for antennelse, varmeavgivningshastighet, røykproduksjon, utvikling av brennende dråper og tid til overtenning. I veiledningen til TEK17 beskrives spesifikke branntekniske minimumsytelser for innvendige overflater (himling, vegger og golv), fordi de vil ha stor betydning for brannforløpet frem til overtenning. Veiledningen poengterer blant annet at det er de innvendige, synlige overflatene som har størst betydning for personsikkerheten. [5,9]

### 2.2.2 Rømning

Generelt skal byggverk prosjekteres og utføres for rask og sikker rømning. Nødvendig tid for rømning vil være avhengig av menneskelige, bygningsmessige og branntekniske forhold. Bruken av bygningen, og brukernes evne å bringe seg selv i sikkerhet, har derfor stor betydning for sikkerheten ved rømning.

TEK17 §11-11 annet ledd angir at tiden som er tilgjengelig for rømning skal være større enn den tiden som er nødvendig for rømning, og at det skal legges inn en tilfredsstillende sikkerhetsmargin. Veiledningen forklarer at tilgjengelig rømningstid er tiden fra en brann oppstår til forholdene blir kritiske. Nødvendig rømningstid er tiden det tar å rømme et byggverk. Ved beregning av rømningstider skal usikkerheter vurderes og dokumenteres [5,9].



Figur 2-1 Sammenheng mellom begrepene «Tilgjengelig rømningstid», «Nødvendig rømningstid» og «Sikkerhetsmargin» [9].

I henhold til §11-12 skal det brukes aktive tiltak, så som automatiske slukkeanlegg, for å øke den tilgjengelige rømningstiden i byggverk for virksomhet hvor rømning og redning kan ta lang tid. Byggverk i risikoklasse 2 til 6 skal også ha brannalarmanlegg for tidlig deteksjon og varsling. Store byggverk, byggverk beregnet for et stort antall personer, og byggverk beregnet for virksomhet i risikoklasse 5 og 6 skal ha ledesystem [5].

TEK17 stiller også krav til antall og utforming av utganger fra branncelle og utformingen av rømningsveier. Veiledningen til §11-14 angir at erfaringer viser at de fleste først vil forsøke å ta seg ut den veien de kom inn [5,9].

Beregning av nødvendig og tilgjengelig rømningstid er omtalt i 3.1.

### **Fluktvei, rømningsvei, branncelle og brannseksjon**

TEK17 §11-11 angir generelle krav knyttet til rømning og redning, med ytelser spesifisert i veiledningen.

En fluktvei er en del av en branncelle, som brukes til rømning og evakuering fram til rømningsvei eller til sikkert sted [1]. Fluktvei fra oppholdssted til utgang fra en branncelle skal være oversiktlig og tilrettelagt for rask og effektiv rømning (§11-11 fjerde ledd). Veiledning til §11-13 angir at maksimal lengde på fluktvei (avstand fra hvilket som helst sted i branncelle til nærmeste utgang) skal være 30 meter. Regelverket er funksjonsbasert, og det spesifiseres følgelig ikke detaljer slik som hvorvidt avstand internt i lekeapparat skal inkluderes i beregning av fluktvei, mer om dette i avsnitt 2.3 og 4.2.2.

Rømningsvei skal lede til et sikkert sted, og det stilles krav til at rømningsvei skal ha tilstrekkelig bredde og høyde, og være utført som egen branncelle (§11-4).

Byggverk skal deles inn i brannceller på en hensiktsmessig måte, og dette skal forhindre spredning av brann og branngasser til andre brannceller (§11-8).

Brannseksjon: I byggverk der rømning og redning kan ta lang tid, deles byggverk opp i brannseksjoner. Seksjonering skal være slik at en brann skal begrenses til den brannseksjonen der den startet (§11-7).

## **2.3 Innredning i aktivitetssenter**

### **2.3.1 Norsk regelverk for innredning**

Generelt reguleres løs innredning gjennom produktkontrolloven. Denne loven skal sørge for at produkter og tjenester er sikre og ikke medfører helseskade. Herunder stilles kriterier for hvordan sikkerheten skal vurderes og dokumenteres. I første rekke skal sikkerheten dokumenteres ved å oppfylle krav etter nasjonal standard som oppfyller kravene i harmonisert standard. Dersom det ikke eksisterer harmonisert standard, kan følgende benyttes [10]:

- a) Nasjonale standarder som ikke er nevnt i første ledd.
- b) Kommisjonsrekommendasjoner som angir retningslinjer for produktsikkerhetsvurderingen.
- c) Regler for god praksis for produktsikkerhet som gjelder på det aktuelle området.



- d) Det gjeldende tekniske utviklingsnivå.
- e) Det sikkerhetsnivå som med rimelighet kan forventes av brukeren.

Forskrift om sikkerhet ved lekeplassutstyr sier i §7 at lekeplassutstyr skal være utformet og konstruert slik at risikoen for at brukere eller tredjepart skades på grunn av utstyrets brann- eller eksplosjonsegenskaper, er redusert til et minimum. Videre angir forskriften at det er DSB eller den DSB bemyndiger som fører tilsyn med at forskriftens krav til blant annet branntekniske egenskaper følges [11].

DSB viser i et informasjonsskriv om sikkerhet på lekeland til standardene NS-EN 1176 og NS-EN 1177 for spesifisering av grunnleggende sikkerhetskrav for ulike typer lekeplassutstyr og fallunderlag. *NS-EN 1176 Lekeplassutstyr og underlag* er en standard med 11 deler, som i tillegg til mange forskjellige sikkerhetsaspekter også inneholder krav til branntekniske egenskaper. EN 1176 er ikke harmonisert av EU, og omfattes altså ikke av systemet med CE-merking. Standarden har imidlertid status som nasjonal standard i Norge under benevnelsen «NS». Dette gjør at den anbefales («kan brukes») i henhold til produktkontrollen for dokumentasjon av sikkerheten for disse produktene. I NS-EN 1176-1, *Del 1: Generelle sikkerhetskrav og prøvingsmetoder*, angis at det stilles krav til brennbarhet. Standarden angir at for å unngå risiko for brann og relaterte farer, skal materialer som kan produsere overflateblaff ikke brukes, og spesiell oppmerksomhet skal vies nye produkter hvor man kanskje ikke kjenner egenskapene godt. Disse kravene forklares i den tekniske rapporten *CEN/TR 16598:2014 Collection of rationales for EN 1176. Requirements*. Målsetningen med kravet er å unngå brann, og spesielt i materialer som produserer brennende dråper. Slike branner kan utvikle seg raskt, være vanskelige å slokke, og kan skade individer samt begrense mulighetene for rømning. NS-EN 1176-1 har også en merknad som viser til at lokale byggeregler kan ha krav til lekeplassutstyr for bruk både inne og ute [12–14].

NS-EN 1176-1 stiller også krav til åpninger inne i lekestativene. Disse skal være designet slik at voksne kan komme inn i lekestativet for å hjelpe barn som befinner seg der. Innelukkete områder, så som tunneler og lekehus med større avstand enn 2000 mm fra inngang, skal ha minst to uavhengige adgangspunkter, plassert i forskjellige deler av utstyret. Disse utgangene skal ikke kunne lukkes, og skal ikke ha noen dimensjoner som er mindre enn 500 mm. De skal muliggjøre evakuering via to forskjellige utganger ut av lekestativet i tilfelle brann [13]. I følge CEN/TR 16598:2014 er målsetningen med kravet at barn som er i farlige situasjoner (så som ved brann), som er redde eller har panikk, alltid skal ha mulighet for å få hjelp fra voksne. Det skal i alle situasjoner være mulig å komme seg ut fra lekestativet [14].

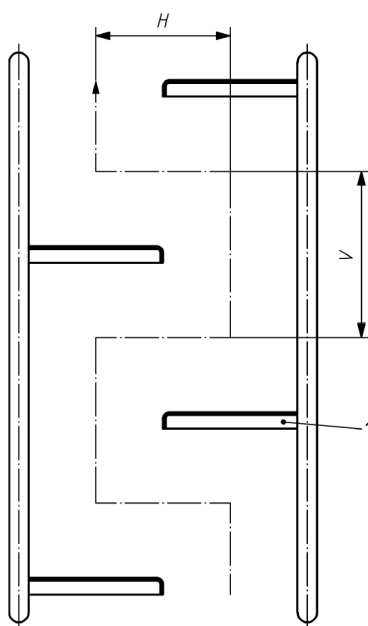
Hvor NS-EN 1176-1 angir funksjonskrav, at materialene skal være brannsikre, angir NS-EN 1176-10, *Del 10: Spesielle tilleggskrav til sikkerhet og prøvingsmetoder for fullstendig innelukket lekeutstyr*, hvordan dette skal dokumenteres. Med fullstendig innelukket lekeutstyr menes utstyr og konstruksjoner, inkludert komponenter og deler, som har innganger og utganger. NS-EN 1176-10 angir at materialer som brukes til innelukkede lekeutstyr skal oppfylle branntestmetodene EN ISO 11925-2 og/eller EN 1021-1 og EN 1021-2 [15].

NS-EN ISO 11925-2:2010 *Prøving av materialers egenskaper ved brannpåvirkning - Antennelighet av byggeprodukter ved direkte påvirkning av flamme - Del 2: Prøving med én enkelt flamme* [16], som er en harmonisert testmetode for byggeprodukter, angir ikke kriterier for godkjenning. For kriterier må NS-EN 13501-1 (*Brannklassifisering av byggevarer og bygningsdeler - Del 1: Klassifisering ved bruk av resultater fra prøving av materialers egenskaper ved brannpåvirkning*) benyttes [17]. Man kan altså ikke «oppfylle» NS-EN ISO 11925-2 uten å vise til en klassifiseringsstandard. Dette medfører at det er mulig å oppfylle

dokumentasjonskravene ved å gjennomføre en test på produktet i henhold til denne standarden, selv om produktet ikke oppviser gode branntekniske egenskaper.

Testmetodene NS-EN 1021-1 *Møbler - Vurdering av antennelighet for stoppede møbler - Del 1: Antenning fra ulmende sigarett* og NS-EN 1021-2 *Møbler - Vurdering av antennelighet for stoppede møbler - Del 2: Antenning fra fyrstikkflamme eller tilsvarende* inneholder kriterier for godkjenning [18,19].

