



Høgskulen på Vestlandet

Bacheloroppgave Brannteknikk

ING3037

Predefinert informasjon

Startdato:	30-04-2019 15:50	Termin:	2019 VÅR
Sluttdato:	08-05-2019 14:00	Vurderingsform:	Norsk 6-trinns skala (A-F)
Eksamensform:	Bacheloroppgave med muntlig presentasjon/eksaminasjon		
SIS-kode:	203 ING3037 1 PRO-1 2019 VÅR Haugesund		
Intern sensor:	(Anonymisert)		

Deltaker

Kandidatnr.: 105

Informasjon fra deltaker

Tittel *: Bruk av historiske data i sannsynlighetsanalyser
Engelsk tittel *: Use of historical data in probability analysis
Egenerklæring *: Ja **Inneholder besvarelsen Nei**
konfidensiell materiale?:

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

Gruppe

Gruppenavn: (Anonymisert)
Gruppenummer: 11
Andre medlemmer i gruppen: Deltakeren har innlevert i en enkeltmannsgruppe

Jeg godkjenner avtalen om publisering av bacheloroppgaven min *

Ja



Bruk av historiske data i sannsynlighetsanalyser

Erik Nyström
Bacheloroppgave
Linje og studieretning
Haugesund

Kandidatnummer: 105
Høgskolen på Vestlandet, HVL
Branningeniør, sikkerhetsingeniør
Mai 2019

BACHELORPROSJEKT

Studenten(e)s navn: Erik Nyström

Linje & studieretning Branningeniør, brannsikkerhet

Oppgavens tittel: *Bruk av historiske data i sannsynlighetsanalyser*

Oppgavetekst:

Hverdagen til en brannrådgiver består av å foreta ulike typer av risikovurderinger med hensyn på brann. En gjentakende arbeidsoppgave som innfatter risikovurderingen er vurdering av brannsikkerheten i eksisterende bygninger eller i forbindelse med oppføring av nye byggverk. Myndighetene har derfor valgt å stille krav til at brannsikkerheten dokumenteres skriftlig, slik at det er mulig å etterprøve at risikovurderingen samsvarer med gjeldende forskrifter og lovverk. En vanlig fremgangsmåte for dokumentering av brannsikkerheten ved analyse er ved bruk av NS 3901. I standarden angis at sannsynligheten for et mulig branntilløp kan fastsettes med utgangspunkt i historiske data og ekspertvurderinger. NS 3901 beskriver også pålitelighetsanalyse som en mulig underliggende analyseteknikk. Det er imidlertid gitt uttrykk for utfordringer ved vurdering av sannsynlighet i henhold til denne standarden. Dette skyldes manglende tilgang til pålitelighetsdata og historiske data. Dette kan føre til usikkerheter ved fastsettelse av aktuelt risikobilde og videre hvis der er nødvendig å innføre risikoreducerende tiltak. Valg av sannsynlighetsreducerende tiltak er direkte avhengig resultatet fra sannsynlighetsanalysen som igjen er basert på pålitelighetstall og historiske data. Derfor er det viktig at pålitelighetstall og historiske data er tilforlidelige og tilegnelige slik at de riktige sannsynlighetsreducerende tiltak blir valgt. Samlet sett vil dette kunne svekke dokumentering av brannsikkerheten og øke sannsynligheten for et potensielt branntilløp.

I denne oppgaven skal det undersøkes hvordan pålitelighetsdata og historiske data kan bidra til å kvantifisere sannsynligheten eller frekvensen for brann i henhold til NS 3901. Dette skal oppnås ved hjelp av en litteraturstudie som kompletteres av en mindre case studie. Litteraturstudien skal presentere de vitenskapelige metodene som har blitt brukt i rapporten og beskrive teorien bak og verktøyene som fordres for vurdering av sannsynlighet. Case studien skal se nærmere på sannsynlighetsvurdering for brann i en tidligere utført risikovurdering på Rambøll. Hensikten med case studien er å se på forbedringsmuligheter for sannsynlighetsvurdering for brann.

Endelig oppgave gitt: *Onsdag den 27. februar 2019*

Innleveringsfrist: Onsdag 8.mai 2019 kl. 12.00

Intern veileder: Jon Arve Brekken

Ekstern veileder: *Magnus Van der Ytreland,
Rambøll Norge AS, Fire and Safety, Oslo*

Emailadresse ekstern veileder: *magnus.ytreland@ramboll.no*

Godkjent av
studieansvarlig:
Dato:

BACHELORPROSJEKT

Studenten(e)s navn: Erik Nyström

Linje & studieretning Bachelor i ingeniørfag, Brannsikkerhet

Oppgavens tittel: *Bruk av historiske data i sannsynlighetsanalyser*

Oppgavetekst:

Hverdagen til en brannrådgiver består av å foreta ulike typer av risikovurderinger med hensyn på brann. En gjentakende arbeidsoppgave som innfatter risikovurderingen er vurdering av brannsikkerheten i eksisterende bygninger eller i forbindelse med oppføring av nye byggverk. Myndighetene har derfor valgt å stille krav til at brannsikkerheten dokumenteres skriftlig, slik at det er mulig å etterprøve at risikovurderingen samsvarer med gjeldende forskrifter og lovverk. En vanlig fremgangsmåte for dokumentering av brannsikkerheten ved analyse er ved bruk av NS 3901. I standarden angis at sannsynligheten for et mulig branntilløp kan fastsettes med utgangspunkt i historiske data og ekspertvurderinger. NS 3901 beskriver også pålitelighetsanalyse som en mulig underliggende analyseteknikk. Det er imidlertid gitt uttrykk for utfordringer ved vurdering av sannsynlighet i henhold til denne standarden. Dette skyldes manglende tilgang til pålitelighetsdata og historiske data. Dette kan føre til usikkerheter ved fastsettelse av aktuelt risikobilde og videre hvis det er nødvendig å innføre risikoreducerende tiltak. Valg av sannsynlighetsreducerende tiltak er direkte avhengig resultatet fra sannsynlighetsanalysen som igjen er basert på pålitelighetstall og historiske data. Derfor er det viktig at pålitelighetstall og historiske data er tilforlidelige og tilegnelige slik at de riktige sannsynlighetsreducerende tiltak blir valgt. Samlet sett vil dette kunne svekke dokumentering av brannsikkerheten og øke sannsynligheten for et potensielt branntilløp.

I denne oppgaven skal det undersøkes hvordan pålitelighetsdata og historiske data kan bidra til å kvantifisere sannsynligheten eller frekvensen for brann i henhold til NS 3901. Dette skal oppnås ved hjelp av en litteraturstudie som kompletteres av en mindre case studie. Litteraturstudien skal presentere de vitenskapelige metodene som har blitt brukt i rapporten og beskrive teorien bak og verktøyene som fordres for vurdering av sannsynlighet. Case studien skal se nærmere på sannsynlighetsvurdering for brann i en tidligere utført risikovurdering på Rambøll. Hensikten med case studien er å se på forbedringsmuligheter for sannsynlighetsvurdering for brann.

Endelig oppgave gitt: Onsdag den 27. februar 2019

Innleveringsfrist: Onsdag 8.mai 2019 kl. 12.00

Intern veileder: Jon Arve Brekken

Ekstern veileder: Magnus Van der Ytreland,
Rambøll Norge AS, Fire and Safety, Oslo

Emailadresse ekstern veileder: magnus.ytreland@ramboll.no

Godkjent av
studieansvarlig:

Dato:

Jordvik Henningsen
30/4 - 19

Oppgavens tittel		Rapportnummer
Bruk av historiske data i sannsynlighetsanalyser		<i>(Fylles ikke ut)</i>
Utført av Erik Nyström		
Linje Sikkerhet, Brannteknikk		Studieretning Branningeniør, brannsikkerhet
Gradering Åpen	Innlevert dato	Veiledere Magnus Van der Ytreland Jon Arve Brekken

Ekstrakt

Dette studiet omhandler hvordan pålitelighetsdata og historiske data kan bidra til å bedre estimere sannsynligheten for brann. Studien bekrefter teorien om at det eksisterer generelt lite brannstatistikk, særlig norsk statistikk, som kan legges til grunn for vurdering av sannsynligheten for brann.

Pålitelighetsdata beskriver feilfrekvensen til et system, mens historiske data beskriver erfaringsdata for systemet, hvor optimale forutsetninger og forhold for systemet identifiseres. Sammen kan historisk data og pålitelighetsdata benyttes for å valg av sannsynlighetsreducerende tiltak med hensyn på ønsket effekt og gjeldene forutsetninger. Mer kunnskap hva gjelder effekten, påliteligheten og brukeroområde for et sannsynlighetsreducerende tiltak, tilrettelegger for nøyaktigere vurdering av sannsynligheten for brann.

Sammen drag

Norske myndigheter krever at brannsikkerheten i norske bygninger skal dokumenteres ved å bruke preaksepterte løsninger eller ved analyse. I den norske standarden NS 3901, angis forslag til godkjente analysemetoder. Standarden angir to analysemetoder; komparativ analyse og risikoanalyse. Ved valg av risikoanalyse er den branntekniske rådgiveren nødt til å foreta en vurdering av sannsynligheten for brann, i tillegg til konsekvensene som følge brann. I dag er det vanskelig å gjennomføre nøyaktig vurdering for sannsynligheten for brann, fordi det er vanskelig å finne statistisk data fra tidligere branner i Norge. Den norske brannstatistikk som er publisert, er ofte overordnet og vanskelig å bruke. Derfor vil vurderinger i til en viss grad basere seg på antakelser og kvalifisert gjetting, hvilket bidrar med usikkerheter i vurderingen. For en nøyaktigere vurdering fordres betraktning av informasjon som blant annet beskriver hvor ofte det brenner i ulike type bygg og hvilke brannforebyggende tiltak som er etablert i bygningen, og mer spesifikk informasjon om pålitelighet og ytelsen til disse tiltakene.

Dette studiet omhandler hvordan pålitelighetsdata og historiske data kan bidra til å bedre estimere sannsynligheten for brann. Studien bekrefter teorien om at det eksisterer generelt lite brannstatistikk, særlig norsk statistikk. Med hjelp av slik data hadde det vært mulig å foreta en bedre vurdering av sannsynligheten for brann. Det finnes imidlertid brannrelatert historisk data å hente fra andre land, men problemet er at den ofte er utdatert og baserer seg på helt ander forutsetninger enn hva som er gjeldene for norske bygninger. Hva gjelder pålitelighetsdata for sannsynlighetsreducerende tiltak er det ikke identifisert noen data i dette studiet. Dette skyldes blant annet en liten interesse for innsamling av brannrelatert pålitelighets- og historiske data og at det er vanskelig å fastslå effekten av sannsynlighetsreducerende tiltak med større sikkerhet.

I studiet er det identifisert to stykker metoder for beregning av brannfrekvens basert på historiske data. Den ene metoden tar utgangspunkt i britisk standard, PD 7974:2003-7, og kompletteres med nyere brannstatistikk fra USA. Metoden er enkel å bruke men basere seg på utenlandske data og er overordnet. Den andre metoden benytter seg av norsk brannstatistikk, hvor antall branner for en virksomhetstype sammenlignes opp mot antall eksisterende bygninger av den aktuelle virksomhetstypen. Metoden som benytter seg av norske data er å foretrekke men på grunn av hvordan dataen foreligger i dag er det vanskelig og resurskrevende å bruke.

Pålitelighetsdata bidrar til bedre systemforståelse og gir bedre grunnlag til å vurdere effekten av et sannsynlighetsreducerende tiltak, mens historiske data beskriver erfaringsdata for systemet, hvor optimale forutsetninger og forhold identifiseres for at systemet skal fungere som forutsatt. Sammen kan historisk data og pålitelighetsdata benyttes for å valg av best evnet sannsynlighetsreducerende tiltak med hensyn på ønsket effekt og gjeldene forutsetninger. Inngående kunnskap om sannsynlighetsreducerende tiltak tilrettelegger for å fastslå sannsynligheten for brann med større sikkerhet. Mer kunnskap hva gjelder effekten, påliteligheten og brukerområde for et sannsynlighetsreducerende tiltak, tilrettelegger for nøyaktigere vurdering av sannsynligheten for brann.

Abstract

Norwegian authorities demand that the fire safety level in Norwegian buildings must be documented by either the use of pre-accept solutions or through a validate analyze method. In the Norwegian standard NS 3901, there is suggested two validated analyze methods, comprehensive method and a method for risk analyze. When the method for risk analyze is chosen, the fire adviser needs to evaluate the probability of fire in addition to consequences due to a fire. Today there is challenging to perform a precis evaluation of the probability of fire, due to fact that there is a lack of Norwegian fire statistics. The few Norwegian fire statistics that is published to the public, is often superior and hard to use. Because of the lack of valuable data, the evaluations will often be based on a certain degree of assumptions and qualified guesses. As a consequence, it will add uncertainty to these evaluations. To acquire a more precis assessments there is a need of better and suitable fire statistics, that addresses how often there will be a fire in a certain building, fire frequencies, knowledge of which type of fire preventing measures that is established in the building, and more specifically reliability and performance information of these measures.

This study addresses how reliability data and historical data can contribute to improve assessment of the probability of fire. The study confirms the theory that there is a general lack of fire statistics, especially Norwegian statistics. These missing data could have been used for better predictions of the probability of fire. However, there are fire related historical data to be acquire from other countries. The problem with using this type of data is that it is often outdated and based on completely different assumptions in comparison to Norwegian buildings. Regarding reliability data for probability reducing measures, no data has been obtained, nor identified, in this study. This is partly due to a small interest in collecting these types of data and the fact that it is difficult to determine the effect of probability reducing measures with greater accuracy.

In this study, there is identified two types of method for calculating the fire frequency, based on historical data. One of the methods is based on British standard, PD 7974:2003-7, and is supplemented by recent fire statistics from USA. This method is fairly easy to use, but it is based on foreign data and it is limited due to the use of superior statistics. The other method compares actual registered fires in Norway for a specific group of buildings, with the total amount of buildings for the same group. This method is recommended to use because it relies on Norwegian data, but as data is presented today, this method is challenging and time-consuming.

Reliability data contributes with better understanding of a system and gives a greater foundation to evaluate the effects of a probability reducing measures, while historical data describes the experience data for the system, identifying optimal requirements and conditions for the system to be able to perform as predicted. Together these two inputs can be used for picking the best possible probability reducing measures, regarding desired effect and current conditions. More knowledge of the probability reducing measures in use, enables for evaluations of the reliability of fire with greater accuracy. For improved evaluations of the reliability of fire, one needs to obtain more knowledge of the effects, the reliability and area of use concerning for probability reducing measures.

Forord

Denne rapport ble gjennomført som et avsluttende delmoment av ingeniørutdanningen ved Høgskolen på Vestlandet i Haugesund. Arbeidsmengende for denne oppgave skal tilsvare 20 studiepoeng og omfatter perioden høsten 2018 til sommeren 2019. Hensikten med dette studie er å utfordre studentene ved å aktivt bruke sine kunnskaper som er ervervet under studietiden for å fordype seg innenfor et aktuelt tema innen sitt fagområde.

Målgruppen for dette studie er personer som har kjennskap til brannfaget og spesielt brannprosjektering. Denne rapport er ment å kunne brukes som veiledende arbeidsunderlag ved vurdering av sannsynlighet for brann i brannteknisk risikovurdering og i opplysende formål.

Forhåpningen med dette studiet er å belyse et område som i dag er utfordrende, fordi det mangler tilstrekkelig statistisk underlag fra tidligere branner. I dag er brannteknisk prosjektering først og fremst rettet mot å redusere konsekvensene av en brann. Ansvarlig for brannforebyggende tiltak er i dag bruker og eier av en bygning. Dette medfører at brannforebyggende tiltak omhandles for det meste når bygget står ferdig. En beder løsning hadde vært å behandle brannforebyggende tiltak i prosjekteringen i alt større grad, slik at gode ideer og innspill kan tas i betraktning og implementeres i byggefasen. Dette ville direkte bidra med å redusere antall branner og på sikt føre til at sikkerhetsnivået i norske bygninger ble hevet ytterligere.

Dette studiet hadde ikke vært mulig uten hjelp og støtte fra Magnus van der Hilst Ytreland på Rambøll.

Personer som fortjener å oppmerksommes i og med dette studiet er:

- Intern veileder Jon Arve Brekken for gode innspill og tilbakemeldinger
- Ekstern veileder Magnus van der Hilst Ytreland for strukturelt opplegg av oppgaven, innspill og tilbakemeldinger
- Stefan Andersson for bidrag av sin ekspertise innenfor fagområdet brannteknisk risikovurdering og videre resursinnhenting
- Brannrådgivere som deltatt i intervjuer og bidratt med erfaringer og meninger på det aktuelle området
- Kari Moland og Herman Knopp for korrekturlesning
- Min familie som har støttet med gjennom hele utdanningen

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	i
Abstract.....	ii
Forord	iii
Innledning.....	4
1.1 Bakgrunn	4
1.2 Hensikt	4
1.3 Forskningsspørsmål.....	4
1.4 Avgrensninger	4
1.5 Arbeidsgruppe.....	5
2 Metode.....	6
2.1 Gjennomføring	6
2.2 Kvalitativ datainnsamling.....	7
2.3 Hermeneutisk og positivistisk forskning.....	7
2.4 Litteraturstudiet.....	8
2.5 Casestudie	8
2.6 Intervjuer.....	9
2.7 Deduksjon og induksjon	9
2.8 Validitet.....	10
2.9 Reliabilitet.....	10
2.10 Representativitet	11
3 Teori	12
3.1 Risiko.....	12
3.1.1 NS 3901	13
3.2 Forskrift som regulerer brannsikkerhet i norske byggverk.....	14
3.3 Standarder som legger føringer for brannsikkerhet i norske byggverk	15
3.4 Sannsynlighet	15
3.4.1 Metodikk for beregning av sannsynlighet.....	16
3.4.2 Årsaksanalyse	21
3.4.3 Standardmatrise for vurdering av sannsynlighet.....	21
3.4.4 Sannsynlighetsreducerende tiltak	22
3.5 Statistisk data	24
3.5.1 Historiske data	24
3.5.2 Brann- og redningsvesenet rapporteringssystem, BRIS.....	24

3.5.3	Brannskadestatistikk, BRASK	24
3.5.4	Statistisk sentralbyrå, SSB	25
3.5.5	Pålitelighetsdata	25
3.5.6	Pålitelighetsanalyse	25
4	Casestudie.....	28
4.1	Brannteknisk risikovurdering –Tennishall	28
4.2	Resultat fra casestudiet	31
4.3	Kommentarer til funn i casestudiet	35
5	Diskusjon.....	36
5.1	Bruk av pålitelighetsdata og historiske data	36
5.2	Utfordringer ved bruk av statistisk data	36
5.2.1	Manglende innenlandsk statistikk og bruk av utalandske data	36
5.2.2	Vurdering av sannsynlighetsreducerende tiltak	37
5.2.3	Mangelfulle kilder legges til grunn for pålitelighet	38
5.2.4	Tidskrevende etterforskning	38
5.3	Spesifikke forhold som må tas i betraktning ved vurdering av sannsynlighet 39	
5.4	Gjennomføring av sannsynlighetsanalyser i Rambøll	39
5.5	Ny forskning	40
5.5.1	prINSTA/TS 951	40
5.5.2	Utviklingsprosjekter innenfor innsamling av brannteknisk statistikk ... 40	
5.6	Usikkerhetsmomenter ved risikoanalysen	41
5.6.1	Usikkerhetsvurderinger i henhold til NS 3901 kapittel 6.9	41
5.7	Grunnlag for vurdering av sannsynlighet i Rambøll sin risikomatrise	41
6	Feilkilder.....	45
6.1	Fagområde med generelt store usikkerheter	45
6.2	Variierende erfaring til intervjuede personer	45
6.3	Usikkerheter til representativ casestudie	45
7	Fremtidig arbeid	46
8	Konklusjon	47
	Referanser.....	I
	Vedlegg A – Intervjumateriale	V
	Vedlegg B – Tabel A.1 fra PD 7974-7:2003 utvidet.....	XXV
	Vedlegg C – Grafisk fremstilling av Tabel A.1 i PD 7974-7:2003 utvidet.....	XXVI

Figurliste

Figur 1 - Beskrivelse av deduksjon og induksjon. [6].....	9
Figur 2 - Beskrivelse av risikobegrepet. [10]	12
Figur 3 - Flytskjema for risikovurdering av brann i byggverk. [12, p. 4]	13
Figur 4 - Probability of fire starting in Industry and manufacturing. [23, p. 14]	44

Tabelliste

Tabell 1 - Fremgangsmåte for vurdering av sannsynlighet brann. [12, p. 13]	17
Tabell 2 - Koeffisienter for beregning av sannsynlighet for brann. [22].....	19
Tabell 3 – Oppdaterte koeffisienter for beregning av sannsynlighet for brann. [23]	20
Tabell 4 – Rambøll sitt vurderingsgrunnlag for sannsynlighet	22
Tabell 5 - Rambøll sin risikomatrise	22
Tabell 6 - Forklaring av områder i risikomatrisen.....	22
Tabell 7 - Sannsynlighetsreducerende tiltak	23
Tabell 8 – Pålitelighetsanalyse [25, p. 17].....	26
Tabell 9 - Bygningens utforming og midlertidig bruk	28
Tabell 10 - Brannscenarier i bygningen	30
Tabell 11 - Antall branner i skolebygninger og antall skolebygninger i 2018.....	33
Tabell 12 - Antall branner i idrettshaller og antall idrettshaller i 2018	33
Tabell 13 - Fremgangsmåte for plassering av sannsynlighet for brann.....	34
Tabell 14 – Sammenstilling av verdier for beregning av sannsynlighet for brann. [23].....	43

Innledning

I dette innledende kapittel vil leseren bli introdusert for hva som ligger til grunn for studiet og hvilke forutsetninger og avgrensninger som danner rammeverket for studiet.