NS-EN 1176-10 angir størrelser på åpninger for evakuering inne i lekeutstyret, hvor beregninger baseres på antall brukere, høyde på plattformer, antall innganger og utganger, samt avstand til nærmeste «evacuation route» eller evakueringssklie [15]. Evacuation route er her definert som en vei (path) inne i lekeutstyret, hvor en voksen kan komme til for å bringe et barn til en utgang (exit) fra lekeutstyret (dvs. ikke utgang fra branncellen). En evakueringssklie er her definert som en sklie som ender opp rett foran en utgang, dvs. under 3 meter fra slutten på sklia til utgangen fra lekeutstyret. Det angis at avstanden fra ethvert punkt inne i lekeutstyret og frem til utgangen fra lekeutstyret ikke kan være mer enn 18 meter. Standarden angir hvordan denne avstanden skal beregnes for spesialtilfeller som sklier (halvparten av skliavstand) og klatretårn (vertikale og horisontale avstander fra senter, se Figur 2-2). Det angis også at sikten fra utsiden inn i lekestativene må være god for å kunne sikre effektiv rømning.



Figur 2-2 Måleavstand for «evacuation route» inne i et klatretårn som en del av et lekeutstyr, hvor 1 er plattform, H er horisontal avstand, V er vertikal avstand. Figuren er hentet fra NS-EN 1176-10 [15].

### 2.3.2 Svensk regelverk, fast innredning

Til forskjell fra norske byggeregler, stiller man i Sverige branntekniske krav til *fast innredning*.

*Boverkets byggeregler* stiller krav til at materialer i tak, vegger, gulv og fast innredning skal ha egenskaper eller inngå i bygningsdeler på en slik måte at de [20]:

- er vanskelige å antenne

- ikke bidrar til rask brannspredning
- ikke utvikler store mengder varme eller branngass
- ikke deformeres ved liten brannpåvirkning slik at de utgjør en fare
- ikke faller ned, eller på annen måte endres slik at risiko for personskaade øker
- ikke smelter og drypper utenfor brannens senter

Kravsnivået for materialer avhenger av den mengde varme og branngass som kan tillates i bygningen. Lekestativ i aktivitetssenter er ikke spesifikt omtalt i dette regelverket.

Fast innredning defineres i denne sammenhengen som innredning som er permanent festet til, sammenføyet med, eller innebygd i bygningsdel. Eksempler på fast innredning kan være benker og hyller som er skrudd fast i bygningen. Tilsvarende defineres løs innredning som innredning som kan fjernes eller flyttes uten særskilte hjelpemiddel [21].

## 3 Rømningstid og -hastighet

Det er mange faktorer som kan påvirke rømningstid og -hastighet fra en bygning. I dette kapitlet gis en presentasjon av konseptene for å beregne nødvendig og tilgjengelig tid til rømning. Videre presenteres funn fra litteraturen vedrørende barn og voksnes adferd under rømning, noe som må tas hensyn til når man estimerer rømningstider for aktivitetssenter hvor en stor andel av de besøkende er barn og barnefamilier.

### 3.1 Beregning av rømningstid ved brann

I følge *SINTEF Byggedetaljblad 520.387 Tilgjengelig rømningstid ved brann*, er tilgjengelig rømningstid i en startbranncelle med normal romhøyde vanligvis 3–5 minutter, hvis ikke inventaret er spesielt brennbart. Ved stor romhøyde, eller dersom røyken kan ventileres ut, kan denne tiden være lenger. Røykproduksjonen er avhengig av hva det er som brenner (materialer og hva de produserer ved brann), og hvordan det brenner (brannens størrelse og varmeavgivelse) [22].

Tilgjengelig rømningstid kan forlenges med [22]:

- **automatisk slukkeanlegg**, slik at brannen kontrolleres eller slukkes før det oppstår kritiske forhold
- **røyk- og brannskillende konstruksjoner** som forsinker spredning av brann og røyk til andre deler av bygningen
- **brannseksjonerende konstruksjoner**, som muliggjør horisontal rømning til en annen brannseksjon enn der brannen er, og slik at dette er et sikkert sted under hele brannforløpet. Brannseksjonering er særlig aktuelt i store bygninger og i bygninger hvor man må forvente at det oppholder seg personer med funksjonsnedsettelse.
- **røykventilasjon**, slik at røyk ikke hindrer rømning eller fører til overtenning
- bygningmessige tiltak som **økt romhøyde eller romvolum**

*SINTEF Byggedetaljblad 520.385 Nødvendig rømningstid ved brann* beskriver analyse og beregning av nødvendig rømningstid i en bygning. Dokumentet viser til tre hovedfaktorer som påvirker rømningsforholdet i et rom eller en bygning [23]:

- **Bygningmessige forhold**, herunder planløsning (inkludert innredning av brannceller som tilrettelegger for flukt) og aktive tiltak (deteksjon, alarm og informasjon om rømningsveier)
- **Personer**, herunder antall, egenskaper, funksjonsevne og reaksjonsmønster
- **Organisatoriske forhold**, med evakueringsplan og tiltak som bidrar til at evakuering foregår i ordnede former

Hovedfaktorene påvirker varslingsstid, reaksjonstid og forflytningstid.

Individenes kjennskap til bygningen vil kunne påvirke deres muligheter for å bringe seg selv i sikkerhet, og tilstanden og oppfattelsesevne vil påvirke reaksjonstiden ved brannalarm. I følge byggedetaljbladet oppstår det sjelden panikksituasjoner i forbindelse med evakuering, og man har større toleranse for høy persontetthet så lenge det er progresjon i evakueringen [23].

Personer som har fått opplæring og kan bistå og assistere ved evakuering og som kan gi informasjon til dem som skal evakuere, er et organisatorisk tiltak som kan være viktig, spesielt i store bygninger og spesielle tilfeller [23].

Inngangsdata for beregning av rømningstid [23]:

1. Varslingstid  
Varierer med brannforløp, deteksjon og alarmering.
2. Reaksjonstid  
Består av fortolkningstid og beslutningstid.
3. Forflytningstid  
Tiden for å forflytte seg inne i en branncelle og å passere gjennom døren til sikkert sted. Denne tiden påvirkes av hvordan personer er fordelt i lokalet, og i hvilken grad de er i stand til å rømme selv, belysning og ledesystem som viser veien ut, samt utforming av utganger og rømningsveier.
4. Personantall  
Personantallet kan beregnes ved å multiplisere dimensjonerende persontetthet med nettoarealet. Byggdetaljbladet inneholder eksempler for dimensjonerende persontetthet i ulike virksomheter (eks. forsamlingslokale for stående og sittende, danselokale og varehus)<sup>2</sup>.
5. Ganghastighet  
Egenskaper ved bygningen (for eksempel retningsendringer og terskler) kan påvirke ganghastigheten, men foreslås beregnet ved å ta hensyn til areal per person, persontetthet og en konstant som varierer med om det er horisontal forflytning eller forflytning nedover i en trapp.
6. Strømningsrate  
Antall personer som passerer en dør/passasje per tidsenhet.

## 3.2 Barns og voksnes atferd ved rømning fra brann

Ved beregning av nødvendig rømningstid for en gitt bygning benyttes det ofte evakueringsmodeller, som for eksempel Optimal Steps Model [24]. Disse modellene benytter ulike matematiske modeller, teorier og inngangsparametere for å beregne evakueringstid, og har følgelig ulike anvendelsesområder. De fleste modellene kan estimere evakueringstiden for en populasjon bestående av voksne mennesker, mens færre tar høyde for heterogene folkemasser hvor også personer med redusert mobilitet, personer med varierende kognitive evner og barn er inkludert. Studier har vist at faktorer som alder, kjønn, tidspunkt, fysisk avstand mellom personer og persontetthet er faktorer som påvirker forflytningshastigheten, og dette må tas høyde for når modeller benyttes i slike beregninger [25–27].

Det finnes ikke mye litteratur som belyser hvordan barn reagerer og handler under en evakuering. De senere årene har det imidlertid blitt et økt fokus på denne problemstillingen, og flere

---

<sup>2</sup> Ingen av virksomhetene som listes som eksempler i byggdetaljbladet er imidlertid spesielt rettet mot barn.

publikasjoner har blitt tilgjengelige. En gjennomgang av litteraturen peker på flere utfordringer når det gjelder evakuering av barn.

I forbindelse med trafiksikkerhet formulerer Fruin [28] utfordringen med barn som vist i sitatet nedenfor (reprodusert av Larusdottir [29]).

*"The child pedestrian is an especially vulnerable accident victim because of gaps in language, perception, and visual and auditory comprehension. Many aspects of human perception, such as peripheral vision, depth perception, judgement of speed and direction, and sound recognition, are attained through experience, which the child pedestrian has not yet acquired. This lack of experience causes not only perceptual difficulties, but uncertain reactions under the stress of frightening or unusual confrontations with moving traffic. In addition, children do not comprehend road signs, or if they do, they do not fully understand their responsibilities to obey these signs."*

Som Larusdottir påpeker, gjelder dette sitatet barn i trafikken, men at disse utfordringene også kan overføres til en brannsikkerhetskontekst. Videre forklarer hun at under en evakuering kan det være behov for avanserte beslutningsprosesser, orientering og navigering, kommunikasjonsevner og fysisk styrke som et barn ennå ikke har utviklet. Barn vil derfor ha behov for assistanse fra voksne under en evakueringsituasjon [29], noe som også har vist seg i evakueringsøvelser.

### 3.2.1 Reaksjon ved brannalarm – forberedelser for evakuering

Litteraturen peker på at barn ikke oppfatter brannalarmer, og dermed heller ikke iverksetter evakuering på egenhånd. Evakueringsøvelser i barnehager viser at barn ikke starter med forberedelser til evakuering, men heller fortsetter aktiviteten de holder på med (lek), frem til voksne gir beskjed om hva de skal gjøre [29,30]. Det kommer også frem at barn lett blir distraheret. Etter at evakuering ble initiert av voksne kunne leker fange barns oppmerksomhet, noe som gjorde at de gjenopptok leken i stedet for å følge instruksene om å samle seg eller evakuere bygningen. Dette førte til at voksne i mange tilfeller fysisk måtte geleide barna ut av bygget [29].

I brannøvelser utført av Larusdottir (25 øvelser med barn i alderen 0 – 6 år og 7 øvelser med barn i alderen 6 – 15 år), kommer det frem at tiden fra brannalarmen går til evakuering starter, varierer mye. For barn i alderen 0 – 2 år brukte man alt fra 42 sekunder til 481 sekunder (8 minutter) på å organisere evakueringen. For litt eldre barn, alder 3 – 6 år, brukte man mellom 10 sekunder til 545 sekunder (9 minutter). Kholshchevnikov et al. rapporterer at evakuering med barn og tenåringer kan ta opptil 10 minutter, hvorav 90 % av tiden brukes til evakueringsforberedelser [30].

Under brannøvelser i barnehager og skoler ble det registrert hvilke aktiviteter som ble utført mellom varsling og evakuering [29], vist i Tabell 3-1. I 5 % av tilfellene ble det brukt tid på å hente yttertøy og å kle på barna før man gikk ut. Selv om forekomsten av denne aktiviteten er liten, påpekes det at det er problematisk, spesielt i de tilfellene hvor klærne er oppbevart et annet sted enn langs rømningsveien. I de tilfellene hvor værforhold krever utendørs bekledning, foreslås det som et alternativ å ha pledd, tilgjengelig fra utsiden, som kan deles ut i stedet.

Tabell 3-1 Aktiviteter utført før evakuering i barnehager og skoler [29].

Aktivitet utført av voksen	Frekvens
Hente navneliste	50 %
Samle barna før man forlater rommet	29 %
Personlige aktiviteter	16 %
Forklare situasjonen for barna	13 %
Lukke vinduer / slå av lys	11 %
Hente klær / kle på barna	5 %

### 3.2.2 Evakuering og rømningshastighet

Det er en forskjell mellom de aller yngste barna (0-2 år) og barn som er litt eldre (3-6 år) når det gjelder behov for assistanse ved rømningen. Mens 20 % av de yngste barna greide seg uten assistanse i begynnelsen av evakueringen, greide hele 86 % av de litt eldre barna seg uten assistanse. Tilsvarende greide 24 % av de yngste barna å gå ned trapper på egen hånd, mens 85 % av de litt eldre barna klarte seg uten hjelp. I dette ligger det at 86 % av de yngste barna trengte delvis fysisk hjelp eller måtte bli båret ned trappene, mens 15 % av de litt eldre måtte ha assistanse.

Ikke uventet er det også forskjell mellom de yngste og de litt eldre barna når det gjelder forflytningshastighet. Larusdottir gjennomførte et begrenset antall målinger av barns (alder 0 – 6 år) forflytningshastighet i barnehager [29,31,32]. Testene ble utført med lav persontetthet (< 0,5 pers/m<sup>2</sup>). Resultatene er vist i Tabell 3-2.

Tabell 3-2 Horisontal forflytningshastighet for barn i barnehager (lav persontetthet) [29,31,32].

	Barn alder 0 – 2 år [m/s]	Barn alder 3 – 6 år [m/s]
Gange	0,60 ± 0,17	0,84 ± 0,25
Løping	1,14 ± 0,30	2,23 ± 0,64

Forflytningshastighet ned trapper er blant annet avhengig av persontettheten. Larusdottir gjennomførte en rekke evakueringsøvelser og målte forflytningshastigheten ned trapper [29]. Undersøkelsene ga over 3600 målinger, og gir dermed et grunnlag for å si noe om forflytningshastigheten til barn i ulike alderskategorier, avhengig av persontettheten under rømningen. Referansen oppgir tabeller med forflytningshastigheter for ulike persontettheter. I denne oppsummeringen gjengis kun et vektet gjennomsnitt og variasjonsspennet (se Tabell 3-3), det oppfordres til å gå til hovedkilden for mer detaljer. Kholshchevnikov et al. rapporterer også at forflytningshastigheten ned trapper er ca. halvparten av hastigheten på flatt gulv for barn mellom 3-6 år [30]. Dette er sammenlignbart med Larusdottirs tall.

Tabell 3-3 Forflytningshastighet ned trapper for ulike aldersgrupper [29].

	Vektet gjennomsnitt [m/s]	Variasjonsspenn [m/s]
0 – 2 år	0,18	0,11 – 0,19
3 – 6 år	0,36	0,28 – 0,41
6 – 8 år	0,63	0,52 – 0,68
9 – 11 år	0,74	0,21 – 1,00
12 – 15 år	0,75	0,20 – 1,01

Andre faktorer som påvirker barns forflytningshastighet ned trapper, er trappens utforming. En faktor er hvorvidt det er gelender, og i så fall i hvilken høyde gelenderet er plassert. Evakueringsøvelsene til Larusdottir viser at 93 % av barna i aldersgruppen 0-2 år som ikke mottok annen assistanse fra voksne, holdt seg i gelenderet under rømning. Tilsvarende brukte 59 % av barna i gruppen 3-6 år gelender. Bruk av gelender gir barna støtte, slik at de kan gå raskere ned trappen. Øvelsene viste også at de barna som benyttet lavt plasserte gelender (34 – 61 cm over bakken) oppnådde raskere forflytningshastighet enn de som benyttet høyt plasserte gelender. En annen detalj er at dersom gelendrene starter og slutter litt innpå trappeavsatsene, vil barna lettere kunne gripe tak i gelenderet før de starter på selve trappen.

At barna leier hverandre kan også gi støtte, og dermed øke ganghastigheten i trapper [30].

Trappetrinnes dybde har også en effekt på forflytningshastigheten [31]. Det som for voksne anses som korte trinn, samsvarer bedre med barns steglengde, noe som øker deres forflytningshastighet. Tilsvarende har også type trapp innvirkning på forflytningshastigheten, men dette er igjen knyttet til trinndybde: En spiraltrapp har eksempelvis korte trinn innerst, og brede trinn ytterst.

Dører vil kunne utgjøre en flaskehals i forbindelse med rømning. I hvilken grad en dør vil skape obstruksjon avhenger av dørens bredde i forhold til persontettheten. Målinger utført av Larusdottir viser at personstrømningsraten gjennom en dør øker med økt persontetthet når barna er seks år eller yngre. Når barna er større (6 – 15 år) øker personstrømningsraten til et visst punkt før den blir mindre igjen. Denne forskjellen antas å kunne forklares med at de yngste barna er fysisk mindre, og at de har mindre behov for personlig rom (intimsone) rundt seg, samt at de opplever høy persontetthet i mange sammenhenger i hverdagen (eksempelvis på skolen). Disse målingene underbygges også av målinger utført av Kholshevnikov, gjengitt Thompson et al. [33].

Sørensen og Dederichs påpeker at en økende heterogen forsamling vil påvirke gjennomsnittshastigheter, persontettheter og sannsynligvis ødelegge evakueringsflyten [25].

### 3.2.3 Sosiale bånd

I mai 1977 oppsto det brann i Beverly Hills Supper Club, et kompleks med selskapsrom over flere etasjer i en forstad til Cincinnati, Ohio, USA. Til tross for at bygningen hadde en maks kapasitet på ca. 600 personer, var mange flere til stede da brannen brøt ut. Det eksisterer ulike estimerer på hvor mange som var til stede, alt fra 900 til 3000 personer. Det skal i alle fall ha vært en god del



flere enn hva bygningen var dimensjonert for. 165 personer omkom i brannen, og mer enn 200 personer ble skadet [34].

Basert på 253 intervjuer av overlevende har Johnson et al. [35] utført analyser av faktorer som påvirket rømningen. Deres funn tyder på at sosiale bånd spiller en betydelig rolle for personers handlingsmønster under rømning.

Analysene til Johnson et al. viser at de fleste ikke iverksatte umiddelbar rømning på egenhånd etter å ha blitt gjort oppmerksom på situasjonen, men heller rømte som grupper. Gruppene besto av personer med tilknytning til hverandre, eksempelvis ektepar, par, familie, venner, etc. Funnene viser at mange avventet rømningen til de var sikre på at alle i gruppen var samlet og kom seg ut. De som ikke rømte med gruppen sin uttrykte bekymring over å ha blitt separert fra gruppen.

Under brannen var det mange som sto i fare for å bli innestengt på grunn av blokkerte rømningsveier. Ved økende fare for innestenging uttrykte personer en økende bekymring for de andre medlemmene i gruppen. Ett unntak var personer som oppholdt seg i andre etasje. Disse viste et mer individualistisk handlingsmønster, og ble klar over brannen først etter at den kjente rømningsveien var blokkert av flammer. Videre mistet andreetasjen elektrisiteten, og man måtte lete etter alternative rømningsveier i mørket. Det individualistiske handlingsmønsteret kan forklares med at det oppsto panikk - en tilstand hvor selv de sterkeste sosiale bånd brytes ned - eller at datagrunnlaget var mangelfullt, da kun overlevende naturlig nok inngikk i utvalget. Det siste impliserer at de omkomne kan ha vist tilsvarende bekymring for de andre gruppemedlemmene som personer i første etasje, og dermed ikke ha initiert evakuering raskt nok.

Johnson et al. konkluderer med at rømningsmodeller som ikke tar hensyn til sosiale bånd er uegnet for beregninger av scenarier med kollektiv rømning.

## 4 Resultater og diskusjon om brannrisiko i aktivitetscenter

Som beskrevet i avsnitt 1.4. ble totalt ni norske brannkonsepter og seks tilsynsrapporter innhentet, samt tre svenske brannkonsept studert. De norske dokumentene ble gjennomgått for å undersøke hvilke forhold som vektlegges når brannsikkerhetsstrategien utarbeides, og hvorvidt det tas spesielle hensyn til virksomhetenes natur som aktivitetscenter. Videre ble tilsynsrapportene brukt for å evaluere hvorvidt forutsetningene for god brannsikkerhet, som beskrevet i brannkonseptene, etterleves i driftsfasen. I omtalen av disse brannkonseptene og tilsynsrapportene har vi valgt å anonymisere hvilket sted eller aktivitetscenter det dreier seg om, for heller å fokusere på trender i innholdet enn vurderingene til de enkelte brannrådgiverne eller brannvesenene. Det innsamlede materialet er begrenset, og de brannkonsept og tilsynsrapporter som har blitt gjort tilgjengelige er alle av typen lekeland for mindre barn, unntatt ett trampolinesenter mens det er ingen turnhaller representert. Maksimalt besøkerantall varierer for de forskjellige aktivitetscentrene. Trampolinesentret har ett totalt besøkerantall satt til 200 personer, men det er en variasjon på det maksimale besøkerantallet i lekelandene mellom ca 500-900 personer. Det er forskjellige rådgivningsfirmaer som står bak de ulike brannkonseptene.