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med at forfatteren gjennomførte en sommerjobb i 2018 for avdeling Brann og Sikkerhet ved Rambøll Norge AS i Oslo, ble det drøftet muligheter for en potensiell prosjektoppgave. Det ble nevnt at avdelingen for Brann og Sikkerhet var interessert i å se på muligheten for å kartlegge bruk av pålitelighetsdata og historiske data ved sannsynlighetsanalyser. I Rambøll er det vanlig praksis å utføre sannsynlighetsanalyser i forbindelse med risikovurdering av brann i henhold til den norske standarden for krav til risikovurdering i byggverk, NS 3901. Denne standarden er én av to standarder som er anbefalt av myndighetene for bruk av analytisk dokumentering av brannsikkerheten i landbaserte byggverk [1, p. tredje ledd].

Det er gitt uttrykk for at vurdering av sannsynlighet for brann i grovanalyser er et utfordrende tema, fordi det er vanskelig å finne statistisk data fra tidligere branner i Norge. Statistikk fra blant annet DSB, SSB og BRASK brukes så langt det er mulig. Det er imidlertid store utfordringer ved å bruke statistikken, fordi den er av overordnet karakter og dermed utfordrende å benytte ved sannsynlighetsanalyser. I dag vurderes sannsynligheten for brann på bakgrunn av tidligere kjente branner i byggverket, tilgjengelig statistikk, innspill fra eiere og brukere av bygningen og på erfaring fra tidligere prosjekter. Denne informasjonen gir et estimat på et overordnet nivå, men vil i mange sammenhenger være mangelfull og utilstrekkelig for å gi en rettmessig vurdering. Som følge av at statistikken ofte er overordnet og mangelfull, vil sannsynlighet for brann i stor grad basere seg på kvalifisert gjetting og antakelser. Slike vurderinger vil kunne inneholde skulte usikkerheter og unødvendige begrensninger. For en mer nøyaktig vurdering av sannsynligheten for brann, fordres bedre inngangsdata som baserer seg på utdypende statistikk fra virkelige hendelser.

1.2 Hensikt

Det overgripende formålet med dette studiet er å innhente mer kunnskap og dokumentasjon som skal kunne bidra og gi støtte til mer nøyaktig dokumentering av sannsynlighet for brann i landbaserte byggverk. Videre er det ønskelig å legge til rette for valg av sannsynlighetsreducerende tiltak, slik at den branntekniske vurderingen blir bedre tilpasset det aktuelle risikobildet og at argumentasjonen i risikovurderingen får en større tyngde.

1.3 Forskningsspørsmål

Hvordan vil pålitelighetsdata og historiske data bidra til å kvantifisere sannsynlighet for en uønsket hendelse, brann, i NS 3901 Risikoanalyse.

1.4 Avgrensninger

Dette studiet vil omhandle probabilistisk brannteknisk risikovurdering, hvor sannsynlighet for brann i landbaserte bygninger i Norge undersøkes. En probabilistisk tilnærming baserer seg på historiske data som beskriver hvor ofte en hendelse vil inntreffe, i tillegg til målbare akseptkriterier som beskriver akseptabelt risikonivå. I dette studiet utelates konsekvenser som følge av en brann. Studiet vil ta utgangspunkt i den norske standarden for krav til risikovurdering av brann i byggverk, NS3901.

1.5 Arbeidsgruppe

Dette studiet er gjennomført av Erik Nyström, branningeniørstudent ved Høgskulen på Vestlandet (HVL) i Haugesund, ved hjelp og støtte fra intern veileder ved HVL og fra ekstern veileder ved Rambøll Norge AS. Intern veileder fra HVL i Haugesund har vært Jon Arve Brekken. Brekken er i dag ansatt ved HVL i Haugesund som høskolelektor. Brekkens primære arbeidsoppgave har vært å granske rapportens vitenskapelige innhold og rapportens utforming. Magnus van der Hilst Ytreland var Rambøll sin representant og har fungert ekstern veileder gjennom studiet. Hilst Ytreland har virket som mentor, bistått med problemstillingen og vært behjelpelig med rapportens branntekniske oppbygning. Hilst Ytreland er seksjonsleder på Rambøll Norge AS avdeling Brann og Sikkerhet i Oslo. Hilst Ytreland har en mangeårig bakgrunn innenfor olje og gass industrien, hvor han har jobbet i en ledende stilling innenfor teknisk sikkerhet og risikovurdering. Hilst Ytreland ønsker å undersøke muligheten for å innhente et mer pålitelig grunnlag for vurdering av brannfrekvens og sannsynlighetsreducerende tiltak, og gjennom dette tilrettelegge for en mer nøyaktig vurdering av det aktuelle risikobilde i landbaserte bygninger. Rambøll Norge AS er en global samfunnsrådgiver innen bygg og arkitektur, samferdsel og byutvikling, energi, vann og miljø, samt helse og management consulting. Brann og Sikkerhet er en avdeling som ligger under bygg- og arkitekturavdelingen. Avdeling Brann og Sikkerhet tilbyr blant annet brannprosjektering, fraviksdokumentasjon, brannteknisk tilstandsvurdering og brannteknisk risikovurdering av nye og eksisterende bygninger.

2 Metode

I dette kapittelet vil arbeidet med prosjektet beskrives mer inngående. Videre vil de vitenskapelige teoriene som er lagt til grunn for arbeidet beskrives.

2.1 Gjennomføring

For å gjennomføre en utdypende studie som undersøker hvordan pålitelighet- og erfaringsdata kan brukes i forbindelse med sannsynlighetsanalyser, er det blitt benyttet en litteraturstudie i tillegg til en casestudie. Litteraturstudiet er lagt til grunn for å kartlegge generell info som skal gi innføring i brannteknisk risikovurdering, hvilke lover som er styrende, veiledende standarder for oppfyllelse av lover, fundamental beskrivelse av risiko og utfordringer med dagens statistiske datagrunnlag [2, p. 30]. NS3901 er lagt til grunn for valg av relevante områder som litteraturstudiet skal omhandle, fordi denne standarden er anbefalt i veiledning til norsk lovverk for bygninger, VTEK17 [1, p. tredje ledd]. Den grunnleggende informasjonen skal videre benyttes for analyse av en reell risikovurdering, utført av Rambøll. Denne delen er nevnt casestudie. Formålet med casestudiet er å undersøke hva som legges til grunn for vurdering av sannsynlighet for brann og i hvilken utstrekning pålitelighetstall og andre erfaringsdata blir brukt for å kvantifisere sannsynlighet for brann. Målet er at funnene fra casestudiet videre kan brukes til å foreslå potensielle forbedringer for vurdering av sannsynlighet for brann og sannsynlighetsreducerende tiltak. Risikovurderingen som ble lagt til grunn for casestudiet var nødt til å oppfylle to kriterier: risikovurdering i henhold til NS3901 kapittel 6¹ og at rapporten ikke skulle være eldre enn 5 år gammel. I casestudiet ble undersøkelser av forhold som påvirker sannsynligheten for brann vektlagt. Videre ble følgende forhold kartlagt: byggetekniske forutsetninger, potensielle farer og årsaker til brann, sannsynlighetsreducerende tiltak som ble foreslått og i hvilken grad historiske data og ekspertvurderinger er brukt, er forhold som ble kartlagt ved undersøkelse av risikovurderingen.

I rapporten er det tatt utgangspunkt i en kartleggende metode. Hensikten med kartleggingen har vært å sammenstille og beskrive aktuell status for hvordan historiske data blir brukt ved sannsynlighetsvurdering [2, p. 30]. Litteraturstudiet vil representere den delen av rapporten som er av kartleggende karakter. Videre er en målsetning at rapporten resulterer i anbefalinger som kan bidra til å styrke dokumentering av sannsynlighet for brann. Litteraturstudiet komplementerer casestudien som er av problemløsende karakter. Hensikten med casestudiet er å finne nye innfallsvinkler for å håndtere et område som Rambøll opplever som utfordrende og har behov for mer kunnskap om [2, p. 29].

Rapportens innhold er satt sammen i samråd med Magnus Van der Hilst og strukturen for rapporten er gransket og utarbeidet i samråd med Jon Arve Brekken. Videre er rapportens språk gransket av en nær venn, og den branntekniske oppbyggingen og fremstillingen gransket av en brannteknisk rådgiver ved Rambøll i Oslo.

¹ NS 3901 kapittel 6 omhandler risikovurdering, hvor valgt analysemetode er risikoanalyse.

2.2 Kvalitativ datainnsamling

Informasjon som er lagt til grunn for denne rapporten er bygd opp av en kombinasjon av kvalitativ og kvantitativ data. Litteraturstudiet baserer seg på andre studier hvor informasjon er innhentet kvalitativt og er beskrevet med tekst, mens casestudiet baserer seg på informasjon som kan beregnes eller klassifiseres ved hjelp av ulike intervaller og ligninger [2, p. 30]. Informasjonen til casestudiet ble samlet inn kvalitativt og deretter behandlet kvantitativt for å muliggjøre analyse og konklusjon av de funnene som ble registrert. Videre er informasjon fra fagekspertene innhentet kvalitativt ved hjelp av intervjuer og eposter til personer virksomme innen rådgivningsbransjen og på myndighetsnivå [2, p. 30]. I dette forumet har fagekspertene bidratt med kunnskap og erfaring vedrørende bruk av pålitelighetsdata og erfaringsdata innen sannsynlighetsanalyser for brann. For mer informasjon om intervjuer, se kapittel 2.6. Den kvalitative informasjonen ble behandlet ved hjelp av statistisk analyse, hvor diagrammer for å måle informasjonsmengde og for å synliggjøre korrelasjoner ble benyttet [2, pp. 110-111]. Vurdering av kvalitativ informasjon er utført ved at relevante ord, begrep og beskrivelser er tatt i betraktning [2, p. 114]. For vurdering av validitet av den informasjonen som er innhentet og for å trekke egne konklusjoner, er fordypede metodikk benyttet [2, p. 115]. Tilnærmingen, fordypet metodikk, vil si at personen som utfører analysen baserer sine avgjørelser på fordypede kunnskaper innenfor det aktuelle fagområdet [2, p. 115].

2.3 Hermeneutisk og positivistisk forskning

Det gjeldende lovverket som styrer oppføring av bygninger i Norge med hensyn til helse, miljø, sikkerhet og brukbarhet, er forskriften om tekniske krav til byggverk [3, p. 3.2.3.2]. Dette lovverket er funksjonsbasert, hvilket er en form for hermeneutisk tilnærming. Dette fører til at det gis mulighet til enhver person eller foretak som utfører prosjektering å tilby en valgfri teknisk løsning, med forutsetning at løsningen tilfredsstillende funksjonskravene til forskrift om tekniske krav til byggverk. Forskriften operer primært med preaksepterte løsninger som på forhånd er bestemt. I enkelte punkter i forskrift om tekniske krav til byggverk kapittel 11, er det ikke mulig med å velge egne løsninger. Her må den løsningen som er foreslått i forskriften følges fullt ut. Et eksempel i forskrift om tekniske krav til byggverk hvor det ikke lov med valgfrie løsninger er i forbindelse med § 11-17 – tilrettelegging for rednings- og slokkemannskap. Her må de preaksepterte løsningene følges fullt ut for å tilfredsstillende funksjonskrav gitt i § 11-17. Dette viser at forskrift om tekniske krav til byggverk kan tilegnes en positivistisk tilnærming. [3], [1, p. § 11.17]

Hermeneutisk forskning er en teori som baser seg på en vid tilnærming og generell forståelse av det fagområdet som studeres, hvilket omfatter mer enn kun den intellektuelle forståelsen av fagområdet. Forskningsteorien stammer fra humanismen² og tankegangene fokuserer på relativistisk tenkning. Én av hjørnesteinene er at en problemstilling kan løses med ulike tilnærminger. Det eksisterer altså flere enn én løsning ved hermeneutisk tilnærming. Forklaringene baserer seg på observasjoner som ikke er mulige å måle kvantitativt eller definere med et entydig svar. Hermeneutisk tilnærming forekommer i rapportens konklusjon, som baserer seg på uttalelser fra fagekspertene innen fagområdet brann samt forfatterens egne tolkninger av funnene i rapporten. [4, pp. 94-96]

² I følge wikipedia «...en etisk filosofisk tilnærming som vil hegne om menneskeslektens iboende verdighet, og som legger stor vekt på de kvaliteter som kjennetegner mennesket som har en verdi i seg selv, og med evnen til fornuftig tenking.»

Positivistisk forskning baserer seg på at informasjon sikres ved hjelp av empirisk prøving og måling. Innen denne teorien antas kun en logisk løsning til problemet, hvor argumentasjonen skal kunne verifiseres ved hjelp av virkelige data. Informasjonen innhentes ved hjelp av hva kroppens sanser evner å registrere og hva som er mulig å beregne ved hjelp av logisk tenkning. Informasjonen som registreres skal ikke være påvirket av følelser og må være målbar, slik at det er muligheter for sammenligning. Som følge av korrelerende eller ikke korrelerende forhold, er det mulig å trekke konklusjoner. Funnene fra casestudiet baserer seg på positivistisk forskning, en matematisk ligning og statistisk data som er lagt til grunn for beregning av sannsynlighet for brann i bygningen. [4, pp. 16-17]

2.4 Litteraturstudiet

For å undersøke og danne et helhetsbilde over nåværende kunnskapsstatus, tidligere publiserte studier og annen relevant forskning for analyseområdet, har relevant informasjon blitt hentet fra websider, bøker, eposter og ved muntlige intervjuer med fagekspertter. Med utgangspunkt i allerede etablert kunnskap, har rapportens validitet blitt styrket og sannsynligheten for å finne en egen problemstilling økt. [2, p. 59]

For informasjonsinnhenting av forskningsbasert materiale fra nettet er søkemotorene ScienceDirect, Google Scholar og SpringerLink blitt benyttet. For å avgrense og effektivisere informasjonsinnhenting er nøkkelord lagt til grunn. Se Sammendrag for hvilke nøkkelord som er blitt brukt. Nøkkelordene er videre kombinert for å etablere en strukturert utvidelse av søkeområdet. Videre er SINTEF Byggforsk, Standard.no og annen relevant brannteknisk studielitteratur blitt brukt for kartlegging av analyseområdet. Utenom elektroniske kilder er fagbøker blitt lagt til grunn for deler av teoridelen i rapporten.

Casestudiet baserer seg på en risikovurdering som er blitt utført av Rambøll Norge. For vurdering av foreslått brannfrekvens gitt i risikovurderingen, er PD 7974-7:2003 lagt til grunn. PD 7974-7:2003 er et veiledende dokument for probabilistisk brannteknisk risikohåndtering, som er utgitt av Britisk standard. Dette dokumentet omhandler blant annet vurdering av brannfrekvens i bygninger. PD 7974-7:2003 ble i 2018 kritisk gransket i I relasjon til gyldighet for dataene som er lagt til grunn for dokumentet. Resultater fra granskningen, A Critical Evaluation of BS PD 7974-7 Structural Fire Response Data Based on USA Fire Statistics, er tatt med i betraktningen av brannfrekvensen for analysebygget.

For å vurdere om ervervet informasjon er relevant for studiet og om informasjonen tar utgangspunkt i vitenskapelig forskning, har forfatteren brukt en generell kritisk holdning til håndtering av kilder og informasjon som er lagt til grunn for denne rapporten [2, p. 60]. Vurderingen tar utgangspunkt i forfatterens egne forkunnskaper og sammenligning av informasjon fra ulike kilder.

2.5 Casestudie

Det er valgt å utvide rapporten med en undersøkelse av en eksisterende risikovurdering, for å se på mulighetene for å utvikle vurderingen av sannsynlighet for brann. En casestudie vil ta utgangspunkt i, og kun behandle én tilstand, men vil i mange sammenhenger representere et større felt med lignende forutsetninger. Hensikten med en casestudie er å kartlegge ett eller flere fenomener gjennom en fordypende studie med forutbestemte rammer [5]. Casestudiet er bygd opp av informasjon fra litteraturstudiet i tillegg til kvantitative beregninger og vurdering av brannfrekvensen for analysebygget.