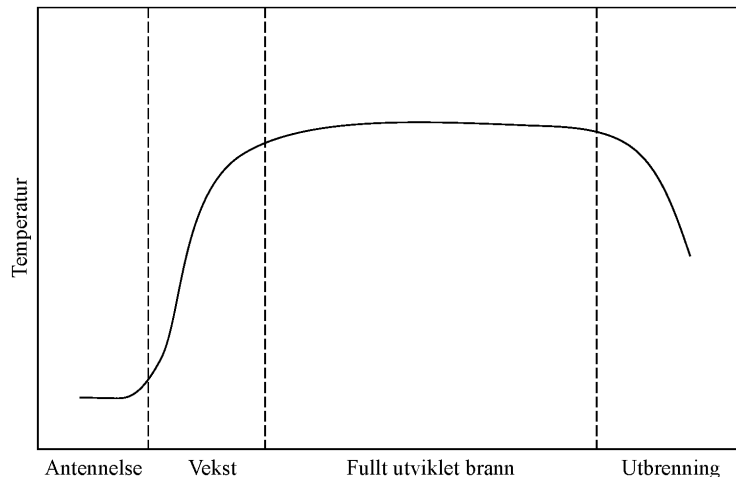
Særlig relevant for dette kapitlet er gjennomgangen av branntekniske konsept og tilsynsrapporter, for å få informasjon om hvilke forhold som vektlegges når brannsikkerhetsstrategien utarbeides og hvordan dette etterleves i driftsfasen. Vi har valgt å sammenstille resultatene fra gjennomgangen med en diskusjon i dette kapitlet. Inkludert i gjennomgangen er også de innspill vi har fått gjennom intervjuene og deltakelse på tilsyn sammen med saksbehandlere ved forebyggende avdeling i brannvesen.

Fokuset er på aktivitetscenter med forskjellige typer innendørsaktiviteter som retter seg mot ulike aldersgrupper, eksempelvis:

- Lekeland med ulike lekestativ, trampoliner, bursdagsrom, ballbinge etc.
- Trampolinesenter med trampoliner og matter som dekker vegger og gulv.
- Ulike innendørsarrangement for barn, ungdommer og voksne.

Det som fra et brannteknisk perspektiv er spesielt med disse typene virksomheter, er at de gjerne samler et stort antall personer (hvorav en betydelig andel er barn), som ikke er kjent med bygningen. I noen av disse virksomhetene er det store mengder brennbart materiale (for eksempel polyuretanskum og ulike plastmaterialer), særlig gjelder dette lekeland, turnhaller og trampolinesenter, hvor store mengder polstring er nødvendig.

Fokus i prosjektet er tidlig brannutvikling mens rømning fremdeles er mulig, og det er levelige forhold inne i lokalene, det vil si ved fasene antennelse og vekst, se Figur 4-1 nedenfor. I en fullt utviklet brann vil også faktorer som konstruksjonenes brannmotstand i forhold til den totale brannenergien i lokalet spille inn, men dette er altså ikke relevant her. Litt om brannenergi er likevel inkludert, mer om dette i avsnitt 4.1.



Figur 4-1 Fasene i en brann. Fokus i denne studien er på fasene antennelse og vekst. Figuren er basert på Hagen [36].

I de følgende underkapitlene redegjøres det for utfordringer knyttet til antennelse, tidlig brannutvikling, rømning og organisatoriske tiltak. Det redegjøres også for hvilket fokus brannkonseptene har for utfordringer knyttet spesielt til aktivitetssenter og hvilke forhold som eventuelt ikke omhandles i særlig grad i brannkonseptene. I starten av hvert avsnitt gis en oppsummering av de læringspunktene som presenteres i avsnittet.

Vårt generelle inntrykk er at brannkonseptene mangler en helhetlig tankegang. Det gjennomføres i liten grad analyser for de spesifikke tilfellene, hvor man tar hensyn til aktivitet, at flesteparten av de besøkende er barn, innredningsmaterialers brannegenskaper, hva de potensielle antennelseskildene er etc. Til sammenligning ser vi at svenske brannkonsept av aktivitetssenter inneholder flere analyser, simuleringer og beregninger som tar hensyn til nettopp disse faktorene, og dermed har et mer utfyllende grunnlag for de branntekniske anbefalingene som gis.

## 4.1 Antennelse og tidlig brannutvikling

### Hovedfunn – Antennelse og tidlig brannutvikling

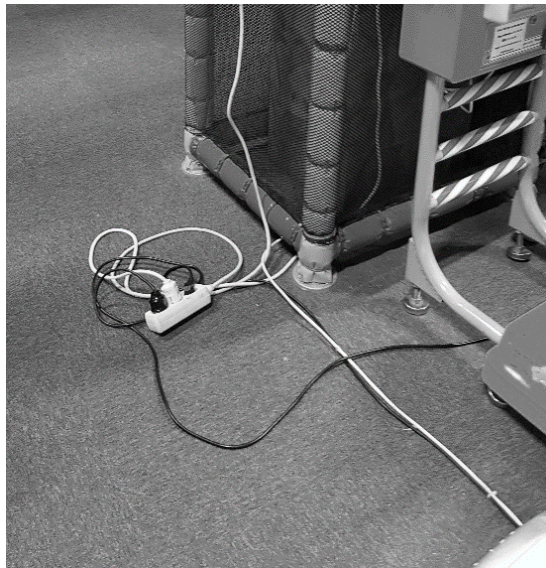
- Utover brannrisiko ved frityr omtaler brannkonsept i liten grad antennelseskilder.
- Under tilsyn påpeker brannvesenet potensielle elektriske antennelseskilder.
- Det mangler dokumentasjon på brannegenskaper til materialer brukt i innredning.
- Når brannkonsept ikke tar hensyn til innredning, og dermed ikke ser på en helhetsvurdering av alt i bygget, kan det gi en lite konservativ vurdering av brannsikkerheten.

### 4.1.1 Antennelseskilder

Potensielle antennelseskilder er viktige parametere i en evaluering av brannrisikoen. Utover brannrisiko i forbindelse med fritering, steking etc. i aktivitetssenterets kjøkken, er andre antennelseskilder i liten grad omhandlet i de gjennomgåtte brannkonseptene. Ved tilsyn er antennelse noe som brannvesenet i større grad er opptatt av, og typiske potensielle antennelseskilder som de peker på inkluderer:

- Elektrisk feil.
- Feil bruk av elektrisk utstyr, for eksempel permanent bruk av skjøteledninger.
- Arbeid på stedet som kan medføre risiko for antennelse, for eksempel i forbindelse med oppussing.

Figur 4-2 viser et eksempel på permanent bruk av skjøteledning som kan utgjøre en brannrisiko. Ledningene ligger tilgjengelig slik at besøkere kan snuble i dem, søle væske på dem, og på andre måter forårsake elektriske feil som kan starte brann.



Figur 4-2 Eksempel på brannrisiko ved permanent bruk av skjøteledninger.

Noen aktivitetssenter har gokart-biler lagret inne i bygningen. Dersom disse drives med batteri, kan det oppstå skader på batteriet som kan lede til brann.

Trampolinesenter kan fremstå som noe mer oversiktlige enn lekeland ettersom de grunnet krav til sikkerhet i trampolinene, har lavere tillatt persontetthet enn det lekeland kan ha. Å avdekke brannfarlige forhold knyttet til elektrisk feil kan imidlertid være en utfordring i trampolinesenter, siden deler av det elektriske anlegget kan ligge skjult under trampolinene. I eksemplet vi tok del av var slik risiko nevnt og det var gitt forslag på hvordan risiko for antennelse kunne forebygges.

### 4.1.2 Materialenes brannegenskaper

En viktig faktor som kan påvirke både nødvendig tid og tilgjengelig tid til rømning, er de branntekniske egenskapene til overflatematerialene, og materialene som utgjør innredningen i lokalet. Brannkonseptene setter i stor grad krav til brannegenskapene til overflatene på vegger,

gulv og tak, da de er godt definert ved preaksepterte ytelser i VTEK. De branntekniske egenskapene til innredningen er imidlertid i svært liten grad omhandlet i brannkonseptene, slik at det ikke er klarlagt hvordan materialene som brukes til innredningen kan påvirke brann- og røykspredning og følgelig rømningsforholdene.

Vanlige materialer i lekestativer, trampoliner, støtdempende gulvmatter etc. er forskjellige plastmaterialer som for eksempel polyvinylklorid (PVC), polyuretanskum (PUR) i polstring, polyetylen (PE) og etylvinylacetat (EVA). Dette er materialer som kan være svært lettantennelige dersom de ikke er behandlet med flammehemmere, og de kan være svært brennbare. I tillegg vil de, når de brenner, utvikle mørk og giftig røyk.

Figur 4-3 viser et eksempel fra et brannkonsept hvor innredningens materialegenskaper er omhandlet. Det angis at polyuretanskummet i polstringen er dekket av «brannhemmende overflater» som skal «reduere antennesselighet og brennbarhet». Det er, etter det vi kan se, ikke dokumentert i hvilken grad antennesselighet og brennbarhet på den sammensatte materialkombinasjonen dermed skal være redusert. Normalt vil det å tilsette flammehemmende midler til et materiale i hovedsak påvirke antennesseligheten, og i mindre grad brennbarheten, spesielt ved eksponering for en stor antennesselighetskilde. Her er det viktig å påpeke at dokumentasjon av de branntekniske egenskapene til hver enkelt materialkomponent som utgjør lekeapparatet ikke vil være tilstrekkelig, men det er de branntekniske egenskapene til de sammensatte materialkombinasjonene som må dokumenteres.