I casestudiet forekommer ikke noen variabler som varieres, fordi casestudiet baserer seg på en allerede utført risikovurdering. Derfor vil det være utfordrende å dokumentere følsomheten til de funnene som er gjort. På bakgrunn av dette bør ytterligere risikovurderinger undersøkes, slik at det er mulig å undersøke mer inngående begrensninger og gyldighetsområder for de konklusjoner og funnene som kommer ut av rapporten. [2, p. 34]

2.6 Intervjuer

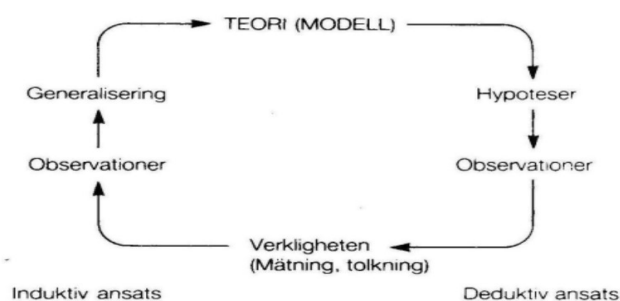
Under studiet ble brannrådgivere, myndighetspersoner og andre fagekspertene innen brann, kontaktet for konsultasjon. Intervjuene er utført gjennom fysiske møter, eposter og telefonsamtaler. Ved fysiske møter har det på forhånd blitt utarbeidet spørsmål som er lagt til grunn for intervjuet. Intervjuobjektene ble tilbudt muligheten til å stille anonymt som et ledd i å redusere omfanget besvarelser av konservativ og beskyttende karakter. Dette tiltaket kan ha bidratt til en mer oppriktig besvarelse av spørsmålene. Før denne rapporten ble offentliggjort, ble intervjuobjektene kontaktet på nytt for å validere og godkjenne bidragene sine. Informasjonen som er innhentet fra intervjuene er dokumentert ved hjelp av lydopptak. Besvarelser og spørsmålene er å finne i Vedlegg A – Intervjumateriale. [2, pp. 34, 89]

2.7 Deduksjon og induksjon

Vitenskapelige metoder hvor konklusjoner forankres i empiriske tester, er kalt deduksjon. De empiriske testene tar utgangspunkt i en referanseramme, for eksempel en teori eller en modell. Med utgangspunkt i teori og modeller formuleres hypoteser som videre testes opp mot faktiske tilstander gjennom observasjoner. [6]

Vitenskapelige metoder som tar utgangspunkt i observasjoner og deretter forsøker å generalisere det som ble observert innenfor en gitt teoretisk referanseramme, er kalt induksjon. [6]

Det er vanlig praksis at disse to vitenskapelige metodikkene blir kombinert ved praktisk utrednings- og forskningsarbeid. Kombinasjon av disse tilnærmingene benevnes abduksjon. Se Figur 1 for illustrasjon av de to vitenskapelige metodene. [6]



Figur 1 - Beskrivelse av deduksjon og induksjon. [6]

I studiet ble det først utført innledende intervjuer med et antall brannrådgivere. Hensikten med intervjuene var å danne et oversiktsbilde for analyseområdet, avdekke utfordringer, samle in relevant informasjon og for videre strukturering av studiet. Deretter opprettedes en hypotese om at manglende erfaringsstatistikk fører til utfordring ved vurdering av sannsynlighet for brann. Videre ble det foretatt flere intervjuer med personer på myndighetsnivå. I tillegg til intervjuer ble empiriske tester utført i casestudiet. Hensikten med de empiriske testene var å bekrefte eller avslå hypotesen. Testene er direkte målbare og ble lagt til grunn for videre vurdering og utforming av rapporten sine konklusjoner. Resultatene fra de empiriske testene baserer seg på gjenkommende fellestrekk, hvilke nødvendigvis ikke trenger å være helt riktige, fordi enkelte faktorer som kan ha innvirket på resultatet ikke er tatt med i betraktning [7, pp. 22-26].

2.8 Validitet

Gransking av rapportens validitet innebærer å undersøke hvis studiet besvart den aktuelle problemstillingen og at målte verdier og resultater samsvarer med virkeligheten. For å sikre oppbygging av rapporten og at de riktige parameterne blir behandlet, har en rekke møter avholds før og løpende under studiets varighet. I tillegg til møter har innlevering av diverse rapportorienterte utkaster blitt levert inn fortløpende. For å ytterligere styrke rapportens validitet er det valgt å bruke triangulering i casestudiet, ved å bruke to forskjellige metoder for vurdering av sannsynlighet for brann. Studiets innhold ble diskutert og fastslått i en tidlig fase av arbeidet, hvilket har muliggjort for en strategisk og effektiv arbeidsgang og tilrettelagt for at rapporten skal evne å undersøke det som rapporten er ment å behandle. [2, p. 42]

2.9 Reliabilitet

Det er viktig at beregninger og annen informasjon som legges til grunn for rapporten presenteres og forklares på en tilfredsstillende måte. Informasjon og beregninger skal være riktig og det skal være mulig for å spore informasjon tilbake til den opprinnelige kilden. Derfor vil det værers hensiktsmessig at en utenforstående person gransker rapporten etter ferdigstillende, slik at svakheter og forbedringspotensial kan identifiseres. For å tilrettelegge for sporbarheten av den informasjonen som er innhentet fra intervjuer, vil intervjumateriale legges ved rapporten. Dette muliggjør for andre personer å gjenta studiet og forhåpentligvis ende opp med de samme resultatene og konklusjonene som det opprinnelige studiet. Videre vil muligheten for å foreta studiet på nytt beskrive reliabiliteten til studiet. [2, pp. 41-42]

Studiet tar utgangspunkt i norsk lovverk og standard. Videre er vitenskapelige forskning og informasjon fra fageksperter lagt til grunn for informasjonsinnhenting. PD 7974-7:2003 som legges til grunn for vurdering av brannfrekvens er et anerkjent dokument som blir brukt i rådgivningsbransjen ved probabilistisk risikovurdering. For å sikkerstille informasjonens gyldighet har informasjonen blitt bekreftet i flere ulike tekniske rapporter med lignende tema. Brannrådgivere og andre personer som representere ledene roller for utvikling, forskning og brannrelaterte lovverk i Norge, har blitt konsultert for veiledning og informasjonsinnhenting innenfor analyseområdet. Organisasjoner og myndigheter som har bidratt med informasjon til dette studiet er blant annet den norske myndigheten for sikkerhet og beredskap (DSB), Direktoratet for byggekvalitet, Research Institutes of Sweden Fire Research (RISE), Høgskulen på Vestlandet (HVL), Rambøll, Multiconsult og Cowi. Beregninger er gransket og bekreftet gyldige av fageksperter på Rambøll. Dette for å unngå menneskelige svikt som følge av feil utførte beregninger eller utydelige formuleringer. For

øvrig har rapportens branntekniske innhold blitt gransket og vurdert separat av fagekspert på Rambøll sin brannavdeling før innlevering av rapporten. [2, pp. 41-42]

2.10 Representativitet

Som følge av at informasjon som blir benyttet i studiet er bekreftet i flere ulike type rapporter og av flere organisasjoner, vil det være sannsynlig å anta at studiet representere et riktig og generelt syn på overordnet nivå for vurdering av sannsynligheten for brann i norske bygninger. Det vil imidlertid forekomme variasjoner i betraktning av brannfrekvens som følge av ulike forutsetninger. For eksempel vil ulike geografiske forutsetninger og forskjellige byggeteknikker fører til skiftende resultater. Det vil likevel værere en felles forståelse for at brannrelatert erfaringsdata og pålitelighetsdata mangler på et nasjonalt nivå. Hvis studiet inkluderte bruk av erfarings- og pålitelighetsdata fra flere andre land, kunne studiet potensielt vise på at det er globalt mangel av brannrelatert erfarings- og pålitelighetsdata [2, p. 42].

3 Teori

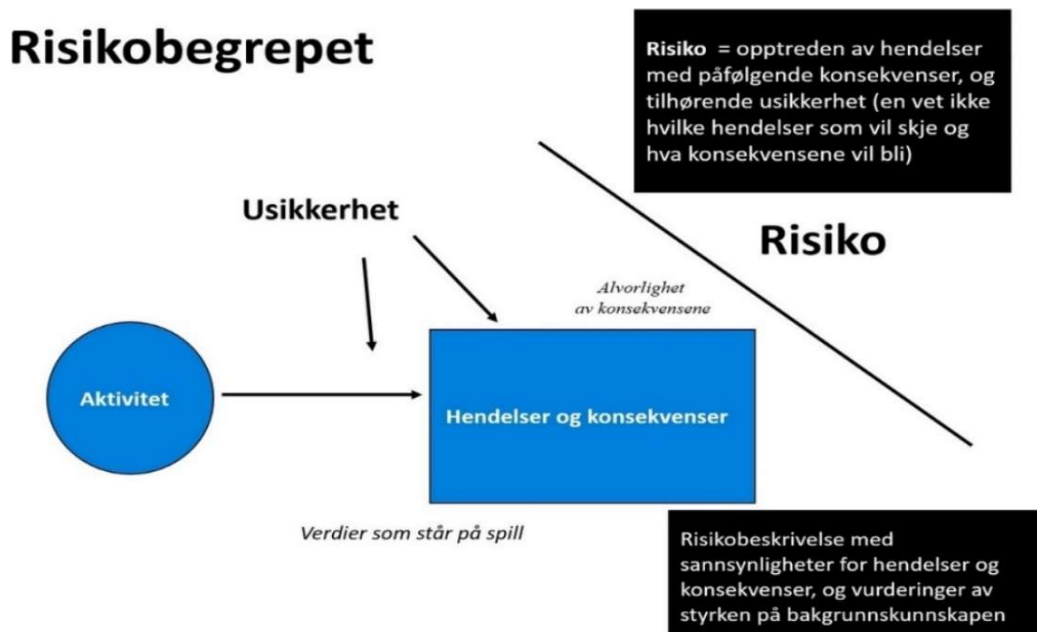
I dette kapittel presenteres informasjon som har for hensikt å gi leseren en introduksjon i begrepet risiko og føringer for vurdering av risiko. Mer spesifikt vil temaer som er av betydning for vurdering av sannsynlighet for brann bli behandlet.

3.1 Risiko

Risiko kan beskrives som sannsynlighet for og konsekvensene av en uønsket hendelse [8]. Begrepet risiko brukes for å kartlegge fremtidige uønskede hendelser. For å kunne håndtere en hendelse fremover i tid må planlegging utføres i forkant av hendelsen. Det er ofte vanskelig å forutsi nøyaktig når en uønsket hendelse vil kunne inntreffe. Derfor er det viktig å danne et tydelig bilde over hvor ofte denne uønskede hendelse vil kunne opptre og hvor stor sannsynlighet det er for at den vil inntreffe. Det som skjer i fremtiden er vanskelig å forutse på forhand, fordi vi har ikke nøyaktig kjennskap til alle parameter som innvirker på utfallet av en hendelse. Derfor basere seg alltid fremtidige hendelser på en viss grad av antakelser som videre fører til usikkerheter. Derfor brukes sannsynlighet og frekvens for å anslå om en hendelse vil kunne forefalle eller ikke. Sannsynlighet er en måte å beskrive at en hendelse kan føre til flere alternative utfall, men at det ikke mulig å fastslå med full sikkerhet hvilken av utfallen som vil kunne inntreffe. Sannsynligheten er derfor et forholdstall som angir med hvor stor sikkerhet et spesifikt utfall forventes å skje. [9, pp. 21-22, 30]

Risikoen beskriver altså fare for at en uønsket hendelse skal inntreffe, men kan også uttrykke muligheten for å gjøre en fortjeneste. Da en uønsket hendelse inntreffer vil det føre til ulike konsekvenser basert på rådende omstendigheter og forutsetninger. Derfor foreligger det alltid en viss grad av usikkerhet for utfallet av uønsket hendelse [10]. I Figur 2 fremstilles risiko på en grafisk måte for å forenkle og tydeliggjøre de begrep som sammen utgjør risiko.

I rapporten videre vil en uønsket hendelse representeres av en brann.

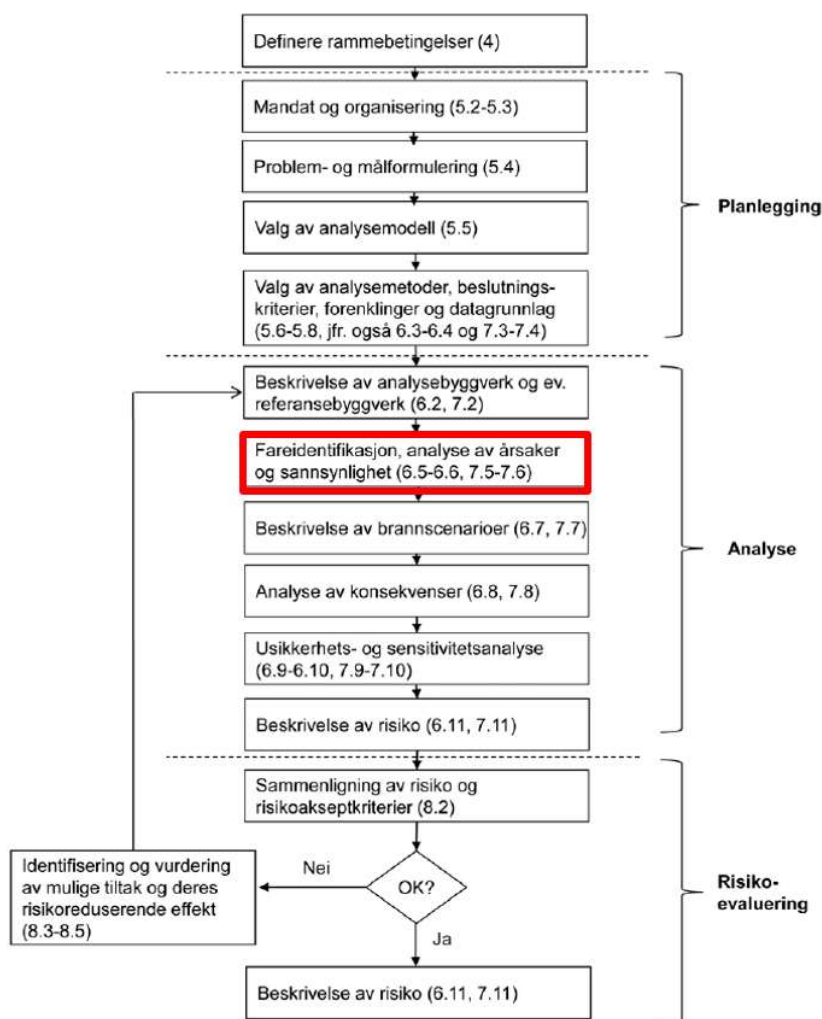


Figur 2 - Beskrivelse av risikobegrepet. [10]

3.1.1 NS 3901

Denne standarden beskriver krav til risikovurdering for brann i landbaserte byggverk [11, p. kap. 51]. NS 3901 er et arbeidsverktøy som kan brukes som hjelpemiddel ved prosjektering av byggverk for å dokumenter brannsikkerheten. Standarden er ment og virke som underlag for overordnede beslutninger vedrørende risiko, men også for enkelte risikoproblemer på detaljnivå [12, p. 2]. NS 3901 er bygget opp av 3 deler som sammen utgjøre fundamentet i en brannteknisk risikovurdering; planlegging, analyse og en riskevaluering. Videre er analysedelen delt opp i to analysemetoder, risikoanalyse og komparativ analyse. Det er kun i analysemetoden risikoanalyse, hvor vurdering av sannsynlighet for brann skal foretas. Vurdering av sannsynlighet for brann skal ta utgangspunkt i tidligere identifiserte årsaker til brann, og vurdere tekniske, organisatoriske og menneskelige forhold som er gjeldene for analyseobjektet [12, p. 13]. I den komparative analysen er det ikke behov for å vurdere sannsynligheten for brann, fordi det forutsettes at sannsynligheten for brann er den samme for analysebygget som for referansebygget [12, p. 17]. Dette skyldes samme årsaker for brann og samme virksomhet i begge byggene. [12, p. 4]

Figur 3 illustrere en skjematisk fremgangsmåte for risikovurdering for brann i en bygning, hvor momentet sannsynlighetsvurdering er markert i rødt. [12, p. 4]



Figur 3 -Flytskjema for risikovurdering av brann i byggverk. [12, p. 4]

I kapittel 5.8 Datagrunnlag i NS 3901, gis tydelige føringer og retningslinjer for håndtering av data som blir brukt i risikovurderingen [12, p. 11]. Uavhengig av valgt analysemetode skal informasjonen som legges til grunn for risikovurderingen vurderes i henhold til alder på den dataen som brukes, hvis informasjonen er relevant for analysebygget, hvor stort urvalg som dataen representerer og troverdighet til dataen. Videre er sporbarheten avgjørende for troverdigheten til den informasjonen som brukes, hvilket stiller krav til at de kildene som legges til grunn for informasjonen skal være mulig å finne spore tilbake til den opprinnelige kilden. [12, pp. 10-11]

For håndteringa av usikkerheter i risikovurderingen er det i gitt anbefalinger i kapittel 6.9 i NS 3901. Usikkerheter i rapporten skal redegjøres for ved hjelp av en usikkerhetsanalyse. Relevante funn fra usikkerhetsanalysen skal deretter drøftes i risikoevalueringen. Følgende er angitt i NS 3901

Det skal gjøres en vurdering av hvilke usikkerheter som gjelder for risikoanalysen. En slik vurdering vil vanligvis være kvalitativ. Formålet med en usikkerhetsanalyse er å beskrive den usikkerheten som følger av mangelfull data, modellunøyaktigheter, antakelser, forutsetninger, forenklinger m.m. [12, p. 15]

Risikoanalyse

Analysemetoden bygger på kartlegging av potentielle uønskede hendelser, årsaker til disse og hvilke konsekvenser som de uønskede hendelsene fører til [11, p. kap. 51]. Formålet er å indentifiser det totale risikobildet i analysebygget ved hjelp av en kvalitativ og kvantitativ del [12, pp. 4, 11]. Den kvalitative delen må alltid utføres, og hvis det foreligger behov for ytterligere dokumentering skal analysen kompletteres med en kvantitativ del [13, p. slide 62]. Analyse i henhold til denne metoden innebærer ofte en mer omfattende og utførligere vurdering av risikobildet i analysebygget sammenlignet med ved en komparativ analyse [14]. I motsetning til komparativ analysemetode vil analysebygget ikke sammenlignes opp mot et referansebygg [12, p. 16]. Akseptabelt brannsikringsnivå og risikobilde fastslås her ved hjelp av et sett risikoakseptkriterier [11, p. kap. 51], [12, p. 4].

3.2 Forskrift som regulerer brannsikkerhet i norske byggverk

Forskrift om tekniske krav til byggverk (byggteknisk forskrift), også kjent som TEK, er gjeldende forskrift og angir minimumskrav for oppføring av norske bygginger. Det er norske myndigheter ved Kommunal – og moderniseringsdepartementet som beslutter om denne forskriften. TEK er gitt med hjemmel i Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan og bygningsloven).

Gjeldende versjon for bygg som oppføres fra 01.07.2017 er TEK17 [15]. Forskriften er en funksjonsbasert byggeforskrift som angir overordnede funksjoner/oppgaver som skal oppfylles. Dette innebærer at kraven som angis i TEK17 kan overholdes ved hjelp av ulike type løsninger. Det er opp til hver enkelt rådgiver å dokumentere at valgt løsning oppfyller funksjonskravet gitt i TEK17. Overordnet oppfylles funksjonskravene gjennom å følge anbefalte løsninger i veiledning til TEK (VTEK), såkalt preaksepterte ytelser, eller ved analyse. I de tilfeller da preaksepterte ytelser fravikes, skal analysen verifisere at valgte løsninger samlet sett har likt eller bedre brannsikringsnivå som om bygget ble utført etter preaksepterte ytelser [16].

Forskriften stiller følgende krav til dokumentering av brannteknisk sikkerhet.

§ 2-2. Dokumentasjon for oppfyllelse av funksjonskrav. Underlag for detaljprosjektering

(2) Der kravene til ytelser ikke er gitt i forskriften, skal oppfyllelse av funksjonskravene i forskriften dokumenteres enten

a) ved bruk av preaksepterte ytelser, eller

b) ved analyse som viser at ytelsene oppfyller funksjonskravene i forskriften.

I rapporten legges analyse til grunn for brannteknisk dokumentering. Videre angir tredje ledd

(3) Dersom oppfyllelse av funksjonskravene i forskriften dokumenteres ved analyse, skal det påvises at den anvendte analysemetoden er egnet til og gyldig for formålet. Forutsetningene som legges til grunn skal være beskrevet og begrunnet. Analysen skal angi nødvendige sikkerhetsmarginer.