#### 11-9. Materialer og produkters egenskaper ved brann

	Løsning og ytelseskrav	Fag
Generelt på vegger, tak og himlinger	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kledning K<sub>2</sub>10 B-s1,d0 [K1]</li> <li>• Overflater B-s1,d0 [In1]</li> </ul> <p>Byggteknisk forskrift med veiledning angir ikke konkrete ytelseskrav til kledning/overflate til innredningen i lokalene. Lekeapparatene består av metallrør og braketter som er innpolstret (polyuretanskum og vinyl med brannhemmende overflater for å redusere antennesselighet og brennbarhet). I kombinasjon med sprinklerbeskyttelse av lokalene og inne i/under de største apparatene [redacted], samt bruk av aspirasjonsdeteksjon og svært god rømningskapasitet (&gt;13 m fri rømningsbredde for maksimalt 800 personer med utganger direkte i planet) ser vi ikke behov for å stille ytterligere krav til dokumentasjon ang.de branntekniske kvalitetene til innredningen.</p>	Ark
Utvendig, inkl. hulrom i yttervegg	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evt. nye utvendige overflater D-s3,d0 [Ut2]</li> <li>• Evt. ny takteking B<sub>roof</sub>(t2) [Ta]</li> </ul>	Ark
Isolasjon i konstruksjoner	<ul style="list-style-type: none"> <li>• All isolasjon skal generelt være ubrennbar (A2-s1,d0)</li> </ul>	Ark

Figur 4-3 Eksempel på hvordan brannegenskapene til innredningens materialer er blitt omhandlet i et brannkonsept. (Deler av teksten er sladdet for å unngå at virksomheten kan identifiseres.)

Så lenge egenskapene med hensyn til brann- og røykspredning til disse materialene ikke er dokumentert, vil det være nødvendig ta i bruk kompensierende tiltak. Disse tiltakene må da ta høyde for at innholdet i bygningen er lettantennelig ved eksponering for små antennesseliskilder,

er svært brennbart med rask flammespredning, og vil kunne produsere store mengder med svart og giftig røyk.

Eksempelvis vises det ofte til at lokalet er beskyttet med sprinklersystem, og at dette ivaretar personsikkerheten. Vi ser i flere tilfeller at brannkonsept bruker deteksjon og slokkesystem som kompensierende tiltak for å forsvare at brannegenskapene til innredning ikke er tilstrekkelig dokumentert. Argumentet som anvendes er at tidlig deteksjon og aktivisering av slokkesystem vil begrense brann- og røykutvikling. Her forutsettes det altså at slokkesystemet aktiveres tilstrekkelig tidlig, slik at det kan bidra, ikke bare som verdisikrende tiltak, men også til å forlenge tilgjengelig tid til rømning. Men, uten at materialenes branntekniske egenskaper er dokumentert, vil det ikke være mulig å vite om det blir en stor eller liten røyk- og varmeutvikling, som igjen gjør at man ikke kan vite når slokkeanlegget vil aktiveres. Type og plassering av detektorer vil være viktig for deteksjonen, mens type slokkesystem og type og plassering av slokkedyser vil være viktig for begrenning av branntilløp. Et utløst sprinkleranlegg vil kunne medføre reduserte siktforhold i tidligfasen ved at det kalde vannet bryter ned røyksjiktet og gir en omrøring av røykgassene (lokalt/globalt avhengig av dråpestørrelser, trykk, etc).

For å være i stand til å vurdere brannrisikoen, er det derfor nødvendig med detaljert informasjon om antennelse (antennelseskilde og eksponeringstid), flammespredningshastighet, varmeavgivelse, røykproduksjon og giftigheten av røyken som produseres. Uten denne informasjonen vil det hefte store usikkerheter ved estimatene for nødvendig og tilgjengelig tid for rømning. Testmetodene som er nevnt i avsnitt 2.3.1 (NS-EN 1021-1 og 2 samt NS-EN ISO 11925-2) gir kun grunnlag for å vurdere antennelse og flammespredning ved eksponering for en *liten* antennelseskilde. Siden man kan velge mellom hvilken av disse standarder man ønsker å bruke, og kun den ene inneholder kriterier for godkjenning, medfører det at det er mulig å oppfylle dokumentasjonskravene selv om produktet ikke oppviser gode branntekniske egenskaper. Kombinasjonen av få dokumenterte egenskaper, små antennelseskilder og dels manglende godkjenningskriterier gjør at kravene som stilles i norsk regelverk i dag derfor er utilstrekkelige og lite relevante. Svenske Boverkets branntekniske funksjonskrav til fast innredning synes fornuftig og burde ut fra et brannsikkerhetsperspektiv også fungere i Norge.

Rapporten *Brandskydd och lös inredning – en vägledning* [37] gir forslag til forskjellige måter å dimensjonere, teste og dokumentere viktige brannegenskaper til innredning. Ved en forenklet dimensjonering tas hensyn til antennelighet og forbrenningsegenskaper, sett i sammenheng med krav til bygningens overflateegenskaper. Parallellitetsprinsippet introduseres, hvor løs innredning får definerte brannklasser som tilsvarer byggproduktenes brannegenskaper. Krav til innredningens brannegenskaper kan også vurderes ved analytisk dimensjonering, og kan være nyttig ved for eksempel sprinkling av lokalet. Her blir først et objekts forbrenningsegenskaper bestemt, deretter vurderes det hvorvidt en brann i objektet kan spres til nærliggende objekt eller overflate på vegg. Når innredningens brannegenskaper er bestemt, kan så trusselen fra en brann analyseres.

Slik prosjektering av bygg gjennomføres i dag, utarbeides brannkonsept ofte på et tidlig tidspunkt i prosjektet, før innredning er valgt. Innredningen i aktivitetssenter, eksempelvis store lekeapparat eller dempende matter som dekker store gulvareal, kan bidra vesentlig til total brannenergi i rommet. Når brannkonseptet ikke tar hensyn til innredningen, vil den totale brannenergien i bygget kunne gi en høyere varmeutvikling ved brann enn det bygget er dimensjonert for. Når innredningens bidrag ved brann ikke hensyntas kan det derfor føre til en lite konservativ vurdering av brannsikkerheten. En helhetsvurdering av alt i bygget, inkludert innredning, er derfor nødvendig.

### 4.1.3 Begreper som ikke bør forekomme i dokumentasjonen

Noen begreper som ikke bør forekomme i brannteknisk dokumentasjon er

- «Brannsikker»
- «Flammesikker»
- «Flammehemmet» (brukt som definisjon på at noe generelt er brannsikkert)
- «Lav antennelighet», og liknende, uten å spesifisere antennelseskilde og eksponeringsforhold

Ingen av disse begrepene har noen relevans så lenge man ikke relaterer dem til en test- eller klassifiseringsstandard.

Begrepet «ubrennbar», brukt i forbindelse med innredning, er svært begrensende med hensyn til hvilke materialer som kan brukes. Ubrennbare materialer er materialer som metall, keramikk, glass, mineralull etc.).

## 4.2 Rømning

### Hovedfunn - Rømning

- Brannkonsept tar i liten grad hensyn til barn når det gjelder rømning, og det velges lite konservative verdier for nødvendig og tilgjengelig tid for rømning.
- Brannkonsept tar i liten grad hensyn til aktiviteten i aktivitetssenter.
- Brannkonsept tar ikke hensyn til innredning i beregning av fluktvei eller rømningstid, og tar ikke hensyn til at en del av fluktveien kan være inne i et lekeapparat.
- Hver for seg, og særlig til sammen, reduserer disse punktene sikkerhetsmarginen, noe som kan gå på bekostning av brannsikkerheten.
- Mangelfulle eller ingen analyser ved fravik fra preaksepterte ytelser (fluktvei, ledesystem) eller ved bestemmelse av nødvendig tid til rømning, kan gi redusert personsikkerhet ved brann.

Det er mange faktorer som påvirker muligheten for rømning og hvor effektivt rømning kan gjennomføres. Disse kan kategoriseres innenfor byggtekniske forhold, organisatoriske forhold og forhold knyttet til innredningen. Faktorene vil også kunne påvirke hverandre, noe som vil si at dersom man endrer en faktor, kan det også gi utslag i de andre faktorene.

Etter gjennomgang av brannkonsepter ser vi at konstruksjonsrelaterte krav som er tydelig definert i TEK og VTEK ofte blir omhandlet i brannkonseptene. Dette inkluderer eksempelvis bestemmelse av risikoklasse og krav til total bredde på rømningsveier, brannalarmsystem, sprinkling, seksjonering og bærekonstruksjonens og seksjoneringsveggers brannmotstand. Med hensyn til rømningssikkerhet, ser vi at brannkonseptene i liten grad tar hensyn til den spesielle aktiviteten som skal foregå i bygningen. Faktorer av mer organisatorisk eller innredningsmessig

art vies heller ikke særlig oppmerksomhet. I den grad de spesifikke aktivitetene faktisk vurderes, ser vi at brannalarmanlegg og sprinklersystem brukes som begrunnelse for å kunne fravike fra preaksepterte ytelser, uten at en tilstrekkelig konsekvensanalyse er utført.

## 4.2.1 Barns rømning

Det største ankepunktet er at mange av brannkonseptene i liten grad problematiserer det faktum at aktivitetssenter ofte har en stor andel barn blant de besøkende, og at dette vil påvirke rømningen og rømningstiden. Noen brannkonsept redegjør for at den samlede tiden for varsling, reaksjon og beslutning og evakuering (nødvendig rømningstid) ikke må overstige tiden det tar før man når kritiske forhold, med hensyn til sikt, temperatur, gasskonsentrasjoner og påkjønning av bærende konstruksjonsdeler i bygningen (tilgjengelig rømningstid). Som referanseverdier for de ulike tidene henvises det til litteratur, eksempelvis «Scenariotänkande vid brandsyn i samlingslokaler» [38] og SINTEF byggdetaljblad 520.385 [23]. Litteraturen oppgir ulike referanseverdier for varslings-, reaksjons- og rømningstid, samtidig som ulike faktorer som påvirker disse tidene er redegjort for. Det finnes imidlertid ingen referanseverdier for tilfeller hvor barn er involvert, men det står eksempelvis at personegenskaper kan påvirke reaksjons- og forflytningstid. Nødvendig rømningstid er en funksjon av hvordan en brann vil utvikle seg, og det er igjen avhengig av hvilke materialer som fanges av brannen. De referanseverdiene som hentes frem fra litteraturen må da være relevante og realistiske for den situasjonen som gjelder, og som nødvendig rømningstid også er basert på.

Det tas lite hensyn til aktiviteten i aktivitetssenter, hvor barn ofte leker uten direkte tilsyn av foresatte, når man beregner nødvendig tid til rømning. Et svensk brannkonsept tegner scenarioet hvor barn leker i lekeapparater samtidig som de foresatte er et annet sted i bygningen, eksempelvis kafeen. Videre beskrives det hvordan voksne vil lete etter sine barn når brannalarmen går, i stedet for å evakuere bygningen. I kapittel 3.2.3 ble det beskrevet hvordan sosiale bånd påvirker evakueringseffektiviteten, og at personer nøler med å rømme før de er forsikret om at de de kjenner er i sikkerhet eller holder på å rømme selv. Det sosiale båndet mellom barn og foreldre er svært sterkt, og man må anta at dette vil få en uttalt effekt på rømningseffektiviteten, og følgelig på rømningstiden i aktivitetssenter.

Det fremstår også svært sannsynlig at det i et tilfelle med brann- og røykutvikling, hvor de voksne begynner å lete etter sine barn, raskt vil oppstå kaos- og panikksituasjoner. De voksne vil sannsynligvis nekte å evakuere bygget før barna deres er lokaliserte. Barna som leker i lekeapparatene vil reagere ulikt, ofte avhengig av deres alder. Som nevnt i kapittel 3.2.1 vil mange barn ikke reagere på brannalarmen i det hele tatt, men heller fortsette leken. Dette krever at voksne hjelper barna ut. Andre studier har vist at barn ofte blir redde av brannalarmer, og gjemmer seg i stedet for å evakuere [39], noe som også krever assistanse fra voksne.

Med mindre ansatte ved aktivitetssenteret raskt åpner veggene i lekeapparatene (for eksempel ved hjelp av egnede kniver eller glidelåser), og gjør det mulig å nå barna i apparatet, kan man tenke seg en situasjon der voksne forsøker å gå inn i lekeapparatene for å nå barna. De vil dermed hindre rømningen for barna som er på vei ut av apparatet.

I ett av brannkonseptene var en reaksjons- og beslutningstid på 3,5 minutter valgt som en av inputverdiene når nødvendig rømningstid skulle beregnes. Denne verdien tilsvarer ifølge byggdetaljbladet [23] rømning av et varehus med klokkealarm. Et annet brannkonsept henviser

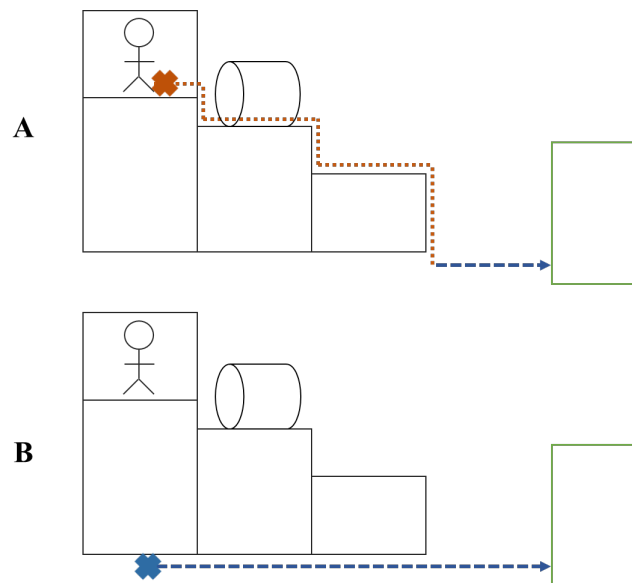


til Abrahamsson [38] og velger 3 minutter som en konservativ verdi for reaksjons- og beslutningstid. I brannøvelser i barnehager og på skoler ble det vist at organisering av evakuering kunne ta opptil 8 - 10 minutter for barn i ulike aldersgrupper. Gitt langt høyere besøkstall i aktivitetscenter enn i barnehager og skoler, samt potensielt langt mer uoversiktlige og kaotiske situasjoner, virker det svært lite konservativt å anta reaksjons- og beslutningstid på 3-4 minutter.

Når brannkonsept ikke tar hensyn til den aktiviteten som skal foregå i bygget, og heller ikke tar spesielle hensyn til at barn er involvert, kan det gi redusert personsikkerhet ved brann.

## 4.2.2 Fluktvei

I følge VTEK §11-13 skal maksimal fluktvei, det vil si maksimal avstand fra hvilket som helst sted i en branncelle til nærmeste utgang, ikke overskride 30 meter. I de gjennomgåtte brannkonseptene er fluktvei utelukkende regnet fra gulvnivå, og man har antatt horisontal rømning. Dette innebærer at man ikke tar hensyn til at personer kan befinne seg i lekeapparater, som gjerne kan være flere etasjer høye. Å måtte klatre ned fra og gjennom apparater, påvirker både rømningslengde og rømningshastighet (se Tabell 3-2 og Tabell 3-3 for sammenligning mellom barns forflytningshastighet på flatt gulv og ned trapper, selv om trapper kan være enda mer komplisert enn trapper og dermed krever enda mer tid). Dette har også blitt påpekt i en av tilsynsrapportene som er gjennomgått. Forskjellen på fluktvei som tar hensyn til innredning og fluktvei som ikke tar hensyn til innredning kan være stor, som illustrert i Figur 4-4.



Figur 4-4 Illustrasjon av fluktvei (oransje/blå pil) til nødutgang (grønn dør). Fluktvei (A) tar hensyn til innredning og (B) tar ikke hensyn til innredning siden fluktveiens startsted (kryss) er på bakkeplan. Personens bevegelsesfart vil være annerledes ned fra en sammensatt konstruksjon for lek (eksempelvis et lekeapparat) enn ved fri, horisontal bevegelse. Ulike bevegelsesfart er illustrert med ulike piler for fluktvei på ulike områder: prikket linje ned fra den sammensatte konstruksjonen, og stiplet linje ved fri, horisontal bevegelse.

Som beskrevet i avsnitt 2.3, fins det i NS-EN 1176-10 [15] en standardisert metode for å beregne avstander internt i lekeapparat, og det angis en maksimal avstand på 18 meter fra ethvert punkt inne i lekeutstyret og frem til utgangen fra lekeutstyret. Her er blant annet en evakueringsklike

oppgitt som en måte å forkorte avstanden på. I gjennomgangen av tilsynssaker ble det funnet ett tilfelle hvor det ble montert en ekstra sklie fra de øvre deler av lekeapparatene, for å bedre rømmingskapasiteten og -tiden, slik at brukerne kunne komme raskere ned til gulvplan. Skliene ble montert etter at brannvesenet hadde gitt pålegg om at rømmingssikkerheten skulle utbedres.

Videre ser vi at enkelte brannkonsept argumenterer for at man kan tillate lengre fluktveier enn 30 meter, eksempelvis 45 meter (+50 %), da tiden det tar å forflytte seg den ekstra avstanden er forsvinnende liten i forhold til tiden man bruker før man starter å forflytte seg. Dette er en lite konservativ løsning.

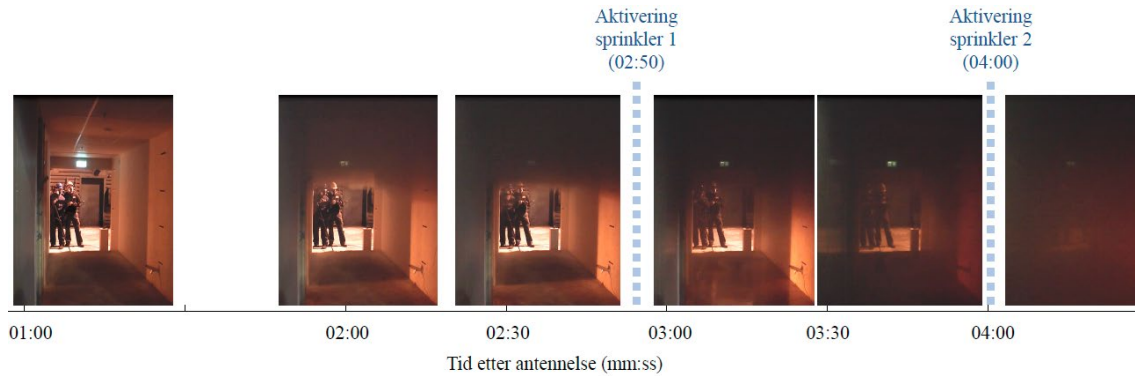
Vår vurdering er at man må ta hensyn til innredningen for å ivareta rømmingssikkerheten. En løsning på dette er å inkludere forflytning internt i innredningen i beregning av fluktvei, ettersom denne skal angi maksimal avstand fra hvilket som helst sted i branncelle til nærmeste utgang. Det vil si at dersom en person eksempelvis befinner seg inne i et lekeapparat, må det tas hensyn til forflytning fra der personen befinner seg (oppholdssted) og ned til bakkeplan. En annen mulig løsning er å ta hensyn til tiden det tar å komme seg ut fra lekeapparatet i beregning av rømmingstid. Sistnevnte metode vil kunne ta hensyn til ulike bevegelseshastigheter i ulike deler av innredningen, eksempelvis via et klatrenett, en gangbro eller en sklie.

Når innredningen skal hensyntas for rømming er det også viktig, som nevnt i avsnitt 2.3.2, at innredningen ikke deformeres under brannpåvirkning slik at det kan forhindre rømming gjennom strukturen og følgelig utgjøre en fare.

### 4.2.3 Ledesystem

Flere av brannkonseptene fraviker fra kravet om lavtsittende ledesystem. Fraviket begrunnes med at det ikke blir behov for slikt ledesystem ettersom romvolumet er stort og det er høyt under taket, og at det dermed vil ta tid før det bygger seg opp et røyksjikt som er såpass tykt at det vil påvirke rømming til personer i fluktveiene. Samtidig argumenteres det for å fravike fra ytelseskravet om maksimalt 30 meter fluktvei fordi bygget er sprinklet, og at dette øker tilgjengelig tid til rømming. Dette impliserer at man antar at slokkeanlegget blir utløst før alle besøkende har kommet seg ut av bygningen. Når man fører en slik argumentasjon må man også være klar over at slokkeanlegget kan bryte ned røyksjiktet og redusere sikten, også på gulvnivå.