Veiledning til teknisk forskrift stiller også konkrete krav til bruk av analyse i de tilfeller da. Generelt gjelder det for byggverk der brann kan utgjøre stor fare for personer, miljø og samfunnsinteresser [1, p. §11.1 fjerde ledd]. For eksempel må prosjektering av byggverk i brannklasse 4 utføres ved hjelp av analyse. Veiledningen anbefaler bruk av NS 3901 eller SN-INSTA/950:2014 for godkjent analyse. [1, pp. §11.3, §2.2 tredje ledd C]

TEK17 tar utgangspunkt i gitt brann. Derfor behandles ikke vurdering av sannsynligheten for brann i forskriften, kun konsekvenser som følge av brann. For å lage et komplett risikobilde, som tar hensyn til aktuelt risikobilde, må sannsynligheten for brann vurderes. Det foretas ved hjelp av NS 3901, hvor analysemetoden risikoanalyse benyttes. [17]

3.3 Standarder som legger føringer for brannsikkerhet i norske byggverk

Ved vurdering av risiko for brann i et landbasert byggverk i Norge brukes enten den norske standarden NS 3901 alternativt den nordiske standarden SN-INSTA/TS 950:2014 [1, p. § 2.2]. I denne rapporten er det valgt at bruke NS 3901, men det nevnes likevel at det eksisterer en annen standard for dokumentering av brannsikkerhet ved hjelp av analytisk branndimensjonering. For andre risikovurderinger enn brann, legges NS 5814 til grunn [12, p. 4]. NS 3901 er en videreutvikling av NS 5814, men tilpasset risikovurdering av brann i landbaserte byggverk [12, p. 2]. Prosessen med å etablere risikoakseptkriterier i risikovurderingen er et nytt moment som ble innført i NS 3901, i motsetning til NS 5814, hvor etablering av risikoakseptkriterier foretas før risikovurderingen påbegynnes [12, p. 2], [18, p. 3].

3.4 Sannsynlighet

Sannsynlighet er et begrep som brukes for å beskrive om en framtidig hendelse vil inntreffer eller ikke [9, p. 24]. Utfallet av hendelsen kan allerede på forhånd være gitt, såkalt deterministisk [9, p. 7]. Men utfallet av hendelsen kan også være ukjent og tilfeldig, såkalt stokastisk [9, p. 7]. Utfallet av en brann i en bygning er typisk stokastisk utfall, fordi det er

vanskelig å forutsi utfallet på forhånd. Dette skyldes varierende bygningsspesifikke forutsetninger, som fører til varierende utfall av brann fra en bygning til en annen.

Ved risikovurdering for brann i et byggverk vil sannsynlighet for at en brann oppstår legges til grunn for vurdering av sannsynlighetsreducerende tiltak [12, p. 13]. Hvis risikovurderingen konkludere med at risikonivået ikke er akseptabelt i henhold til gjeldende sikkerhetsnivå, må det vedtas tiltak. Enten vedtas sannsynlighetsreducerende tiltak, konsekvensreducerende tiltak eller begge deler. Det vil i utgangspunktet være naturlig å først prøve å redusere sannsynlighet for at en brann oppstår, fordi det er mer økonomisk forsvarbart og fordi viktige verdier eksponeres ikke for direkte fare. Det er alltid mulig å innføre sannsynlighetsreducerende tiltak, men det kan være krav til konsekvensreducerende i tillegg. For eksempel kan krav i henhold til lovverk, tekniske utfordringer, krav fra bestilleren, utfordringer med rømningsforhold eller andre forutsetninger kreve innføring av konsekvensreducerende tiltak [19, p. kap. 21], [20, p. 11]. I offentlige byggverk, for eksempel byggverk med åpen forbindelse over flere plan eller pleieinstitusjoner, er det derfor vanlig praksis å installere automatiske slokkeanlegg for å redusere konsekvensene av en brann og for å ivareta brannsikkerhetsnivået [19, p. kap. 21]. Alle norske bygninger skal i utgangspunktet ha en tilfredsstillende brannbeskyttelse i forbindelse med forebygging av brann, som følge av lovpålegg i henhold til brann- og eksplosjonsvernloven og forskrift om brannforebyggende tiltak. Lovene angir at brukere og eier av et byggverk i Norge er nødt til å aktivt ivareta brannforebyggende tiltak i driftsfasen av bygningen, se kapittel 0.

Ved vurdering av brann skal tekniske tiltak, i tillegg til menneskelige- og organisatoriske forhold tas i betraktning. Andre faktorer som spesifikt må tas i betraktning ved vurdering av sannsynlighet for brann i prosjekteringsfasen er blant annet utformingen til bygget, tekniske løsninger som skal brukes i bygget og hvilken virksomhet som skal foregå i bygget. [12, p. 13]

3.4.1 Metodikk for beregning av sannsynlighet

Det finnes flere ulike metodikker for beregning av sannsynlighet. Det er vanlig å begrunne sannsynligheten på bakgrunn av eksisterende statistikk for tidligere branner eller at beregningsmetoder benyttes for å avdekke sannsynlighet for brann som en funksjon av gulvareal og virksomhetstype [21, p. 39]. Basert på hvilke forutsetninger som er gitt og grad av usikkerhet som foreligger, vil imidlertid valget av metode variere. For eksempel kan noen metoder evne seg beder for situasjoner som er gjentakende mens andre metoder håndterer hendelser som kun lar seg forekomme en gang [9, pp. 31-32]. Når det kommer til risikovurdering av brann i byggverk er det ikke troverdig å anta at en brann vil kunne inntreffe fler enn en gang under de samme betingelsene. Det er alt for mange faktorer som kan variere og derfor blir det vanskelig å avgjøre om alle forutsetninger er like til enhver tid. Dette fører til at en brann kan utvikles i enkelte tilfeller langsomt og i andre tilfeller rask. Brannen kan vokse seg stor eller selvslukke. Hva som styrer brannens utvikling er tilgangen på tilgjengelig mengde oksygen og brensel. Derfor vil det være mest hensiktsmessig å bruke en situasjonsbasert tilnærming som tar aktuelle forutsetninger i byggverket i betraktning. Bayesiansk tilnærming er en situasjonsbasert tilnærming som kan brukes for vurdering av sannsynlighet for brann i et byggverk [9, p. 33].

Tabell 1 presenteres en oversikt over fremgangsmåte som kan legges til grunn for vurdering av sannsynlighet for brann.

Tabell 1 - Fremgangsmåte for vurdering av sannsynlighet brann. [12, p. 13]

Aktivitet	Kommentar
Kartlegging av risikoområder og risikoforhold ved hjelp av kvalitative analyser	Innledningsvis skal identifisering av aktuelle risikoområder og kartlegging av betydende risikoer for byggverket foretas. Årsaker til brann legger føringer for videre vurdering av sannsynlighet for brann og valg av eventuelle sannsynlighetsreduserende tiltak.
Kategorisering av sannsynlighet ved hjelp av semikvantitative intervaller	Et vurderingsgrunnlag for kategorisering av sannsynlighet skal opprettes. For eksempel med gitte intervaller for sannsynlighet. Disse intervaller kan beskrives semikvalitativt kvalitativt. Det vil si at sannsynligheten beskrives med tekst som knyttes til kvantitative intervaller. Eksempel kvalitativt: svært lav, lav, middels, høy og svært høy Eksempel kvantitativt: 1 branntilløp per 100 år
Fastslå sannsynligheten for brann og hvis det er behov for innføring av sannsynlighetsreduserende tiltak skal.	Til slutt skal sannsynligheten for brann for et gitt scenario fastslås. Initialt vurderes sannsynligheten for brann som den foreligger. Deretter knyttes det en konsekvens til scenariet. Det er nå knyttet en risiko til scenariet. Videre plasseres scenariet i en risikomatrix som vurderer hvis risikoen knyttet til scenariet er akseptabel eller ikke. Akseptabel risiko styres av valgte risikokriterier. Er risikoen knyttet til scenariet akseptabel er det ikke behov for risikoreduserende tiltak. Er risikoen ikke akseptabel må det innføres risikoreduserende tiltak. Vurdering av ny sannsynlighet for brann skal gjøres på nytt ved innføring av sannsynlighetsreduserende tiltak. Risikoen kan reduseres ved hjelp av sannsynlighetsreduserende tiltak eller ved hjelp av konsekvensreduserende tiltak. For valg av tiltak kombineres pålitelighetsdata (system spesifikk informasjon) og historiske data (erfaringer fra tidligere hendelser) med lokale forutsetninger for analysebygget.

Bayesiansk tilnærming

Ved vurdering av sannsynlighet for hendelser som kun inntreffer under spesifikke forhold og der historikk er manglende, vil bayesiansk tilnærming være et godt utgangspunkt. Denne tilnærmingen gir mer plass for tolkning og stiller derfor strengere krav til at brukeren er

kritisk til eget resonnement og til den data som legges til grunn for vurdering av sannsynligheten. Resonnementet vil derfor i stor grad baseres på subjektive betraktning. Dette skiller seg ut fra den klassiske tilnærmingen der resonnementet baseres på en gjentakende hendelse som forekommer et stort antall ganger under like forutsetninger. I forbindelse med vurdering av sannsynligheten for brann blir bayesiansk tilnærming benyttet ved bruk av utalandske brannstatistikk, for å justere statistikken slik at den bedre overensstemmer med norske forhold [17]. [9, pp. 31-32]

Beregningsmetoder

Det finnes flere metoder for beregning av hvor ofte en brann vill oppstå. Felles for disse beregningsmetoder er at de beregner brannfrekvensen som en funksjon av bygningens areal og virksomhetstype. Metodikkene benytter seg av koeffisienter med forskjellige verdier som tar hensyn til den virksomhet som vil foregå i bygningen og til bygningens areal. Teorien baserer seg på at sannsynligheten for brann vil variere mellom ulike virksomheter og at økt areal føre til større sannsynlighet for brann. [21, p. 39]

En av disse beregningsmetodene er Rutsteins metode. Rutsteins beregningsmetode er den metode som brukes i PD PD7974-7:2003 for beregning av sannsynlighet for brann [22, p. 15]. Denne beregningsmetode tar utgangspunkt i historiske data og ekspertvurderinger fra Storbritannia, men er mulig å benytte seg av i andre land ved å justere tallene etter lokale forutsetninger [17]. Videre brukes informasjon om bygningens virksomhet og areal for å fastslå sannsynlighet for brann i bygningen. Sannsynlighet for brann, F_i , beregnes da ved hjelp av ligning 1. [22, p. 15], [21, pp. 39-40]

$$F_i = aA_b^b \quad (1)$$

[22, p. 15], [21, pp. 39-40]

I ligning 1 representerer a og b bygningsspesifikke konstanter, som er avhengig av typen virksomhet som foregår i bygningen og A_b angir det totale arealet til bygningen. Konstanten a inkluderer frekvensen av antall branner, n , i en periode for antall bygninger, N , som er i faresonen for brann. Mens konstanten b omhandler den økte sannsynlighet for brann som følge av økt bygningsareal [22, p. 15].

Tabell 2 presenterer koeffisienter for beregning av sannsynlighet for brann, som baserer seg på brannstatistikk som er innsamlet i tidsperioden 1966-1987 i Storbritannia og sammenstilt i dokumentet PD7974-7:2003 [23, p. 1], [22, p. 69]. PD 7974-7:2003 er et veiledende dokument for brannteknisk probabilistisk risikovurdering og utgis av British Standards Institution, BSI [22, p. 1]. BSI er et standardiseringsorgan som blant annet utgir standarder og normer som styrer og gir veiledning i oppføring av bygninger i Storbritannia [24].

Tabell 2 - Koeffisienter for beregning av sannsynlighet for brann. [22]

Typ av bygning	Koeffisienter basert på brannstatistikk fra Storbritannia i perioden 1966-1987	
	a	b
Industribygninger		
All slags tilvirknings industri	0,001700	0,530000
Mat, drikke og tobakk	0,001100	0,600000
Kjemisk	0,006900	0,460000
Mekanisk	0,000860	0,560000
Elektrisk	0,006100	0,590000
Kjøretøy	0,000120	0,860000
Tekstil	0,007500	0,350000
Tre og møbler	0,000370	0,770000
Papir, utskrift og publisering	0,000069	0,910000
Annen tilvirknings industri	0,008400	0,410000
Øvrige bygninger		
Lager	0,000670	0,500000
Butikker	0,000066	1,000000
Kontor	0,000059	0,900000
Hotell og lignende	0,000080	1,000000
Sykehus	0,000700	0,750000
Skole	0,000200	0,750000

I en studie fra 2018 er det foretatt en aksjon for å oppdatere verdier som ligger til grunn for PD 7974-7:2003, ved hjelp av nylig publisert statistikk fra USA. I Tabell 3 presenteres oppdaterte verdier for beregning av brannfrekvens som ble funnet i studiet.

Tabell 3 – Oppdaterte koeffisienter for beregning av sannsynlighet for brann. [23]

Typ av bygning	Koeffisienter basert på brannstatistikk fra USA i 2014			
	Tilpassede verdier (USA-Rutstein)		Direkte statistikk (USA-Improved)	
	a	b	a	b
Industribygninger				
All slags tilvirknings industri	0,003920	0,146400	1,754800	-0,831000
Mat, drikke og tobakk	-	-	0,000030	0,244700
Kjemisk	0,000249	0,002800	-	-
Mekanisk	0,000245	0,002700	-	-
Elektrisk	0,002537	0,004100	-	-
Kjøretøy	-	-	-	-
Tekstil	-	-	-	-
Tre og møbler	-	-	-	-
Papir, utskrift og publisering	-	-	-	-
Annen tilvirknings industri	0,012748	0,047400	0,001800	0,152300
Øvrige bygninger				
Lager	0,002300	0,039200	0,000100	0,349000
Butikker	0,001000	0,058900	0,000050	0,451400
Kontor	0,001000	0,058900	0,000050	0,451400
Hotell og lignende	0,003700	0,012500	0,000300	0,366000
Sykehus	0,002900	0,011500	0,000100	0,486700
Skole	0,001200	0,010100	0,000200	0,217900

Statistisk data fra tidligere branner

En alternativ løsning til beregning av sannsynligheten for en brann, er ved bruk av erfaringsdata fra tidligere branner. I første omgang innhentes informasjon om antall branner for en spesifikk tidsperiode for den type bygning som skal analyseres. For å erholde et estimat over sannsynlighet for brann i valgt bygningstype, sammenlignes innsamlet data med eksisterende bygninger i valgt bygningskategori. [21, p. 39]

Statistisk informasjon om tidligere branner dokumenteres og distribueres av Finans Norge, som er en organisasjon sammensatt av de største forsikringsselskapene i Norge. For mer informasjon, se kapittel 3.5.3.

Distribuering og innsamling av statistisk informasjon om eksisterende bygninger foretas av Statistisk Sentralbyrå, SSB. For mer informasjon, se kapittel 3.5.4.

3.4.2 Årsaksanalyse

Det er viktig at årsaker som kan potensielt føre til en brann kartlegges på en systematisk måte. Ved å indentifisere farekilder grundig er det mulig å beskrive og beregne sannsynlighet for ulike type scenarier som kan føre til et branntilløp [12, p. 8]. Ved hjelp av en årsaksanalyse er det mulig å indentifisere feil og korelasjoner på et lavt nivå, som videre blir benyttet som grunnlag for å beskrive sannsynligheten for brann [25, p. 20]. Det er også hensiktsmessig å presentere disse funn på et oversiktlig nivå ved hjelp av et bowtie-diagram. For å finne farekildene som korrelerer med hverandre og for å enklere kunne foreta en samlet betraktning av risikobilde som byggverket står ovenfor med hensyn på sannsynlighet for brann, vil det være nyttig å bruke årsaksanalyseteknikker som hendelsestre- eller feiltreanalyse [25, p. 20].

Oppbygging av årsaksanalysen kan gjøres med en kvalitativ del og en kvantitativ del. Den kvalitative delen beskriver mulige farer og årsaker som kan føre til tilsiktede eller utilsiktede branntilløp. Analysen kompletteres deretter med en kvalitativ del for å kartlegge og tallfeste sannsynlighet i den grad det er mulig. [18, p. 11]

Detaljeringsnivået for årsaksanalysen må være tilstrekkelig, slik at analysen kan legges til grunn for vurdering av tiltak som kan redusere sannsynlighet for brann. Initialt vil sannsynlighet for brann ta utgangspunkt i årsaksanalysen for å avdekke risikoområder og kartlegge for hvilke farekilder som bygningen skal håndtere. Dette fareområde ligner på et beredskapsområde, hvor det skal etableres en beredskap for de hendelser som innefattes av beredskapsområdet [26, p. 13]. Videre skal vurderingen kompletteres med betraktning av tekniske, menneskelige og organisatoriske forhold som er gjeldende for bygningen. [12, p. 13].

3.4.3 Standardmatrise for vurdering av sannsynlighet

Initialt vil branntekniske risikovurderinger avholdes på et oversiktlig nivå, slik at problemstillingen, trusler og andre forhold som innvirker på risikobildet kan forankres hos berørte aktører. Derfor vil det være naturlig å innlede risikovurderingen med en grovanalyse. På den måten er det mulig å lage en oversikt over situasjonen og for å indentifisere hvis det foreligger behov for ytterligere analyser [13, pp. slide 25-27]. En grovanalyse basert på kvalitative vurderinger vil ofte være nokk for vurdering av risiko og for indentifisering av risikoreducerende tiltak [13, p. 38]. Det er vanlig å presentere risikobildet ved hjelp av en

semikvantitativ matrise i grovanalysen, hvor sannsynligheten beskrives kvalitativt og knyttes til kvantitative intervaller. [9, p. 64], [12, p. 13]

I Tabell 4 presenteres Rambøll sitt vurderingsgrunnlag for sannsynlighet. Rambøll har valgt å utforme det semikvalitative vurderingsgrunnlaget på bakgrunn av bygningers levetid og menneskers evne for å vurdere sannsynligheten [27].

Tabell 4 – Rambøll sitt vurderingsgrunnlag for sannsynlighet

Sannsynlighet			
Lite sannsynlig	Mindre sannsynlig	Sannsynlig	Meget sannsynlig
Mindre enn 1 hendelse pr. 100 år	1 hendelse pr. 10-100 år	1 hendelse pr. 1-10 år	En eller flere hendelser pr. år
> 100 år	10 - 100 år	1 - 10 år	< 1 år

Etter at sannsynligheten for brann er fastslått, vil den bli plassert i Rambøll sin risikomatrix hvor konsekvens og sannsynlighet sammen bidrar til å beskrive det aktuelle risikobildet for alle hendelser som er identifisert. I Tabell 5 er gjengitt Rambøll sin riskmatrise og i Tabell 6 er det presentert forklaring av områder i riskomatriksen.

Tabell 5 - Rambøll sin risikomatrix

* Risikostyringsmål	Lite alvorlig	Alvorlig	Meget alvorlig	Katastrofal
Meget sannsynlig				
Sannsynlig				
Mindre sannsynlig				
Lite sannsynlig				

* Risikomatriksen skal omhandle et eller flere risikostyringsmål som for eksempel personsikkerhet, sikring av materielle verdier eller sikring av miljø.

Tabell 6 - Forklaring av områder i risikomatriksen

Rødt område	Uakseptabel risiko - Risikoreduserende tiltak må innføres
Gult område	ALARP – Innføring av risikoreduserende tiltak må vurderes opp mot kost og nytte
Grønt område	Akseptabel risiko – Ingen risikoreduserende tiltak er nødvendig

3.4.4 Sannsynlighetsreduserende tiltak

Sannsynlighetsreduserende tiltak er en form for brannforebyggende arbeid. Slike tiltak implementeres i et system, som for eksempel i en bygning eller virksomhet, hvor det er identifisert et ikke akseptabelt risikonivå. Hensikten med disse tiltakene er å redusere risikonivået til et akseptabelt risikonivå, ved å innføre tiltak som skal forhindre brann. I Tabell 7 presenteres forslag på sannsynlighetsreduserende tiltak for brann.