Blanchard et al. [40] undersøkte hvordan ulike slokkeanlegg påvirket røyksjiktene oppunder taket i en korridor. Studien konkluderte med at slokkeanleggets vanntrykk, og sannsynligvis dråpestørrelsen, korrelerer med i hvilken grad slokkeanlegget bryter ned røyksjiktet. Vanntåkeanlegg førte til total nedbryting av røyksjiktet, noe som reduserte sikten i rømmingsveien betraktelig. Dette ble også bekreftet av Morlon et al. [41]. Sprinkleranlegg med høyt trykk hadde noenlunde samme effekt som vanntåkeanlegget, mens sprinkleranlegg med lavt trykk kun brøt ned røyksjiktet lokalt (i sprayområdet) [40]. Et eksempel på nedbryting av røyksjikt i en korridor er vist i Figur 4-5.



Figur 4-5 Eksempel på hvordan turbulens i lufta (her dannet ved aktivering av slokkeanlegg) kan bryte ned røyksjiktet og gi redusert sikt. Tilsvarende vil annen turbulensskapende aktivitet også kunne påvirke sikt og røyksjiktning. Bildene er hentet fra datamateriale fra prosjekt presentert av Mikalsen [42], med tillatelse.

I enkelte situasjoner kan disse fravikene virke fornuftige. Men gitt de svært lite konservative verdiene som benyttes i beregningene av nødvendig tid til rømning, samt lite kunnskap om hvordan innredningen kan oppføre seg i en brann, går det utover allerede pressede sikkerhetsmarginer. Man står dermed i fare for å beskrive løsninger som går på bekostning av brannsikkerheten.

## 4.3 Organisatoriske tiltak

### Hovedfunn - Organisatoriske tiltak

- Brannkonseptene omhandler i liten grad organisatoriske forhold utover veiledningstekst i VTEK. Det blir dermed i stor grad opp til byggeier/virksomhetseier å tolke hvordan organisatoriske forhold skal dokumenteres og tilpasses aktivitetssenter.
- Tilsyn viser at det ofte er avvik i gjennomføring av organisatoriske tiltak i driftsfasen, selv om det er tydelig i regelverket. Dette kan tyde på at på byggeiere og virksomhetseiere har behov for assistanse og opplæring i hvilket regelverk som gjelder, samt hvordan man skal iverksette og følge opp organisatoriske tiltak, ut fra det som fremkommer i brannkonseptet.

Organisatoriske tiltak blir i liten grad omhandlet i brannkonseptene. I de tilfellene hvor organisatoriske forhold er nevnt, er det ofte i generelle vendinger, og lite spesifikt for det aktuelle bygget og den aktiviteten som skal finne sted der. Det refereres direkte til VTEK §11-12 fjerde ledd, som sier at det skal foreligge evakueringsplaner for bygget før det tas i bruk. En evakueringsplan omfatter ifølge veiledningen prosedyrer for rapportering av hendelser som krever evakuering, beskrivelse av hvilke hendelser som krever evakuering, beskrivelse av interne kommandolinjer, oppgavebeskrivelser for personer som har en rolle i evakueringen, plan for øvelser og rømningsplaner.

I de gjennomgåtte tilsynsrapportene kommer det frem at det ofte er organisatoriske forhold som er mangelfulle i driftsfasen. Eksempelvis er det avvik vedrørende manglende plan for

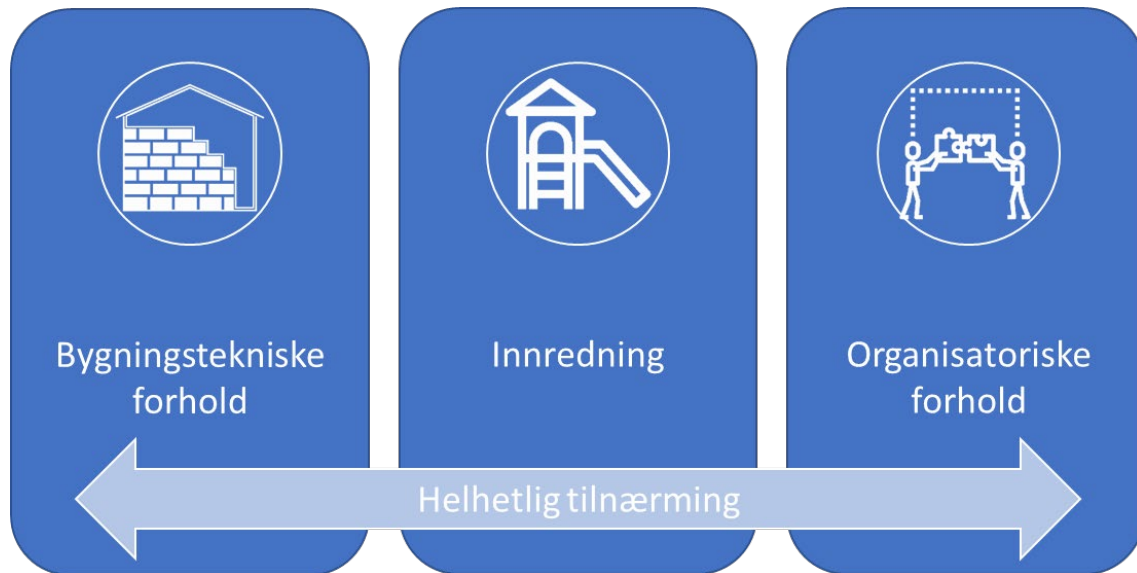
gjennomføring av brannøvelser, samt dokumentasjon av gjennomførte brannøvelser. I de tilfellene hvor det har blitt gjennomført brannøvelser, er de gjerne gjennomført utenfor åpningstid med langt lavere antall personer enn det som reelt kan befinne seg i lokalet i løpet av åpningstiden. Dette er forståelig med tanke på at å iverksette en storstilt øvelse mens senteret er åpent for besøkende, kan virke skremmende på de minste barna, og det kan i tillegg være økonomisk belastende for virksomheten. Det er uansett viktig å ha tydelige læringsmål for øvelsen, at øvelsen blir evaluert opp mot disse målene i ettertid, og at dette dokumenteres på tilfredsstillende måte.

Et annet eksempel på avvik som avdekkes under tilsyn, er mangelfullt system for telling av antall besøkende. Besøksantallet kan ha stor betydning for rømmingssikkerheten. I brannkonseptene er beregningen av maksimumsantallet enten basert på antall og samlet bredde på nødutganger, eller basert på persontetthetsberegninger med utgangspunkt i lokalets areal. Fra brannvesenet hører vi at det ikke er enighet om hvordan besøksantallet i bruksfasen skal estimeres, med andre ord er det ikke klart hvordan man skal etterleve maksimumsantallet i praksis.

I kommunikasjonen mellom byggeiere og brannvesen fremkommer det en viss frustrasjon fra byggeiere som ønsker veiledning fra brannvesen om hvordan avvik kan lukkes. Brannvesenet på sin side er tilsynsmyndighet, og har derfor ikke ansvar for å presentere hvilken dokumentasjon som er tilstrekkelig, men heller å påpeke avvik. Regelverket er tydelig på hva som er byggeiers ansvar og plikter, se avsnitt 2.1. Når det likevel oppstår frustrasjon, kan det tyde på at byggeiere og virksomhetsiere har behov for assistanse og opplæring i hvilket regelverk som gjelder, samt hvordan man skal iverksette og følge opp organisatoriske tiltak med bakgrunn i brannkonseptet. For å få en rask oversikt over byggeieres plikter og ansvar, kan DSBs veileder for *Systematisk sikkerhetsarbeid for bygningseiere* [43] benyttes. Tidlig involvering av brannrådgiver, samt en åpen dialog med brannvesen i tilsynssaker kan være nyttig.

## 4.4 Helhetlig vurdering av brannsikkerheten

Først når en grundig, kvalifisert helhetsvurdering av brannsikkerheten blir gjennomført, som både tar hensyn til bygningsmessige forhold, innredning og organisatoriske forhold sett i sammenheng (se Figur 4-6), kan man si at aktivitetssenter er godt rustet for å ivareta brannsikkerhet. Gjennom en slik helhetsvurdering vil man også ha dokumentert brannsikkerhetsnivået.



Figur 4-6 Helhetlig syn på brannsikkerheten i aktivitetssenter, hvor den lys blå pilen understreker at samspill mellom bygningstekniske forhold, innredning og organisatoriske forhold er svært viktig.

## 5 Konklusjoner

Brannsikkerheten skal ivaretas dels ved brannprosjekteringen, og dels i driftsfasen gjennom systematisk sikkerhetsarbeid (sikre produkter og god organisering). Vårt generelle inntrykk er imidlertid at arbeidet knyttet til brannsikkerhet mangler en helhetlig tankegang fra planleggingsfasen videre over i driftsfasen. Brannkonseptene inneholder i liten grad analyser for de spesifikke tilfellene, hvor man tar hensyn til den spesielle aktiviteten, at flesteparten av de besøkende er barn, innredningsmaterialers brannegenskaper, hva de potensielle antennelseskildene er etc. Selv om innredningen er en sentral del av virksomheten vies det liten oppmerksomhet, både i planleggingsfasen og driftsfasen, til innredningens brannegenskaper og hvordan den kan påvirke rømningsforholdene.

Vår konklusjon fra denne studien er derfor at aktivitetssenter generelt ikke kan sies å være godt rustet for å redusere risiko for antennelse og brannspredning, røykutvikling, utvikling av høye temperaturer og håndtering av evakuering ved brann. Dette begrunnes med at antennelseskilder, materialers brannegenskaper samt barns atferd ved brann i liten grad er risikovurdert eller dokumentert på en god måte.