Tabell 7 - Sannsynlighetsreduserende tiltak

Sannsynlighetsreduserende tiltak	Beskrivelse	Kommentar
Komfyrvakt	I tilfelle av unaturlig høge temperaturforhold, bryter komfyrvakten strømforsyningen til komfyren. Komfyrvakten skal forebygge tørrkoking eller andre forhold som kan føre til brann.	Ca halvparten av brannvesenets utrykninger skyldes komfyrbranner
Prosess sikkerhet/sikkerjobbanalyse	Gjøre seg kjent med kritiske momenter i arbeidsoppgavene som kan forårsake brann, slik at brann unngås.	Informasjon, rutiner og prosedyrer
Valg av material	Valg av produksjons-, konstruksjons- og interiørmateriale som er mindre tilbøyelige for å brenne	Informasjon, rutiner og prosedyrer
Vedlikehold	Sørg for at instrumentering og andre tekniske installasjoner er i forsvarlig tilstand å sikre å bruke	Informasjon, rutiner og prosedyrer
Renhold	Sørg for at det forekommer minimalt med støv og ikke lagres ting på feil plass	Informasjon, rutiner og prosedyrer
Inneslutning [28, p. 30]	Forhindrer at brannfarlige stoffer kommer i kontakt med potensielle antenneskilder ved å stenge inne mediet. Eksempel er rør, tanker etc.	Primært for industrien
Layout, design og planlegging [28, p. 26]	Ved å gjøre seg kjent med hvordan virksomheten skal foregå er det mulig å planlegge avstand og orientering av områder, utstyr og funksjoner, slik at brann unngås.	Primært for industrien
Gassdeteksjon [28, p. 34]	Deteksjonssystem som registrerer eventuelle gassutslipp	Primært for industrien
Nødavstengning [28, p. 37]	Emergency shut down – ESD. Hurtig og effektiv nedstengning av produksjon, ved å stoppe kritiske deler av produksjonen	Primært for industrien
Ventilasjon [28, p. 31]	Forhindrer brennbar atmosfære, ved å <ul style="list-style-type: none"> • regulerer oksygenkonsentrasjonen • fortenne konsentrasjonen av brennbare gasser • sikre overtrykk i rommet 	Primært for industrien
Tennkildekontroll [28, pp. 42-43]	Forhindrer at potensielle tennkilder kommer i kontakt med brennbar atmosfære ved å for eksempel bruke kapsler på elektriske utstyr, ikke bruk ødelagte elektriske utstyr, ikke bruk	Primært for industrien

	sikre bruk av åpen ild, riktig bruk av sikkerhetsutstyr osv.	
Automatisk sløkkeanlegg	I utgangspunktet et konsekvens reduserende tiltak. Kan allikevel bli benyttet som et sannsynlighetsreduserende tiltak for å forhindre brannsmitte eller at en brann utvikler seg til en stor brann med overtenning.	Vanlig i næringsbygg

3.5 Statistisk data

Det har tidligere blitt nevnt i kapittel **Error! Reference source not found.** og i kapittel 0 at analysemetodene kan utføres enten kvalitativ eller kvalitativ og kvantitativt basert på verifiseringsbehov. Når det er behov for ytterligere dokumentasjon ved hjelp av beregninger skal statistiske data, pålitelighets- og historiske data, legges til grunn for den kvantitative delen av analysen ved betraktning av pålitelighet og risiko [25, p. 35].

Direktoratet for sikkerhet og beredskap (DSB) er den myndighet som har ansvar for kartlegging av risiko og sårbarhet i det norske samfunnet. DSB fører blant annet statistikk over branner i Norge. [29], [30]

3.5.1 Historiske data

Historiske data dokumenterer tidligere inntreffende hendelser og forhold [31]. Sammenstilling av historiske data kan blant annet benyttes for å identifisere årsaker som ligger bak et branntilløp [25, p. 35]. Dette stiller krav til at den historiske dataen er godt spesifisert og at detaljeringsnivået er tilstrekkelig for å avgjøre om dataen er tilfredsstillende. På bakgrunn av kjennskapen til historisk data kan og informasjonen brukes til å vurdere effekten av et sannsynlighetsreduserende tiltak [25, p. 35].

3.5.2 Brann- og redningsvesenet rapporteringssystem, BRIS

I begynnelsen av 2016 ble det opprettet et nytt rapporteringssystem for brann- og redningsvesenet til DSB kalt BRIS [32]. Rapporteringssystemet skal virke som et hjelpeverktøy for brann- og redningsvesenet, med hensikten å tilrettelegge og effektivisere for brann- og redningsvesenet sin innrapportering av utførte oppdrag. Dette vil på sikt føre til at innsamlingen av brannrelatert statistikk blir bedre og videre bidra til utvidelse av kunnskapsbanken med norske historiske data over tidligere branner. Dette kan forhåpentligvis føre til bedre grunnlag ved utførelse av sannsynlighetsanalyser for brann. [33]

3.5.3 Brannskadestatistikk, BRASK

Samtlige store forsikringsselskaper i Norge har siden 1985 bidratt til dokumentering av brannskadestatistikk. Sammenstilling og distribuering av brannskadestatistikken gjøres ved hjelp av registreringsverktøyet BRASK som opereres av Finans Norge. Brannskadestatistikken baserer seg på brannskader som er meldt til de store

skadeforsikringsselskapene som representerer mer enn 90% av det norske markedet. En forutsetning for at de skader som blir meldt inn til forsikringsselskapene skal bli registret i BRASK, er at de må være godt nok kodet og må ha resultert i økonomisk godtgjørelse. [34]

3.5.4 Statistisk sentralbyrå, SSB

Statistisk sentralbyrå er institusjon som samler inn og distribuerer offisiell samfunnsrelatert statistikk for Norge. For eksempel behandles områder som berører økonomi og befolkning på et nasjonalt, regionalt og lokalt nivå. [35]

3.5.5 Pålitelighetsdata

Pålitelighetsdata uttrykker evnen en komponent eller et system har til å utføre en planlagt oppgave [25, p. 7]. Pålitelighetsdata erverves fra empirisk testing av et komponenter, utstyr system, hvor dataen registreres ved feilrapporter og vedlikeholdsarbeider [25, p. 42]. Pålitelighetsdata kan distribueres av produsenter og/eller brukere av et produkt eller fra forskningsstudier [36]. Den pålitelighetsdata som er tilgjengelig i dag er generelt sett for konsekvensreducerende tiltak for brann. Pålitelighetsdata for blant annet sprinklersystem, detektorer og brannalarmsystem er i PD 7974-7:2003 [22, p. 76].

Når det kommer til tolkning av pålitelighet til systemer, kan påliteligheten til et system med flere gode komponenter være lavere sammenlignet med et system med få komponenter som individuelt sett har lavere kvalitet. Dette skyldes at den samlede påliteligheten til systemet er produktet av de enkelte komponentenes pålitelighet [25, p. 35]. Upålitelige systemer trenger i større grad mer vedlikehold sammenlignet med et pålitelig system, fordi sannsynlighet at et upålitelig system fungerer som forutsatt er mindre [25, p. 2].

Pålitelighet til et system kan vurderes ved å se til sannsynlighetsfordelingen for et system over en levetid. Det vil si å undersøke hvis sannsynlighet for at systemet utfører en tiltenkt funksjon over sin levetid vil variere. Andre faktorer som er viktige å kartlegge er forventet levetid til systemet, hvor ofte systemet vil svikte per tidsenhet og hvor sannsynlig det er at systemet fungerer til enhver tid. [25, p. 2]

3.5.6 Pålitelighetsanalyse

For å fastslå påliteligheten til et system der den samlede påliteligheten til systemet er ukjent, kan en pålitelighetsanalyse legges til grunn. Analysen kan utføres enten kvalitativt med ord eller kvantitativt med tall. Ved gjennomføring av analysen skal samtlige komponenter som bygger opp systemet undersøkes. På bakgrunn av kjennskapen til hver enkelt komponent kan seden påliteligheten til systemet vurderes. En pålitelighetsanalyse er en repeterende prosess som skal sikkerstille at vurdering av systemets funksjonalitet er aktuell. Om analysen konkludere med svekkelser i systemet skal det foretas tiltak som ivaretar systemets krav og mål til funksjonalitet. [25, pp. 2, 17]

I Tabell 8 er pålitelighetsanalysen delt inn i tre hovedaktiviteter.–

Tabell 8 – Pålitelighetsanalyse [25, p. 17]

Hovedaktivitet	Delaktivitet
PLANLEGGING	Formål
	Systemdefinisjon
	Tidsplanering
	Organisering av arbeidet
GJENNOMFØRING	Systembeskrivelse
	Definisjon av systemfeil
	Forutsetninger og antakelser
	Årsaksanalyse
	Datainnsamling og dataanalyse
	Presentasjon av resultater
BRUK	Pålitelighetsvurdering
	Beslutninger

Planlegging

Den innledende delen i en pålitelighetsanalyse skal beskrive formålet med analysen. Ved vurdering av tiltak som kan redusere sannsynlighet for brann, er kvantifisering av påliteligheten til et brannteknisk system og kartlegging av effekten til et sannsynlighetsreduserende tiltak som er formålet med analysen. [25, p. 18]

Forutsetninger som legges til grunn for analysen og hvilke avgrensinger som gjelder skal angis, slik at omfang, kompleksitet og ambisjonsnivå til analysen kan defineres. Forutsetningene skal omfatte akseptnivå/akseptkriterier, økonomiske rammer, hvor mye tid som er til rådighet og definere systemets ytre grenser til andre system. Det kan for eksempel være å beskrive systemgrensene til et brannalarmsystem, hvilke komponenter som inngår i systemet og ikke. Personer som har god kunnskap om de system som skal analyseres og andre forhold som kan ha betydning for vurdering av pålitelighet til systemet skal inkluderes i pålitelighetsanalysen. [25, p. 18]

Hensikten med analysen, i forbindelse vurdering av sannsynlighet for brann, er å finne de mest hensiktsmessige tiltakene som vil bidra til å redusere sannsynlighet for brann. Det kan for eksempel være å finne et tiltak som har høy pålitelighet til funksjonalitet og der evnen til å kontrollere et eventuelt branntilløp er godt dokumentert. Det er viktig at analysen utføres i en tidlig skjede i risikovurderingen, slik at resultatet fra analysen kan legges til grunn for å påvirke valg av sannsynlighetsreduserende tiltak. [25, p. 19]

Gjennomføring og bruk av pålitelighetsanalysen

For å kunne analysere systemet på en hensiktsmessig måte må en beskrivelse av systemet være tilgjengelig. Detaljeringsnivå på beskrivelsen skal være strukturert og hensiktsmessig utformet slik at analysen lar seg gjøres på beste sett. Beskrivelsen bør omfatte teknisk data, service- og vedlikeholdsplaner i tillegg til menneskelige, organisatoriske og miljømessige forhold som er av betydning for analysen. [25, p. 19]

Branntekniske systemer skal først aktiveres i tilfelle av en nødsituasjon. Dette fører til at systemet er i hvilemodus ved normalt drift. Overgangen fra normal drift til drift i nødsituasjon er ikke alltid garantert eller heller ønskelig. Det er ikke uvanlig at disse

systemer svikter av en eller annen grunn. Derfor er det viktig at ulike type systemsvikt defineres i beskrivelse av systemet. Et brannalarmanlegg kan for eksempel løses ut fordi noen tilsiktet aktiverer en manuell melder uten at det er brann, såkalt falsk alarm. Et annet type systemsvikt er vis brannalarmanlegget ikke løser ut i tilfelle av brann fordi strømforsyningen til detektoren er fraværende. Det er imidlertid ikke uvanlig at årsakene til systemsvikt fort blir komplekse og trenger dypere vurdering. I slike tilfeller kan en årsaksanalyse værre til god hjelp for kartlegging av vanskelige årsaksforhold [25, p. 20]. [25, p. 19]

Som nevnt tidligere i kapittel 0 skal forutsetninger for systemet dokumenteres. I tillegg skal alle øvrige antakelser or forenklinger som legges til grunn for analysen dokumenteres. Manglende dokumentasjon fører til redusert troverdighet til analysen og at etterprøvbareheten til analysen ikke er mulig. Videre kan analysen bli brukt utenfor sitt gyldighetsområde i tilfelle det ikke kommer tydelig ut av analysen. [25, p. 20]

Data som skal brukes i analysen skal omfatte informasjon for samtlige komponenter som inngår i systemet. Informasjonen skal blant annet omhandle serviceintervaller, levetid, feilhyppighet og reparasjonstider til komponentene. Informasjonen kan innhentes fra leverandører av komponentene, anerkjente håndbøker og register eller fra ekspertvurderinger. [25, p. 21]

Konklusjoner og resultatet som kommer ut av pålitelighetsanalysen skal presenteres på en slik måte at det muliggjøres for å sammenligne disse funn med gjeldende akseptnivå/akseptkriterier, lover og krav. Er pålitelighetsanalysen tilfredsstillende kan denne legges til grunn for beslutning om hvilke sannsynlighetsreduserende tiltak som bør innføres. I tilfelle analysen ikke er tilfredsstillende, må nytt system vurderes og analysen må gjøres på nytt inntil analysen er tilfredsstillende. [25, p. 21]

4 Casestudie

I dette kapittelet presenteres deler fra en tidligere utført risikoanalysen i regime av Rambøll. Risikoanalysen skal videre granskes med avseende på sannsynlighetsvurdering for brann. Case studiet skal kartlegge arbeidet som er lagt til grunn for vurdering av sannsynlighet for brann og prøve å fastslå hvis det er mulig å forbedre alternativt underbygge i en større grad vurderingsresultatet i analysen.

4.1 Brannteknisk risikovurdering –Tennishall

Tennishallen er oppført en plass i Norge. Det er et byggverk som består av to store tennishaller som kobles sammen av et mindre servisebygg i tre etasjer. I 2016 ble det etterspurt å midlertidig bruke lokalene til eksamensrelatert virksomhet for studenter to perioder i året, 1 måned om gangen. Dette ville føre til en bruksendring, da den nye virksomheten i lokalene ikke samsvarte med tiltenkt virksomhet angitt i brannkonseptet. Rambøll Norge AS ble med den anledningen kontaktet i forbindelse med utarbeidelse av risikovurdering for byggverket. Risikovurderingen skulle kartlegge potensielle farer og uønskede hendelser som ville true brannsikkerheten i bygningen. Etablering av risikovurdering var en forutsetning for at bygningen skulle kunne benyttes som midlertidig eksamenslokale. Rapporten er utført i henhold til NS 3901 der risikoanalyse er lagt til grunn som analysemodell. Videre er det benyttet grovanalyse som risikoanalysemetode.

Forutsetninger og avgrensninger

Tennishallen er bygget i 1990. På senere tid er det utført byggetekniske oppgraderinger. I 2013 ble midtfløyen oppgradert i henhold til TEK10.

I Tabell 9 er det gitt informasjon om bygningens utforming og en oversikt for bygningens bruk i den planlagte eksamensperioden.

Tabell 9 - Bygningens utforming og midlertidig bruk

Etasje	Areal (BTA)	Virksomhet	Tellende etasje	Kommentar
1. etasje	Ca. 600 m ²	Kontorer, kantine, resepsjon	Ja	Areal og virksomhet er upåvirket av eksamensgjennomføring.
	Ca. 3600 m ² + 3600 m ²	Eksamenslokale	Ja	Tennishall under normal drift
2. etasje	Ca. 580 m ²	Kafe, trening	Ja	Areal og virksomhet er upåvirket av eksamensgjennomføring.
3. etasje	Ca. 580 m ²	Kontor	Ja	Areal og virksomhet er upåvirket av eksamensgjennomføring.

Branninnretninger ved tennishallen

Tennishallen er utstyrt med flere forskjellige typer av branninnretninger som vil redusere risikoen i bygningen, ved å enten redusere sannsynlighet for brann eller ved å redusere konsekvensene av en brann. I dette tilfelle er det kun tiltak som reduserer sannsynlighet for brann som er av interesse. Tiltak som vil bidra til å redusere sannsynlighet for brann er primært organisatoriske tiltak i form av rutiner og brannforebyggende arbeid. I eksamensperioden er eksamensvakter og dedikerte brannvakter som har rutiner for hva som må iverksettes i tilfelle av en brann. Layout og materialvalg av bygget føre til at tennishallen

ikke skal kunne bli smittet av brann i nabobygg. Dette med bakgrunn i at det er mer enn 8 m til nærmeste nabobygning og at ytterveggene er utført i ubrennbare materialer. Sprinkler forhindrer brannsmitte internt i bygningen.

I rapporten henvises det til eier og bruker sine plikter i henhold til Forskrift om brannforebygging (FOB) og Lov om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver (brann- og eksplosjonsvernloven). FOB stiller overordnede krav til hvordan enhver person skal bidra til å redusere sannsynlighet for brann og konsekvensene av brann. Brann- og eksplosjonsvernloven lover stiller overordnede krav til håndtering av brann- og eksplosjonsfarlig stoff. Disse kravene kan samlet ses som organisatoriske tiltak i form av rutiner og brannforebyggende arbeid, som myndigheten pålegger bygninger i drift.

Brannscenarier ved tennishallen

Identifisering av relevante brannscenarier som kan true byggverket ble gjennomført sammen med representanter fra eiere for bygningen, daglig leder og prosjektleder for tennishallen. I Tabell 10 gis en oversikt for de brannscenarier som ble identifisert. I henhold til NS 3901 skal risikovurderinger som er en del av brannsikkerhetsstrategien, vurdere følgende brannscenarier:

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

Risikovurderingen har konkretisert og argumentert for brannscenarier som skal vurderes i henhold til NS 3901. Nedenfor beskrives hvilke brannscenarier som er tatt i betraktning ved vurdering av brann i tennishallen.

Brannscenario 1

En brann som kan føre til omfattende konsekvenser ved byggverket. Brannen tar utgangspunkt i verst tenkelige tilfelle, og sannsynlighet for at brannen inntreffer er lav.

Brannscenario 2

Innefatter branner som tar lang tid før de oppdages. Dette skyldes at brannen får utvikle seg og vokse seg stor i områder som normalt er uten personer. Denne typen brannscenario kan utelates ifølge NS 3901, dersom heldekkende brannalarmanlegg er installert. Tennishallen er utstyrt med heldekkende brannalarmanlegg, hvorpå brannscenario 2 ikke vurderes.

Brannscenario 3

En type brann som bruker lang tid på å utvikle seg. Brannen vil initialt kun avgi røyk uten flammedanning. Temperaturøkningen i brannen vil skje langsomt, men røykdanning kan fort bidra til at kritiske grenseverdier overskrides med hensyn på sikt og giftige gaser. Som følge

av heldekkende brannalarmsystem vil denne typen branner bli detektert med høy sannsynlighet. Denne type brann er spesielt relevant for byggverk med overnatting. Tennishallen er ikke prosjektert for overnatting og har heldekkende brannalarmsystem, hvorpå denne typen branner utelates fra vurderingen.

Brannscenario 4

Branner som ikke innefattes av tidligere nevnte brannscenarier, benevnes øvrige branner. Disse branner er spesifikke for den aktuelle bygningen og styres av bygningens utforming og planlagt virksomhet i bygningen.

Dimensjonerende brannscenario

Brannscenario et og fire legges til grunn for vurderinga av sannsynlighet for brann. Se Tabell 10 for detaljert oversikt over de brannscenarier som er vurdert.

Tabell 10 - Brannscenarier i bygningen

ID	Brannscenarier	Scenario i henhold til NS 3901
1	Brann i tennishall	1
2	Brann i kurs – lekserom	4
3	Brann på lager	4
4	Brann i butikk	4
5	Brann i lounge/fysiorom	4
6	Brann i garderobe	4
7	Brann på kjøkken	4
8	Brann i kafe	4
9	Brann på kontor	4
10	Brann på treningsrom	4
11	Brann i teknisk rom	4
12	Brann i rømningsvei/trapp	4
13	Utvendig brann	4

4.2 Resultat fra casestudiet

I dette kapitlet vil de funn som ble gjort ved analysering av casestudiet presenteres. I casestudiet ble det benyttet to forskjellige metoder for beregning av sannsynlighet for brann. Metode 1 benytter seg av en beregningsmetode for brannfrekvens gitt i PD 7974-7:2003. Metode 2 benytter seg av norsk brannstatistikk som sammenlignes med norsk bygningsstatistikk. Disse metoder ble ikke brukt i den opprinnelige risikovurderingen av tennishallen. I stedet ble sannsynligheten for brann i tennishallen vurdert i henhold til brannstatistikk fra BRASK, DSB, Nordstat og analysegruppens tidligere erfaringer. Videre ble sannsynligheten definert ved hjelp av Rambøll sitt vurderingsgrunnlag, se Tabell 4, og plassert i Rambøll sin risikomatrix, se Tabell 5. I den opprinnelige risikovurderingen ble hvert enkelt brannscenario vurdert i henhold til sannsynligheten for brann. I casestudiet er det valgt å vurdere sannsynlighet for brann på et overordnet nivå, det vil si sannsynligheten for brann i byggverket. Det vil imidlertid være mulig å videre vurdere sannsynligheten for brann for hvert enkelt brannscenario. Dette er mulig ved å kombinere sannsynlighetstall som erholdes fra de to forskjellige metodene i dette studiet med norsk brannrelatert informasjon fra DSB. For eksempel er det mulig å innhente informasjon om de vanligste årsaker for brann og hvor det oftest begynner å brenne fra DSB.

Betraktning av sannsynlighet for brann i risikovurderingen

I den opprinnelige risikovurderingen presenteres informasjon vedrørende rutiner, opplæring og trening hva gjelder brannforebyggende arbeid som skal redusere sannsynlighet for brann ved gjennomføring av eksamen. For eksempel er eksamensvakter ansvarlige for gjennomføring av eksamen, men skal også bedrive forebyggede brannarbeid. Eiere har i samarbeid med brukere av tennishallen, etablert rutiner og prinsipper for håndtering av branntilløp. Det blir nevnt i den opprinnelige risikovurderingen at det er vanskelig å fastslå effekten av de organisatoriske tiltakene, fordi vurdering av effekten er forbundet med store usikkerheter. Risikovurderingen konkluderer med at overordnet kan dette blant annet skyldes menneskers varierende holdning og kulturtilnærming til hvordan vi ser på risiko og at tiltakene er avhengig lokale forhold. Dette fører til at det er vanskelig å finne statistikk og erfaringsdata som kan legges til grunn for vurdering av effektene for tiltakene i bygningen. Denne type data er utfordrende fordi den er vanskelig å generalisere. Mennesker har forskjellige meninger og erfaringer hva gjelder risiko og det vil forekomme ulike forutsetninger i alle bygninger. [37]

I risikovurderingen uttrykkes det spesifikt at estimering av brannfrekvens for de ulike brannscenarioene, oppgitt i

Tabell 10, var vanskelig. Risikovurderingen nevner at dette skyldes manglende statistikk, sannsynlighetsfordeling til brannscenarioene og usikkerheter knyttet til de enkelte brannscenarioene. [37]

Risikovurderingen peker på at brannstatistikk i Norge er mangelfull, fordi informasjon for å kvantifisere sannsynlighet for brann er fraværende. Det nevnes i risikovurderingen at årsaken til at brannrelatert statistikk ikke er komplett skyldes blant annet manglende innrapportering, resultatløs etterforskning eller at det er for få registrerte branner. [37]

Risikovurderingen konkludere likevel med at de organisatoriske tiltakene er tilfredsstillende og at usikkerheter forbundet med effekten til de organisatoriske tiltakene er ivaretatt ved gjennomføring av eksamen. [37]

Alternative metoder for vurdering av sannsynlighet for brann i casestudiet

For alternativ vurdering av brannfrekvensen er det brukt to beregningsmetoder i casestudiet. Disse beregningsmetodene er ikke blitt brukt i den opprinnelige risikovurdering for tennishallen. Disse metodene erstatter ikke den opprinnelige metoden, uten skal ses som utvidelse av det allerede eksisterende grunnlaget som er lagt til grunn for vurdering av sannsynlighet for brann. I den ene alternative metoden legges en beregningsmetode og statistiske verdier til grunn for vurderingen, mens den andre alternative metoden sammenligner antall tidligere branner i den aktuelle bygningskategorien med antall eksisterende bygninger i bygningskategorien. I den tidligere utførte risikovurderingen baserer seg ikke sannsynligheten for brann på beregning. I stedet foretas vurderingen for sannsynlighet for brann på bakgrunn av brannstatistikk, tidligere erfaringer og kvalifisert gjetting [37].

Metode 1 - Beregning av sannsynlighet for brann ved hjelp av Rutsteins metode

Ved benyttelse av Metode 1 er det kun mulig å vurdere Tennishallen som en skole. Dette fordi det Metod 1 mangler inngangsverdier for idrettshaller i PD7974-7:2003. Det er valgt å bruke verdier fra Tabell 2 og fra Tabell 3 som inngangsdata til beregningsmetoden. Dette for å muliggjøre for å avgjøre hvis valg av inngangsdata har betydning for resultatet. For beregning av sannsynligheten for brann benyttes ligning 1. Ligning 1 beregner sannsynligheten for brann på bakgrunn av brannstatistikk og arealet til bygningen. Sannsynligheten for brann er basert på et års løpetid.

Sannsynlighet for brann i skole i henhold til verdier fra Tabell 2 og et areal på 7200 (m²)

$$F_{skole} = 0,0002 \cdot 7200^{0,75} = 0,15633 \dots \sim 15,63\%/år \quad (2)$$

Sannsynlighet for brann i skole i henhold til verdier fra Tabell 3 og et areal på 7200 (m²)

$$F_{skole} = 0,0012 \cdot 7200^{0,0101} = 0,00131 \dots \sim 0,13\%/år \quad (3)$$

Sammenligning av resultater fra ligning 1 og 2 demonstrerer at det har stor betydning hva gjelder valg av statistiske data. Bruk av eldre statistikk fører til en økning i sannsynlighet for brann på mer enn 10 ganger, sammenlignet med nyere statistikk. Dette skyldes blant annet at ligning 3 som baserer seg på oppdatert amerikansk brannstatistikk, ikke ser ut å vurdere økt areal som en bidragende faktor for økt sannsynlighet for brann i sammen utstrekning som ligning 2.

Metode 2 - Beregning av sannsynlighet for brann ved hjelp av statistisk data

Tennishallen vil bli behandlet som en skole men og som et fritidsanlegg (idrettshall). Hensikten med å behandle analysebygget som to ulike virksomheter er for å undersøke hvis sannsynligheten for brann øker som følge av midlertidig bruksendring. Informasjon for antall branner i norske idrettshaller og skoler i 2018 er hentet fra BRASK sin nettside [34]. Informasjon for antall norske idrettshaller som er i faresonen i 2018 er hentet fra

telefonintervju med Simen Svenkerud på SSB [38]. Idrettshallene i dette studiet representeres av bygningstypekode 651 [39]. Informasjon for antall skolebygninger i 2018 er hente fra utdanningsdirektoratet sine nettsider [40], [41].

BRASK operer med en overordnet kategoriseringa av bygninger, hvilket førte til utfordringer ved bestemmelse av antall branner for de enkelte virksomhetene. Idrettshaller er inkludert i kategorien kulturell virksomhet, underholdning og fritidsaktiviteter [42, p. 49]. Posten undervisning representerer alle private og kommunale skolebygninger [43]. I tillegg var det svært vanskelig å finne et tall for antall bygninger som er i faresonen og som samtidig er representativt for antall branner som er antatt for bygningstypen. I vurderingen for antall branner i skoler er tallet fra BRASK brukt uten noen endringer, mens ved vurdering av antall branner i idrettshaller ble det utført en vekting. Til grunn for vekting av antall branner i idrettshaller ble tidligere dokumenterte branner i norske idrettshaller i 2018, ved hjelp av googlesøk, lagt til grunn. I tillegg er det en liten sannsynlighet for brann i idrettshaller som følge av den tiltenkte virksomhet som foregår i idrettshaller [42, p. 49]. Derfor er rimelig å anta at idrettshaller representerer en mindre andel av de branner som forekommer innen bygningskategorien kulturell virksomhet, underholdning og fritidsaktiviteter. I Tabell 11 og Tabell 12 er den informasjonen som er nødvendig for beregning av sannsynligheten for brann i skolebygninger respektive idrettshaller beskrevet. I ligning 4 og ligning 5 presenteres deretter den beregnede sannsynligheten for brann i skolebygninger og idrettshaller. Ligning 4 og ligning 5 beregner sannsynligheten for brann på bakgrunn av antall tidligere branner for en spesifikk bygningskategori og antall bygninger i faresonen for den samme bygningskategorien.

Tabell 11 - Antall branner i skolebygninger og antall skolebygninger i 2018

Beskriving	Antall
Antall varme branner i bygninger relatert til undervisning i 2018 i henhold til BRASK:	6 st
Antatt antall branner i skoler i 2018	6 st
Antall skoler i 2018:	3246 st (2848 grunnskoler + 416 videregående skoler)

Sannsynlighet for brann i skole:

$$\frac{6}{3246} = 0,00184 \dots \sim 0,18 \%/\text{år} \quad (4)$$

Tabell 12 - Antall branner i idrettshaller og antall idrettshaller i 2018

Beskriving	Antall
Antall varme branner i bygninger relatert til kulturell virksomhet, underholdning og fritidsaktiviteter i 2018 i henhold til BRASK:	34 st
Antatt antall branner i idrettshaller i 2018	2 st
Antall idrettshaller i 2018:	1199 st

Sannsynlighet for brann i idrettshaller:

$$\frac{2}{1199} = 0,00166 \dots \sim 0,17 \text{ \%/år} \quad (5)$$

Tolkning av resultater fra casestudiet

På bakgrunn av de erholdte resultatene virker det som at begge metoden for beregning av sannsynlighet for brann i skoler ender opp med omtrent det samme sannsynligheten for brann. Dette uten å videre vurdere resultatet utefra et bayesiansk synspunkt, hvor lokale forutsetninger tas i betraktningen. Hva gjelder sannsynlighet for brann i idrettshaller er det kun mulig å bruke beregningsmetoden hvor antall branner og antall bygninger i farensonen sammenlignes. Dette føre til at det er større usikkerhet i tallet som angir sannsynlighet for brann i idrettshaller med utgangspunkt i valgt fremgangsmåte i casestudiet.

Sannsynligheten for brann i analysebygningen, med utgangspunkt i resultater fra casestudiet, vil sannsynligvis ikke å øke noe betydelig som følge av bruksendringen. Det er imidlertid rimelig å anta at økning av antall personer som oppholder seg i analysebygningen, vil føre til en økt sannsynlighet for brann. Det skyldes at andelen elektroniske artikler som klokker, mobiltelefoner og pc-er, vil øke i takt med at personantallet øker. Det er imidlertid vanskelig å fastslå om dette vil føre til økt sannsynlighet for brann som trenger sannsynlighetsreducerende tiltak.

For å videre kunne benytte seg av resultatet fra disse metoder ved plassering i Rambøll sannsynlighetsintervaller gitt i Tabell 4, må det først avklares en type indekshnivå for hva som betraktes som akseptnivå for brann. Med andre ord en prosentsats som tilsvarer en brann. Ved å multiplisere sannsynligheten for brann per år med et intervall beskrevet i Rambøll sannsynlighetsintervaller gitt i Tabell 4, erholdes en prosentsats for sannsynligheten for brann for et gitt intervall. Ved å multiplisere resultatet fra metodene med antall år vil det føre til at man antar at brannfrekvensen er lineær. Dette vil føre til ytterligere usikkerheter, fordi antall branner per år vil mest sannsynligvis variere. I Tabell 13 gis et eksempel på hvordan beregningsmetodene beskrevet i kapittel 0 kan benyttes for å plassere sannsynligheten for brann for en virksomhetstype i henhold til Rambøll sine sannsynlighetsintervall beskrevet i Tabell 4.

Tabell 13 - Fremgangsmåte for plassering av sannsynlighet for brann

Beskriving	Antall
Metode	Metode 2
Virksomhet	Skole
Beregnet sannsynlighet per år	0,17%/år
Sannsynlighetsintervall Rambøll	10-100 år
Sannsynligheten for brann i intervallet 10-100 år	1,7-17%

4.3 Kommentarer til funn i casestudiet

I risikovurderingen for tennishallen er det ikke presisert hvordan tallet som legges til grunn for brannfrekvens er erholdt. Det er heller ikke angitt at brannfrekvensen baserer seg på noen type beregning. Derfor antas at den opprinnelige risikovurderingen for tennishallen vurderer sannsynlighet for brann på bakgrunn av resonnement og diskusjon internt i analysegruppen. Som følge av dette vil det være vanskelig å reprodusere studiet på nytt og erholde samme svar. Det vil også være vanskelig å kontrollere gyldigheten i det tallet som angir brannfrekvensen. En bedre presentasjon av sannsynligheten for brann vil være og komplettere det eksisterende grunnlaget med et beregningsunderlag i tillegg til dokumentasjon som viser fremgangsmåten for hvordan brannfrekvensen er erholdt. Derfor anbefales at fremtidige sannsynlighetsvurderinger kompletteres med noen av de to beregningsmetodene, ved å benytte seg av fremgangsmåten beskrevet i kapittel 0. I dette tilfelle vil det være mest hensiktsmessig å bruke beregningsmetoden som baseres seg helt på statistisk grunnlag. Dette skyldes at beregningsmetoden ved hjelp av Rutsteins metode mangler inngangsdata for idrettshaller. Disse to beregningsmetoder er bra forslag på hvordan den branntekniske dokumenteringen kan styrkes ytterligere. Problemet er at disse beregningsmetoder har et begrenset brukerområde, som følge av blant annet manglende data, alt for overordnet datakategorier og fraværende innrapportering av branner. Større fokus fra myndighetene sin side vil kunne tilrettelegge for hensiktsmessig bruk av disse beregningsmetoder.

5 Diskusjon

I dette kapitlet vil funn fra arbeidet diskuteres og sammenlignes mot lignende studier. Det vil undersøkes hvorvidt resultater og funn fra dette studiet samsvarer med andre lignende studier. Dette kapittel skal gi støtte til rapportens faglige gyldighet ved å henvise til tidligere forskning på fagområdet.

5.1 Bruk av pålitelighetsdata og historiske data

Historiske data beskrivelser tidligere hendelser, hvilke forhold som var gjeldende og hva som ble utfall av en hendelse. Ved hjelp av å diagnostisere tidligere hendelser er det mulig å estimere fremtidige hendelser. Et større urvalg av liknende hendelser vil sammen bidra til å danne et bilde over hvilke forutsetninger som er styrende for utfallet av en hendelse. Mengden data og muligheten til å isolere enkelte forutsetninger, er avgjørende for nøyaktig estimering. Historisk data resulterer i erfaring som videre fører til ny kunnskap. Ny kunnskap tilrettelegger blant annet for muligheten for å avdekke nye løsninger, effektivisere prosesser og arbeidsoppgaver og forutse utfallet av fremtidige hendelser.

Ved hjelp av pålitelighetsdata er det mulig å kritisk vurdere et tiltak på komponentnivå. Identifisering av kritiske komponenter tilrettelegger for å kunne vurdere aktuelt pålitelighetsnivå for et tiltak. Mer inngående kjennskap til hvordan et tiltak er bygget opp gir bedre grunnlag til å vurdere effekten av tiltaket og videre prioritere mellom hvilket tiltak som er best evnet. [25, pp. 41-42]

5.2 utfordringer ved bruk av statistisk data

I dette kapittel presenteres årsaker som ligger bak hvorfor det er utfordrende og bruke erfaringsdata og pålitelighetsdata som er tilgjengelige i dag.

5.2.1 Manglende innenlandsk statistikk og bruk av utlandske data

Som nevnt tidligere i kapittel 3.53.5.1, har DSB det overordnede ansvaret for kartlegging av risiko og sårbarhet i det norske samfunnet. Den brannrelatert statistikk som presenteres av DSB er imidlertid mangelfull fordi relevant informasjon for bearbeiding av sannsynlighetsanalyser utelates fra rapporteringen. Informasjon som er avgjørende for risikovurdering av brann er for eksempel informasjon om hvilke typer branninnretninger som bygningen var utstyrt med og hvorvidt det fungerte eller ikke. Det nye rapporteringssystemet BRIS er begrenset i forhold til innsamling av pålitelighetstall til branntekniske systemer, hvor kun enkelte branninstallasjoner blir vurdert av brannvesenet for tiden [44]. Som følge hvordan norsk brannrelatert statistikk blir behandlet og presentert, er det i dag vanskelig å bruke som grunnlag for vurdering av sannsynlighet for brann og for dokumentering av pålitelighet til branninnretninger.

Manglende eller bristfeldig statistikk er imidlertid ikke et fenomen som kun er relatert til Norge. Dette er en generell problemstilling som flere andre land sliter med. I rapporten *NFIRS Incident Types - Why aren't they telling a clearer story?* granskes hvordan data fra uønskede hendelser i USA blir presentert. I rapporten betraktes problem relatert til pålitelighetsdata for uønskede hendelser. Rapporten konkludere med at statistikken er mangelfull og presentert på en utilfredsstillende måte. Rapporten anbefaler forbedringsmuligheter for dokumentering av statistikken ved å tydeliggjøre presentasjon av

data og at annen ekstern ekspertise blir involvert i alt større grad ved bearbeiding av ny versjon for statistikk over uønskede hendelser. [45]

I rapporten *Brandteknisk riskanalyse – inndata, metodik och osäkerhetsanalys* er også manglende brannrelatert statistikk i lupen. I rapporten konstateres at større delen av den brannrelaterte statistikken som foreligger ikke er evnet å bruke som inngangsdata ved beregning av funksjonssannsynlighet for systemer. Rapporten anbefaler at fremgangsmåten for fremtidig innhenting av brannrelatert statistisk data blir tilpasset på forhand, slik at det kan identifiseres hvilke aktører som ønsker å benytte seg av denne informasjonen og hvilke behov og krav som aktørene stiller til den dataen som innsamles [21, p. 22].

Det finnes andre land enn Norge som har en lengre tradisjon og mer omfattende innsamling av brannrelatert statistikk. Derfor brukes i dag utalandske kilder i stor grad ved henvisning til brannrelatert statistikk i forbindelse med risikovurderinger [46]. Det er blant annet vanlig at brannstatistikk fra Storbritannia legges til grunn ved risikovurdering av brann.

Dette kan føre til utfordringer ved bruk av data som er tatt fra et annet land, fordi forutsetningene kan være annerledes sammenlignet med Norge. Forutsetninger som vil påvirker sikkerhetsarbeidet er blant annet kulturelle-, byggetekniske- og klimaforhold. Som følge av ulike forutsetninger er det sannsynlig at tolkning av risiko for brann vil variere.

I dag eksisterer det, om lite og utdaterte, pålitelighetsdata for konsekvensreducerende systemer som kan bidra til å estimere konsekvensene av brann. Som følge av at konsekvensanalyser kan basere seg på statistiske kilder med utgangspunkt i historiske hendelser, er det mulig for en bedre og mer reel vurdering. På den måten er det mulig for å erholde en nøyaktigere og mer presise risikovurdering som bedre samsvarer med virkeligheten, sammenlignet med dagens grunnlag.

Hvis flere inntreffer av brannrelatert statistikk, for eksempel brannrådgivere, blir involvert i oppbyggelse av hvordan statistikken skal dokumenteres, vil statistikken få et bredere brukerområde og få en større merverdi. Innføring av dette system, ved innsamling av norsk brannstatistikk, vil på sikt føre til innenlandske pålitelighetsdata og historiske data som kan legges til grunn for vurdering av sannsynlighet for brann og pålitelighetstall for branninnretninger i norske bygninger.

5.2.2 Vurdering av sannsynlighetsreducerende tiltak

Vurdering av årsaker til og sannsynlighet for brann i analysebygget har det stor betydelse for videre valg av sannsynlighetsreducerende tiltak. Det er tidligere nevnt i kapittel **Error! Reference source not found.** at uønskede hendelser skal indentifiseres. Det er her også av interesse å undersøke hva som er årsaken bak disse uønskede hendelser, hvor ofte de potensielt kan oppstå og sannsynlighet for at de oppstår. God kjennskap til disse faktorene er avgjørende for å beslutte om og hvilke tekniske tiltak som er nødvendige for å redusere sannsynlighet for brann. Hvis det er behov for sannsynlighetsreducerende tiltak skal disse dokumenteres og sannsynlighet for brann skal på nytt fastslås.