Følgende krav bør stilles til innredning som er festet til, sammenføyet med eller innebygd i bygningsdel (herunder mener vi at alle større deler av innredning må inkluderes, for eksempel klatrestativ i aktivitetssenter, støtdempende matter på vegger og gulv, samt dekorative overflater):

- Skal være vanskelige å antenne (med relevant antennelseskilde).
- Skal ikke bidra til rask brannspredning.
- Skal ikke utvikle store mengder varme eller røykgasser.
- Skal ikke deformeres ved liten brannpåvirkning slik at innredningen utgjør en fare.
- Skal ikke falle ned eller på annen måte endres slik at risiko for personskade øker.
- Skal ikke smelte og dryppe utenfor brannens senter.

Videre er det behov for:

- Kompetanseheving for virksomhetseiere mht. plikter knyttet til brannsikkerhet, spesielt med tanke på:
  - Materialers brannegenskaper.
  - Rømningsforhold.
  - Antennelsesrisiko (f. eks. elektrisk utstyr).
- Bedre analyser ved fravik fra preaksepterte løsninger for ledesystem.
- Bedre brannkonsepter, som tar hensyn til
  - en helhetsvurdering av hele bygningens konstruksjon og innhold som grunnlag for bygningens sikkerhetsfilosofi.
  - barns rømningshastighet.
  - at fluktveiene er komplekse og at forflytning gjennom lekestativ tar lenger tid enn ved horisontal forflytning på plant gulv.
- Å tydeliggjøre definisjonen av fluktvei i lokaler med høye, komplekse strukturer.

# Referanser

- [1] “Kollegiet for brannfaglig terminologi,” 22 Oct. 2018. [Online]. Available: <http://www.kbt.no>.
- [2] Justis- og beredskapsdepartementet, *Lov 14. juni 2002 nr. 20 om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver*. 2002.
- [3] Justis- og beredskapsdepartementet, *Forskrift 17. desember 2015 nr. 1710 om brannforebygging*. 2015.
- [4] “Veiledning til forskrift om brannforebygging.” Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2016.
- [5] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, *Forskrift 19. juni 2017 nr. 840 om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift, TEK17)*. 2017.
- [6] Samferdselsdepartementet, *Lov 1. juli 2017 nr. 30 om fornøylesinnretninger*. 2017.
- [7] Samferdselsdepartementet, *Forskrift 1. juli 2017 nr. 907 om fornøylesinnretninger*. 2017.
- [8] “Innretningar - Disse innretningstypene fører vi tilsyn med,” *Statens jernbanetilsyn*, 28 Feb. 2019. [Online]. Available: <https://www.sjt.no/fornoyelsesinnretninger/regelverk/innretningar/>.
- [9] Direktoratet for byggkvalitet, *Veiledning om tekniske krav til byggverk (VTEK)*. 2017.
- [10] *Lov 06. november 1976 nr. 79 om kontroll med produkter og forbrukertjenester (produktkontrollloven)*. .
- [11] Justis- og beredskapsdepartementet, *Forskrift 19. juli 1996 nr. 703 om sikkerhet ved lekeplassutstyr*. 1996.
- [12] “Sikkerhet på lekeland - informasjon til deg som driver lekeland.” [Online]. Available: <https://www.dsb.no/lover/produkter-og-forbrukertjenester/fakta/sikkerhet-pa-lekeland---informasjon-til-deg-som-driver-lekeland/>. [Accessed: 16 Mar. 2018].
- [13] “NS-EN 1176-1:2017 Lekeplassutstyr og underlag. Del 1: Generelle sikkerhetskrav og prøvingsmetoder.” Standard Norge, 2017.
- [14] “CEN/TR 16598:2014 Collection of rationales for EN 1176 - Requirements.” CEN-European Committee for Standardization.
- [15] “NS-EN 1176-10:2008 Lekeplassutstyr og underlag. Del 10: Spesielle tilleggskrav til sikkerhet og prøvingsmetoder for fullstendig innelukket lekeutstyr.” Standard Norge, 2008.
- [16] “EN ISO 11925-2:2010 Reaction to fire tests -Ignitability of products subjected to direct impingement of flame - Part 2: Single-flame source test.” CEN-European Committee for Standardization, 2010.
- [17] “NS-EN 13501-1:2009 Brannklassifisering av byggevarer og bygningsdeler - Del 1: Klassifisering ved bruk av resultater fra prøving av materialers egenskaper ved brannpåvirkning.” Standard Norge, 2009.
- [18] “EN 1021-1:2014 Furniture - Assessment of the ignitability of upholstered furniture - Part 1: Ignition source smouldering cigarette.” CEN-CENELEC, Brussels, 2014.
- [19] “EN 1021-2:2014 Furniture - Assessment of the ignitability of upholstered furniture - Part 2: Ignition source match flame equivalent.” CEN-CENELEC, Brussels, 2014.
- [20] *Boverkets byggregler - föreskrifter och allmänna råd, BBR konsoliderad version*. 2018.
- [21] “Plan- och byggtermer 1994,” *Rikstermbanken*, 03 Nov. 2010. [Online]. Available: <http://www.rikstermbanken.se/mainMenu.html>. [Accessed: 20 Nov. 2018].
- [22] J. A. Westlund, “Tilgjengelig rømningstid ved brann,” SINTEF Byggforsk, Byggdetaljer 520.387, Mai. 2016.
- [23] T. Øverby, “Nødvendig rømningstid ved brann,” SINTEF Byggforsk, Byggdetaljer 520.385, Mai. 2016.
- [24] M. J. Seitz and G. Köster, “Natural discretization of pedestrian movement in continuous space,” *Phys. Rev. E*, vol. 86, no. 4, p. 046108, Oct. 2012.

- [25] J. G. Sørensen and A. Dederichs, “Evacuation from a complex structure - The effect of neglecting heterogeneous populations,” in *Transportation Research Procedia*, pp. 792–800.
- [26] U. Weidmann, “Transporttechnik der Fußgänger (Transportation technique for pedestrians),” *Schriftenreihe Inst. Für Verkehrsplanung Transp. Straßen-Eisenbahnbaunummer 90*, 1993.
- [27] J. M. Dabbs and N. A. Stokes, “Beauty is Power: The Use of Space on the Sidewalk,” *Sociometry*, vol. 38, no. 4, pp. 551–557, 1975.
- [28] J. J. Fruin, “Pedestrian Planning and Design,” Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners Inc., New York, NY, USA, 1971.
- [29] A. R. Larusdottir, A. Dederichs, and D. Nilsson, “Evacuation of Children,” Technical University of Denmark, Denmark, BYG Rapport R-295, ISBN: 9788778773814, 2014.
- [30] V. V. Kholoshevnikov, D. A. Samoshin, and A. P. Parfenenko, “Pre-school and school children building evacuation,” State Moscow University of Civil Engineering, Academy of State Fire Service of Russia, Moscow, Russia.
- [31] A. R. Larusdottir and A. S. Dederichs, “Evacuation of Children: Movement on Stairs and on Horizontal Plane,” *Fire Technol.*, vol. 48, no. 1, pp. 43–53, 2012.
- [32] A. R. Larusdottir and A. S. Dederichs, “A step towards including children’s evacuation parameters and behavior in fire safe building design,” in *Fire Safety Science*, 2011, pp. 187–195.
- [33] P. Thompson, D. Nilsson, K. Boyce, and D. McGrath, “Evacuation models are running out of time,” *Fire Saf. J.*, vol. 78, pp. 251–261, 2015.
- [34] “Beverly Hills Supper Club fire,” *Wikipedia*. 26 Jun. 2018.
- [35] N. R. Johnson, W. E. Feinberg, and D. M. Johnston, “Microstructure and Panic: The Impact of Social Bonds on Individual Action in Collective Flight from the Beverly Hills Supper Club Fire,” in *Disasters, Collective Behavior and Social Organization*, R. R. Dynes and K. Tierney, Eds. Newark, DE, USA: University of Delaware Press, 1994, pp. 168–189.
- [36] B. C. Hagen, *Grunnleggende brannteknikk*. Haugesund, Norway: Hagens forlag, 2004.
- [37] B. Sundström, S. Bengtsson, M. Olander, I. Larsson, and A. Apell, “Brandskydd och lös inredning - En vägledning,” SP Fire Research, SP Rapport 2009:30, 2009.
- [38] M. Abrahamsson, “Scenariotänkande vid brandsyn i samlingslokaler,” Insitutionen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet, Lund, Sverige, 1997.
- [39] I. Miller, “Human Behaviour Contributing to Unintentional Residential Fire Deaths 1997-2003,” Heimdall Consulting Ltd, New Zealand, New Zealand Fire Service Commission Research Report Number 47. ISBN: 1-877349-12-7, Feb. 2005.
- [40] E. Blanchard, R. Morlon, G. Parent, P. Fromy, P. Boulet, and D. Borgiallo, “Experimental Study of the Interaction Between Water Sprays and Smoke Layer,” *Fire Technol.*, vol. 54, no. 2, pp. 479–501, Mar. 2018.
- [41] R. Morlon *et al.*, “Study of De-stratification and Optical Effects Observed During Smoke/Mist Interactions,” *Fire Technol.*, vol. 51, no. 5, pp. 1231–1248, Sep. 2015.
- [42] R. F. Mikalsen, “Studie av synlighet til høytmonterte markeringsskilt i brannrøyk,” SP Fire Research, Trondheim, Norway, SPFR A15-20095-1, Mar. 2015.
- [43] “Systematisk sikkerhetsarbeid for bygningseiere,” Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap *et al.*, Tønsberg, 2378, Oct. 2017.



Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,200 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

Gjennom internasjonalt samarbeid med akademi, næringsliv og offentlig sektor bidrar vi til et konkurransekraftig næringsliv og bærekraftig samfunn. RISEs 2 200 medarbeidere driver og støtter alle typer innovasjonsprosesser. Vi tilbyr et hundretalls test- og demonstrasjonsmiljø for framtidssikre produkter, teknikker og tjenester. RISE Research Institutes of Sweden eies av den svenske staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB  
Postboks 4767 Torgarden, 7465 TRONDHEIM  
Telefon: 464 18 000  
E-post: [post@risefr.no](mailto:post@risefr.no), Internett: [www.risefr.no](http://www.risefr.no)

RISE Fire Research  
RISE-rapport 2019:01  
ISBN: 978-91-88907-13-4