I rapporten er det ikke funnet noen pålitelighetsdata eller historisk data som beskriver effekten av ulike sannsynlighetsreducerende tiltak for brann. Det er med andre ord ikke avdekket noen historisk informasjon som beskriver hvordan slike tiltak kvalitativt har bidratt i til å forebygge brann. På bakgrunn av denne informasjon mangler, er det ikke mulig å

fastslå hvilken type sannsynlighetsreducerende tiltak som er fornuftig å bruke, på bakgrunn av pålitelighetstall eller historiske data. Det er imidlertid funnet utenlandsk data som kan legges til grunn for å fastslå sannsynligheten for brann uten hensyn til branntekniske tiltak.

5.2.3 Mangelfulle kilder legges til grunn for pålitelighet

I tillegg til manglende innenlandsk brannstatistikk er troverdigheten til den statistikk som foreligger i dag et utfordrende område innenfor probabilistisk brannteknisk prosjektering. Som følge av at statistikken baserer seg på inngangsdata som varierer på bakgrunn av forskjellige tekniske og geografiske forutsetninger, vil også den menneskelige faktoren ha betydning for påliteligheten til den statistikk som brukes. For eksempel kan manglende kvalitetskontroll, utyelighet og bristende kildehåndtering føre til at påliteligheten til de statistiske verdiene svekkes. Dette belyse i rapporten *Collecting, Analysing, and Presenting Reliability Data for Automatic Sprinkler Systems* som publiseres sommeren 2019. Rapporten ser nærmere på påliteligheten til sprinkleranlegg. Formålet med rapporten var å undersøke hvorfor det eksistere variasjoner for pålitelighet til sprinkleranlegg, både innen et land men og mellom land. Rapporten baserer seg på en litteraturgjennomgang av dokumenter fra den anerkjente amerikanske interesseorganisasjonen NFPA, fra en felles rapport for Australia og New Zealand og en rapport fra Storbritannia. Litteraturgjennomgangen pekte på at flere av kildene som ble lagt til grunn for pålitelighetstallene var tvilsomme, hvorpå forfatteren valgte å gå videre med en dokumentanalyse for å kritisk granske kildene i dybden. Hensikten med dokumentanalysen var å kritisk granske den vitenskapelige oppbyggelse av de rapporter som ble lagt til grunn for pålitelighetstallene. Forfatteren fant ut at alle kildene som ble brukt var mangelfulle, utydelige og ikke oppfylte kriteriet for en vitenskapelig kilde. Forfatteren konkluderte derfor med at ingen av de kildene som ble brukt kan legges til grunn for dokumentering av pålitelighetstall. [47]

Funn fra rapporten *Collecting, Analysing, and Presenting Reliability Data for Automatic Sprinkler Systems* er oppsiktsvekkende. Pålitelighetstall til sprinkleranlegg er sannsynligvis de pålitelighetstallene som bransjen har størst tillit til [46]. Dette peker på at det kan forekomme brister i andre pålitelighetstallene som blir brukt for å dokumentere påliteligheten til branninnretninger. Det er opp til enhver rådgiver å sjekke at datagrunnlag som brukes for å underbygge dokumentasjon i analysen er riktig. Bruk av tvilsom eller ukontrollert data kan føre til at sikkerhetsnivået risikeres og videre fører til et ikke godkjent brannteknisk design av bygningen.

Når anerkjente litteratur og andre kilder som legges til grunn for påliteligheten til sprinklersystem svikter, burde en klokke ringe. Dette tyder på at det finnes et behov for å kritisk granske samtlige pålitelighetsdata for branntekniske systemer som legges til grunn for vurdering av aktuelt brannsikkerhetsnivå.

5.2.4 Tidskrevende etterforskning

Brannprosjektering er en liten post når det kommer til prosjektering av bygninger med avseende på kost og tid sammenlignet med andre byggetekniske fag som bygg, ventilasjon og elektro [27]. Derfor er det ofte vanskelig å foreta pålitelighetsanalyser som beskrevet i kapittel 3.5.6. Slike analyser vil være aktuelt ved større prosjekter med høgre grad av kompleksitet og usikkerhet, der risikovurdering utgjør en stor post i budsjettet. I utgangspunktet vil det være nokk med en grovanalyse ved riskanalyse i henhold til NS 3901, hvor statistisk data og kjennskap til lokale forhold legges til grunn for vurdering av

sannsynlighet for brann. I slike prosjekter vill det ikke være praktisk mulig med omfattende pålitelighetsanalyser og dypere kildeanalyser av til den statistikk som benyttes. Derfor er slike analysemetoder avhengig tilgjengelig statistisk data som er dokumentert riktig.

5.3 Spesifikke forhold som må tas i betraktning ved vurdering av sannsynlighet

Som nevnt tidligere i rapporten vil det alltid forekomme variasjoner i de forutsetninger som foreligger. Derfor vil det være utfordrende ved etablering av statistiske data. Den statistiske dataen vil bli generalisert, fordi den skal dekke et stort antall scenarier. Dette fører til at den statistiske dataen vil avvike fra de faktiske forholdene i enkelte tilfeller, som følge av generalisering. For å fange opp usikkerheter som den statistiske dataen fører til, vil det være nødvendig å ta hensyn til lokale forhold og tidligere erfaringer ved analysebygget. Derfor vil det være behov for å engasjere både brukere og eiere av analysebygget ved utarbeidelse av en risikovurdering, slik at all kjent informasjonen som eksisterer blir tatt med i risikovurderingen. Slik informasjon kan være kjennskap til tidligere branner i bygningen, branninnretninger i bygningen, vedlikehold av bygningen, kjennskap til installasjoner og lagring av brennbart materiale i bygningen, utførte brannforebyggende tiltak i bygningen, atferd til de mennesker som oppholder seg i bygningen, rutiner og øvinger i brannforebygging. Ved kombinasjon av statistisk data og kjennskap til lokale forutsetninger, vil det være størst muligheter for å lage en så realistisk risikobildet for analysebygget som mulig.

5.4 Gjennomføring av sannsynlighetsanalyser i Rambøll

For utarbeidelse av sannsynlighetsanalysen er det hensiktsmessig å kombinere erfaringer med statistisk data. For innhenting av brannstatistikk brukes blant annet kilder som DSB, BRASK og RISEF og for annen statistikk benyttes SSB. Det er imidlertid generelt sett lite statistisk data å finne som kan legges til grunn for vurdering av sannsynlighet for brann. Det er mulig å bruke utenlandske data, men ofte vil det forekomme alt for store variasjoner i forutsetningene, slik at dataen ikke er overførbar på den norske bygningen. Dette fører til at sannsynlighetsanalyser må i stor grad basere seg på informasjon fra brukere og leverandører av produkter som blir brukt i analysebygningen. Når det mangler statistisk data er det avgjørende å kunne innhente informasjon fra de som faktisk bruker produktet og har lokal kjennskap i bygningen. Disse personen har ofte best kjennskap til de lokale forutsetningene, rutiner og prosedyrer som er gjeldende i analysebygget og har oftest ider om hva som er utfordringene og hvilke tiltak som må innføres. Uavhengig de innspillene som blir implementert i analysen er vurderingen fortsatt et estimat over et fremtidig scenario. Videre er det viktig å være konservativ i vurderingen, slik at usikkerheter ivaretas. Derfor vil vurderingen kompletteres med en sikkerhetsmargin. I de tilfeller da det forekommer store usikkerheter i analysen er det vanlig at vurderingen blir konservativ i flere ledd. Som følge av estimering av noe som er ukjent vil det alltid forekomme en viss form for synsing og kvalifisert gjetting, hvor antakelser og forenklinger foretas i varierende utstrekning. Resultatet av sannsynlighetsvurderingen er helt avhengig kvalitet til den inndata som benyttes for å kunne danne et riktig bilde over sannsynligheten for brann. [48]

Ved betraktning av sannsynligheten for brann skal de farer som risikogruppen har identifisert legges til grunn. Vurderingen skal ta utgangspunkt og basere seg på tekniske tiltak og benytte seg av organisatoriske og menneskelige tiltak som positive bidrag. Argumentasjonen for sannsynligheten for brann skal aldri støtte seg organisatoriske eller menneskelige tiltak.

Dette beror på at tiltak som er avhengig menneskelige handling vil alltid ha en lavere sannsynlighet for å virke sammenlignet med tekniske tiltak. Videre er norsk lovverk utformet med utgangspunkt i at personer som oppholder seg i bygningen ikke er trent eller evner å slukke en brann. Norsk lovverket konservativ i den mening at det tar utgangspunkt i worst-case scenario, hvilket fører til at brannsikkerheten i norske bygninger holder et høgt sikkerhetsnivå, hvor ingen personer ekskluderes. [46], [36]

Initialt vil det være naturlig å opprette en risikogruppe hvor alle de personer som kan tilføre viktige innspill til risikovurderingen involveres. Til å begynne med avholdes et startmøte hvor risikogruppen prøver å avdekke alle potensielle farer og uønskede hendelser som kan inntreffe. Brannrådgiveren bruker seden fareidentifikasjonen til grunn for vurdering av sannsynligheten for brann. Deretter avholdes et nytt møte hvor resultatet fra sannsynlighetsanalysen diskuteres. Hvis det ikke er avdekket noe tall eller hvis resultatet ikke er tilfredsstillende, foretas en ny omgang med risikogruppen. Risikogruppen blir da sammen ening om en fornuftig plassering av sannsynligheten i Rambøll sin semikvantitative sannsynlighetsmatrise. Da vil sannsynligheten ikke basere seg på tall, men heller på erfaring fra brukeren og input fra Rambøll sine tidligere prosjekter. [48]

5.5 Ny forskning

I dette kapitlet vil ny forskning på området presenteres. Her vil forslag til en ny veiledning for probabilistisk brannteknikk prosjektering presenteres og hvilke tiltak innenfor området brann som forskningssentrene ser for seg fremover i tid.

5.5.1 prINSTA/TS 951

Per i dag foreligger det ikke noen veiledning for probabilistisk tilnærming i forbindelse med brannteknikk analyse. I begynnelsen av 2018 ble det imidlertid sendt ut et forslag på høring i de nordiske landene. Dette dokumentet er en nordisk teknisk spesifikasjon som skal gi veiledning ved probabilistisk brannteknikk prosjektering, også kjent som prINSTA/TS 951. [49]

Metoder og data som bli presentert i dokumentet baserer seg på inntrufne branner, forsøk og ekspertvurderinger. Videre benyttes statistiske data for brannfrekvenser og for påliteligheten til brannsikkerhets tiltak. I utgangspunktet skal probabilistiske metoder og data basere seg kun på statistikk, men det er vanlig at disse kombineres med deterministiske data. [13, p. 44]

Formålet med dokumentet er å gi nokk grunnlag til å sikkerstille at funksjonskravene i TEK17 oppfylles, hvis dokumentet følges. Det er imidlertid og mulig å bruke dokumentet i kombinasjon med INSTA/TS 950:2014 for å overholde funksjonskravene i TEK17. På samme måte som for en risikoanalyse blir akseptkriterier lagt til grunn for akseptabelt sikkerhetsnivå. Dokumentet gir forslag til aktuelle brannsikkerhetsmetoder, statistiske data (pålitelighetsdata og historisk data) og ytelseskriterier. [50]

Bokstavene «pr» indikere på at det ikke er et stadfestet dokument, men at dokumentet er ute for høring [49].

5.5.2 Utviklingsprosjekter innenfor innsamling av brannteknikk statistikk

Blant de større norske aktørene innenfor brannforskning er brannteknikk statistikk et tema som skal undersøkes i kommende utviklingsprosjekter. DSB og RISE Fire Research har

begge kommende prosjekter som skal granske branner for å innhente kunnskap om effekten av branntekniske innretninger og forebyggende arbeid [44], [51]. RISE Fire Research har avsatt ressurser for å foreta slike pilotprosjekter ved forskningscenteret Fire Research and Innovation Centere (FRIC) i Trondheim [51]. Forhåpningen på sikt er å tette de kunnskapshullene som i dag foreligger hva gjelder brannteknisk statistikk i Norge og tilrettelegge for bruk av probabilistisk brannteknisk prosjektering.

5.6 Usikkerhetsmomenter ved risikoanalysen

Ved gjennomføring av analyser der et virkelig fenomen skal studeres er det vanskelig å ta høyde for alle forutsetninger og faktorer som kan innvirke på resultatet av analysen. Ofte brukes inngangsdata som er oppdaget av andre personer, hvilket fører til at det er vanskelig å vite hva som egentlig ligger til grunn for disse dataene. Dette fører til generaliseringer med innebyggete usikkerheter. For å fange opp disse usikkerhetene er det viktig å vurdere hva som er riktig og hva som usikkert i analysen. Dokumentering av forutsetninger og begrensninger med analysen er en viktig del av arbeidet med å forebygge usikkerheter. Dette studie peker på at usikkerheten ved beregning/fastsettelse av sannsynlighet kan være en av de største usikkerhetene ved gjennomføring av en risikovurdering.

En annen faktor som bidrar med usikkerhet er subjektive vurderinger. Dette skyldes at akseptabelt brannsikringsnivå og risikobilde fastslås ved hjelp av et sett risikoakseptkriterier [11, p. kap. 51], [12, p. 4]. Dette fører til en større grad av subjektiv tolkning, fordi risikoakseptkriteriene skal vurderes spesifikk for det aktuelle bygget. I tillegg vil valg av data, risikoanalysemetoder, forutsetninger og tolkning av resultater i stor utstrekning basere seg på subjektive antakelser [11, p. kap. 55]. Derfor er det viktig at all dokumentasjon som legges til grunn for risikoanalyse dokumenteres på en tilfredsstillende måte, slik at analysen blir troverdig og etterprøvable [11, p. kap. 55]. Ved komparativ analyse legges alltid preaksepterte ytelse til grunn for aksept, hvilket fører til en mer objektiv vurdering [11, p. kap. 51].

5.6.1 Usikkerhetsvurderinger i henhold til NS 3901 kapittel 6.9

Som følge av manglete statistikk bli de ofte utført en kvalifisert gjetting hva gjelder sannsynlighet for brann i en bygning. Informasjonen som legges til grunn for begrunnelsen baserer seg derfor ofte på innspill fra brukere av bygget, tidligere kjent informasjon fra lignende bygg og magefølelse. I tilfelle dokumenteringsgrunnlaget er tynt kan det føre til usikkerheter hva gjelder vurdering av sannsynlighet for brann. I slike tilfeller må betydningen av usikkerheten dokumenteres og vurderes opp mot gitte risikoakseptkriterier. Har usikkerheten en liten betydning for oppfyllelse av risikoakseptkriteriene kanskje den kan aksepteres og hvis ikke må ytterligere grep til for å redusere usikkerheten [12, p. 15].

Hensikten med å dokumentere usikkerheter er å presentere hva som ligger bak usikkerheten. Vanlige årsaker til usikkerhet er mangelfull data, modellunøyaktigheter, antakelser, forutsetninger og forenklinger. [12, p. 15]

5.7 Grunnlag for vurdering av sannsynlighet i Rambøll sin risikomatrix

Utformingen av det vurderingsgrunnlaget som brukes for å definere sannsynligheten for brann i et intervall fører til fordeler og ulemper hva gjelder brukervennlighet, se Tabell 4. Fordelene med de sannsynlighetsintervallen som er bestemt er at det er enkelt å bruke når

det foreligger statistisk data om tidligere branner for ett scenario. Når det ikke forekommer historikk om tidligere branner er det også relativt enkelt å foreta mer eller mindre riktig estimering for om brann vil dannes i løpet av 10 år. Men å plassere en brann i et intervall som er høyere enn 10 år, blir betydelig vanskeligere.

I risikovurderingen for tennishallen er det ikke eksplisitt beskrevet hvordan frekvensen til de forskjellige brannscenariene er beregnet, utenom at de er tatt hensyn til og utgangspunkt i eksisterende statistikk, ekspertvurderinger og innspill fra brukere og eiere av byggverket. Her er det behov for en utdypende tekst som forteller mer inngående om hvilke argumenter og data som ligger bak bestemmelsen av frekvens for hvert enkelt brannscenario. Dette må selvsagt settes i relasjon til konsekvensen som de aktuelle brannscenarioet fører til. Et branntilløp som forventes å skje hyppigere, men som fører til små konsekvenser kan også tillates inntreffe med høgre frekvens. Mens et branntilløp som forventes å skje mer sjelden men som fører til omfattende konsekvenser, vil i utgangspunktet ikke tillates å skje i det heletatt.

Utfordringen ved å bruke Rutsteins metode, se Metode 1 i kapittel 4.2, er at statistisk data som blir brukt, basere seg på datainnsamling i Storbritannia fra 1966 til 1987. Som tidligere nevnt i kapittel 2.4 er det foretatt en studie fra begynnelsen av 2018, A Critical Evaluation of BS PD 7974-7 Structural Fire Response Data Based on USA Fire Statistics, med hensikt å kritisk granske og oppdatere verdier fra PD 7974-7:2003. Analysen tar utgangspunkt i statistikk fra PD 7974-7:2003 og sammenligner det med oppdatert brannstatistikk fra USA i 2014, for å finne likhetstrekk og forskjeller. Studiet konkludere blant annet med at brannfrekvensen for ulike bygg faktisk kan være opp til 10 ganger mindre med dagens statistikk sammenlignet med den statistikken som blir presentert i PD 7974-7:2003 [23, p. 1]. I den kritisk granskende rapporten er Rutsteins metode blitt benyttet for å beregne brannfrekvensen i tillegg til at faktiske data er brukt for å beskrive brannfrekvensen, se vedlegg B og C for informasjon. I rapporten presenteres oppdaterte verdier for a og b, med bakgrunn i amerikansk statistikk, se Tabell 14. Bruk av de opprinnelige dataene kan derfor føre til unødvendig høye kostnader for design av brannsikkerheten i bygningen og et altfor høyt brannsikkerhetsnivå, sett i relasjon til det faktiske risikobildet [23, p. 19]. Andre funn som taler for at statistikk fra PD 7974-7:2003 trenger å oppdateres er egentlig stikk motsatt i forhold til konservativ tilnærming. Nyere publisert amerikansk statistikk viser faktisk at data fra PD 7974-7:2003 er ukonservativ i forhold til vurdering av skadeomfang som følge av brann. Den amerikanske statistikken viser på at branner oftere føre til større skadeomfang sammenlignet med opprinnelige data fra PD 7974-7:2003 [23, p. 38]. Derfor er det sannsynlig å anta at statistikken som blir presentert i PD7974-7:2003 ikke samsvarer helt med dagens situasjon, fordi mange forutsetninger kan være annerledes i dag sammenlignet med for 30-50 år tilbake i tiden [23, pp. 5-6].

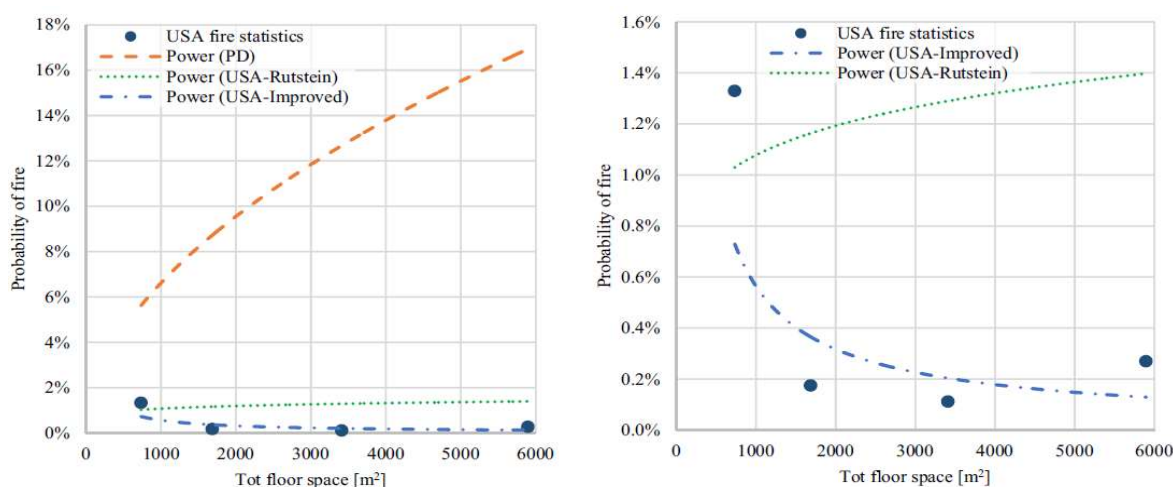
Tabell 14 – Sammenstilling av verdier for beregning av sannsynlighet for brann. [23]

Typ av bygning	Sannsynlighet for brann					
	Brannstatistikk fra Storbritannia (1966-1987)		Brannstatistikk fra USA (2014)			
	Opprinnelige verdier (PDI)		Tilpassede verdier (USA-Rutstein)		Direkte statistikk (USA-Improved)	
	a	b	a	b	a	b
Industribygninger						
All slags tilvirknings industri	0,001700	0,530000	0,003920	0,146400	1,754800	-0,831000
Mat, drikke og tobakk	0,001100	0,600000	-	-	0,000030	0,244700
Kjemisk	0,006900	0,460000	0,000249	0,002800	-	-
Mekanisk	0,000860	0,560000	0,000245	0,002700	-	-
Elektrisk	0,006100	0,590000	0,002537	0,004100	-	-
Kjøretøy	0,000120	0,860000	-	-	-	-
Tekstil	0,007500	0,350000	-	-	-	-
Tre og møbler	0,000370	0,770000	-	-	-	-
Papir, utskrift og publisering	0,000069	0,910000	-	-	-	-
Annen tilvirknings industri	0,008400	0,410000	0,012748	0,047400	0,001800	0,152300
Øvrige bygninger						
Lager	0,000670	0,500000	0,002300	0,039200	0,000100	0,349000
Butikker	0,000066	1,000000	0,001000	0,058900	0,000050	0,451400
Kontor	0,000059	0,900000	0,001000	0,058900	0,000050	0,451400
Hotell og lignende	0,000080	1,000000	0,003700	0,012500	0,000300	0,366000
Sykehus	0,000700	0,750000	0,002900	0,011500	0,000100	0,486700
Skole	0,000200	0,750000	0,001200	0,010100	0,000200	0,217900

Ved vurdering av sannsynlighet for brann kan Rutsteins metode legge til grunn og kombineres med ekspertvurderinger, erfaring fra tidligere prosjekt og informasjon fra brukere og eier av bygningen. Det er imidlertid noen utfordringer ved bruk av Rutsteins metode. Direkte bruk av statistiske data fra Tabel A.1 i PD7974-7:2003, vil sannsynligvis føre til feilaktige branntekniske vurderinger. Derfor anbefales at ved bruk av Rutsteins metode tas utgangspunkt i de oppdaterte amerikanske dataene. Det er rimelig å anta at den oppdaterte amerikanske statistikkene fra 2014 bedre gjenspeiler dagens forholdningssett, inklusive lover og krav, til brann og forebyggende arbeid. Det vil si at den nevnte statistikken vil inkludere en større andel sannsynlighetsreducerende tiltak (byggetekniske og organisatoriske), fordi dataen basere seg på nyere statistikk. Bruk av amerikanske verdier for vurdering av brannfrekvens i norske bygg vil imidlertid igjen føre til et estimat som vil avvike i forhold til faktiske forhold i Norge. Dette fordi dataene vil variere som følge av andre forutsetninger i Norge sammenlignet med USA. For en bedre vurdering brannfrekvens for norske bygg og mer riktige verdier for a og b, bør inputdata tilpasses lokale forhold her i Norge. Men igjen, her må mer data om branter samles inn og sammenstilles før en databank med slike tall er tilgjengelig.

I rapporten, A Critical Evaluation of BS PD 7974-7 Structural Fire Response Data Based on USA Fire Statistics, presenteres flere diagrammer som sammenligner brannfrekvens for ulike type bygg med utgangspunkt i Tabel A.1. I rapporten er Tabel A.1 utvidet med amerikanske verdier for a og b i tillegg til opprinnelige verdier for a og b. Tabel A.1 blir

deretter grafisk fremstilt i forskjellige diagrammer ved hjelp av Rutsteins metode. De stiplede linjene i oransje representerer de opprinnelige verdiene gitt i Table A.1, mens de stiplede linjene i grønt representerer amerikansk oppdaterte verdier. Samtlige diagrammer viser på at bruk av de opprinnelige verdiene føre til langt høyere sannsynlighet for brann, sammenlignet med verdier som baserer seg på oppdatert amerikansk statistikk. Et annet interessant funn er at det virker som at bygningens størrelse har langt mindre betydning for sannsynlighet for brann sammenlignet med tidligere teorier, ifølge diagrammer presentert i dette studie, se Vedlegg C – Grafisk fremstilling av Tabel A.1 i PD 7974-7:2003 . I Figur 4 presenteres brannfrekvens for industribygninger. Figur 4 har for hensikt å illustrere at beregning av brannfrekvensen for et bygg vil få store variasjoner basert på hvilke data som legges til grunn for beregningen. For samtlige diagrammer som gjengir Tabel A.1 grafisk, se Vedlegg C – Grafisk fremstilling av Tabel A.1 i PD 7974-7:2003 . [23]



Figur 4 - Probability of fire starting in Industry and manufacturing. [23, p. 14]

Ved forebygging av brann er det viktig å alltid streve etter at ta utgangspunkt i dokumentert brannstatistikk og kombinere det med lokale forutsetninger ved analysebygget. Med bakgrunn i tidligere erfaringer av brann og kjennskap til lokale forhold i og rundt bygningen, gis det best forutsetninger for å lage et riktig risikobilde for sannsynlighet for brann i analysebyggverket. [52, p. slide 6]

Det anbefales at Rambøll bruker verdier som representerer de grønne stiplede linjene (Power (USA-Rutstein)) ved bruk av Rutsteins metode for beregning av sannsynligheten for brann. Disse verdiene vil samsvare bedre med lokale forhold i norske bygninger, sammenlignet med de opprinnelige verdiene gitt i PD7974-7:2003. Det må imidlertid alltid foretas en justering av utenlandske tall, slik at det bedre speiler norske forhold. Disse verdiene er gjengitt i denne rapporten i Vedlegg B – Tabel A.1 fra PD 7974-7:2003 .

Når sannsynligheten for brann for et scenario er fastslått, skal scenariet kombineres med en vurdering i henhold til konsekvens. Scenariet plasseres deretter i Rambøll sin risikomatrix, se Tabell 5. Til scenariet vil det nå være knyttet en risiko som baserer seg på sannsynlighet for en brann og konsekvensen som en brann vil føre til. For fremgangsmåte for vurdering av sannsynlighet for brann, se Tabell 1.

6 Feilkilder

I dette kapittel vil de faktorer som fører til usikkerheter i rapporten fremføres. Hensikten er å tydeliggjøre at det kan forekomme forhold som rapporten ikke omhandler men likevel kunne ha påvirket resultatet til dette studiet. Videre er det viktig å belyse at rapporten er beheftet med en viss grad av usikkerhet. Eksempel på deler av rapporten der det forekommer kjente usikkerheter er i resultatdelen.

6.1 Fagområde med generelt store usikkerheter

Brann er relativt ungt fag sett fra et forskningssynspunkt, hvor flere delområder innenfor faget fortsatt er ubesvart. Det finnes mange forklaringer til hvorfor dette faget opererer med store usikkerheter. Noen av disse faktorene som fører til store usikkerheter er at det er bedrevet relativt lite forskning utført på området og at det mangler informasjon for å beskrive enkelte prosesser og forekomster med vitenskap. Derfor foretas forenklinger og generalisering, som fører til store usikkerheter. Det er vanlig at feilmarginen innenfor brannfaget ligger i storleksordningen 20%³, som følge av at grunnlaget er beheftet med store usikkerheter.

6.2 Varierende erfaring til intervjuede personer

I dette studiet har deler av den informasjonen hentes in fra intervjuer med virksomme branningeniører og fageksperter innenfor brann. Blant de intervjuede personene er kunnskap og erfaring varierende fra person til person innenfor risikovurdering i henhold til NS3901. For å øke gyldigheten til disse innspillene er det foretatt flere intervjuer, slik at den samme informasjonen kan bekreftes av flere parter. Men fordi det mangler generell kunnskap på dette området, som følge av manglende statistikk og empiriske tester, er det vanskelig å sikkerstille at deler av essensiell informasjon ikke er uteglemt.

6.3 Usikkerheter til representativ casestudie

På grunn av at enkelte faktorer som kan ha innvirket på resultatene fra de empiriske testene utelates, vil dette fører til usikkerhetsmoment for hvorvidt rapporten sine resultater og konklusjoner er representativ eller ikke. Sannsynligvis vil funn fra rapporten ikke være helt representative for vurdering av sannsynlighet for brann i norske bygninger. Andre faktorer som kan ha innvirke på resultatet fra de empiriske testene er blant annet generalisering i vurderingen som følge av at de er umulig å ta høyde for alle typer variasjoner som kan innvirke på vurderingen av brannfrekvens. For eksempel var det vanskelig å finne statistikk over antall bygg og antall branner i idrettshus og skoler. Dette skyldes blant annet fordi statistikken som foreligger er overordnet i tillegg til at det er vanskelig å avgjøre hvis samtlige bygninger som innefatter idrettsbygninger bygningstypekategori 651 og skolebygninger er tatt med i vurderingen. Det blir også brukt utenlandske inngangsdata i den ene metoden i tillegg til at kriterier for inngangsdataene ikke er undersøkt videre på grunn av prioritering av disponibel tid. Som følge av manglende kunnskap er forfatteren ikke i stand til å vurdere hvordan resultatene blir påvirket av å utelate enkelte elementer.

³ Bjarne Christian Hagen, førsteamanuensis ved HVL - Institutt for brann sikkerhet og HMS

7 Fremtidig arbeid

Funn fra rapporten peker på at den største grunn til at det er vanskelig å kvantifisere sannsynlighet skyldes alt for dårlig dataunderlag. Derfor burde hovedfokus fremover i tid legges på hvor innsamling av data gjøres i dag, hvilken informasjon som mangler, hvilke som har en interesse for brannrelatert statistikk og hvilke interessenter som kan tilføye nytt lys over området.

I dag er det brannvesenet, politiet og forsikringsselskap som sørger for dokumentering av brannstatistikk. Her finnes det utviklingspotensial for å utforme og utvikle innsamling av fremtidig brannrelatert statistikk, slik at det kommer samfunnet til mer nytte. Hvis rådgivere blir involvert i arbeidet med å utforme grunnlaget til innsamling av brannrelatert statistikk, er det mulig å tilrettelegge for informasjon som er nødvendig for å avdekke påliteligheten til branntekniske systemer, både sannsynlighetsreducerende og konsekvensreducerende. Dette er ikke noen som vil skje av seg selv. Derfor er det viktig at myndigheten tar ansvar og iverksetter tiltak. For eksempel kan et pilotprosjekt opprettes i en norsk kommune som involverer brannvesenet, politiet, forsikringsselskap og ulike rådgivere. Rådgiverne skal representere de ulike fagområdene fra bygningsbransjen, slik at ulike meninger og interesser kan framføres.

Utover suksesskriterier for innsamling av ny brannrelatert statistikk, kan opprydding av den statistikken som foreligger i dag med fordel la seg gjøres. Det har vist seg at flere av de kilden som PD 7974-7:2003 og SFPE Handbook of Fire Protection Engineering legges til grunn for pålitelighetstall er udaterte og savner vitenskapelige bevis. Det er høyst ulykkelig hvis rådgivere innen bransjen begrunner risikovurderinger på grunnlag som egentlig ikke er tilforlidelige. Risikovurderingen der uriktig informasjon legges til grunn fører til falsk trygghet og de innebyggete usikkerhetene kan føre til at den branntekniske løsningen ikke tilfredsstillende akseptkriterier. Men per i dag er det imidlertid den mest riktige dataen som finnes tilgjengelig. Derfor er det bedre å benytte seg av den dataen som finnes tilgjengelig og justere dataen slik at den bedre beskriver de forutsetningen som er gjeldene for analysebygget som skal undersøkes.

Hva gjelder fremtidige Rambøll sine fremtidige sannsynlighetsvurderinger, bør disse kompletteres med argumentasjonen i form av beregningsmetoder for brannfrekvens og fremgangsmåte for plassering av sannsynlighet for brann i Rambøll sitt intervall, presentert i kapittel 0. I tillegg bør argumentasjonen for hvordan sannsynlighet for brann fastslås, utdypes og beskrives på en tydeligere måte.

8 Konklusjon

NS 3901 er anbefalt ved bruk av dokumentering av brannsikkerhet ved analyse, hvor preaksepterte løsninger fragås. I NS 3901 er det angitt to metoder for gjennomføring av analyse, komparativ analyse og risikoanalyse. Velges den senere analysemetoden er rådgiveren selv nødt til å estimere sannsynligheten for brann. I dag er det utfordrende å estimere sannsynligheten for en brann fordi statistisk data oppleves som mangelfull. Formålet med denne oppgaven var å identifisere brannteknisk statistikk som skulle kunne styrke dokumentering av sannsynlighet for brann og videre legges til grunn for valg av sannsynlighetsreducerende tiltak.

Funn i rapporten peker på at det er en lite interesse for innsamling av pålitelighetsdata og historiske data og at det er vanskelig å fastslå effekten av sannsynlighetsreducerende tiltak med større sikkerhet. Dette kan skyldes at det er få personer som har bruk for denne typen av informasjon, at det er resurskrevende å samle inn denne typen av data og før at det er store usikkerheter på området.

I rapporten er det identifisert to stykker metoder for beregning av sannsynlighet for brann, som tar utgangspunkt i historiske data. Den ene beregningsmetoden tar utgangspunkt i dokumentet PD 7974 og baserer seg på branntatistikk fra Storbritannia. Men fordi inngangsdataen som benyttes i PD 7974 basere seg på utdatert statistikk, vil direkte bruk av dataen føre til ikke representative vurderinger for brannfrekvens i dagens bygninger. Derfor anbefales at oppdatert amerikansk statistikk legges til grunn, foran den britiske dataen, for bedre estimering av brannfrekvens. Fordelen med metoden som tar utgangspunkt i PD 7974, er at den er enkel å bruke. Ulempene er at den er overordnet og bruker utenlandske data. En annen mulighet er å ta utgangspunkt i branntatistikk fra BRASK og sammenligne den dataen opp mot eksisterende bygninger. En fordel med metoden for sammenligning av faktiske branner med eksisterende bygg, er at den basere seg på helt på norsk statistikk. Utfordringen er at den er overordnet og resurskrevende.

Pålitelighetsdata og historiske data vil bidra til å bedre estimere fremtidige hendelser og styrke dokumenteringen av sannsynligheten for brann i sannsynlighetsanalyser. Pålitelighetsdata bidrar til bedre systemforståelse og gir bedre grunnlag til å vurdere effekten av et sannsynlighetsreducerende tiltak, mens historisk data kan brukes for å identifisere korrelasjoner mellom branner og innføring av et sannsynlighetsreducerende tiltak. Sammen kan disse faktorer benyttes for riktig valg av sannsynlighetsreducerende tiltak og videre for vurdering av sannsynligheten for brann med større sikkerhet. Med utgangspunkt i grunnlag som baserer seg på virkelige hendelser med ulike forutsetninger, er det mulig å bedre fastslå effektene av et sannsynlighetsreducerende tiltak. Mer kunnskap hva gjelder effekten, påliteligheten og brukerområde for et sannsynlighetsreducerende tiltak, tilrettelegger for nøyaktigere vurdering av sannsynligheten for brann. Men på grunn av hvordan branntatistikken foreligger per i dag, er det vanskelig å innhente og legge pålitelighetstall og historiske data til grunn for vurdering av sannsynlighetsreducerende tiltak og videre for å kunne fastslå sannsynlighet for brann. I studiet er det ikke identifisert data for pålitelighet som kan legges til grunn for vurdering av sannsynlighet for brann.

Det viktig at behovet av bedre og mer omfattende branntatistikk oppmerksomes, slik at innsamling av brannteknisk statistikk blir bedre og at statistikken blir mer brukervennlig.

Referanser

- [1] Direktoratet for byggkvalitet, Dibk, «Byggteknisk forskrift (TEK17),» Direktoratet for byggkvalitet, Dibk, [Internett]. Available: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/2/2-2/>. [Funnet 05 02 2019].
- [2] M. Höst, B. Regnell og P. Runeson, Att genomföra examensarbete, Lund: Studentlitteratur, 2006.
- [3] Direktoratet for byggkvalitet, Dibk, «Prosjekteringsprosessen, 3.2.3 Funksjonsbasert regelverk,» Direktoratet for byggkvalitet, Dibk, [Internett]. Available: <https://dibk.no/saksbehandling/kommunalt-tilsyn/temaveiledninger/tilsyn/del-3--vedlegg/vedlegg-3.2/3.2.3.-funksjonsbasert/>. [Funnet 15 02 2019].
- [4] T. Thurén, Vetenskapsteori för nybörjare, Malmö: Liber AB, 2007.
- [5] S. Dahlum, «Store norske leksikon,» Universitetet i Oslo mfl., 20 04 2018. [Internett]. Available: <https://snl.no/case-studie>. [Funnet 05 02 2019].
- [6] M. Le Duc, «Metodhandbok som tankekart, Induktion, deduktion och abduktion,» Mälardalens högskola, 02 2007. [Internett]. Available: www.leduc.se/metod/Induktion,deduktionochabduktion.html. [Funnet 15 02 2019].
- [7] T. Thurén, Vitenskapsteori for nybegynnere, Oslo: Gyldendal, 2009.
- [8] Kollegiet for brannfaglig terminologi, KBT , «Faguttrykk,» Kollegiet for brannfaglig terminologi, KBT , [Internett]. Available: <http://kbt.no/faguttrykk.asp?Uttrykk=risiko>. [Funnet 05 02 2019].
- [9] M. Rausand og I. B. Utne, Risikoanalyse, Fagbokforlaget, 2009.
- [10] T. Aven, «Store norskse leksikon,» Universitetet i Oslo mfl., 09 2016. [Internett]. Available: <https://snl.no/risiko>. [Funnet 18 02 2019].
- [11] A. Soilammi og H. Bjelland, «321.026 Brannsikkerhet. Dokumentasjon av brannsikkerhetsstrategi,» SINTEF Byggforsk, 09 2013. [Internett]. Available: https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/3114/brannsikkerhet_dokumentasjon_av_brannsikkerhetsstrategi. [Funnet 05 02 2019].
- [12] Norsk Standard, NS 3901 - Krav til risikovurdering av brann i byggverk, Norsk Standard, 2012.
- [13] S. Andersson, «2018 BTP analyse av fravik og NS 3901 4 per side.pdf,» i *Forelesningsmateriale fra faget ING3043, Høgskulen på Vestlandet 2018*, Haugesund, 2018.
- [14] J. A. Brekken, «Kommentar fra foreleser,» i *ING3043, Høgskulen på Vestlandet*, Haugesund, 2018.
- [15] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, «Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift),» Lovdata, 01 07 2017. [Internett]. Available: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840?q=byggteknisk+forskrift>. [Funnet 07 02 2019].
- [16] Direktoratet for byggkvalitet, Dibk, «Slik leser du TEK17,» Direktoratet for byggkvalitet, Dibk, 29 06 2017. [Internett]. Available: <https://dibk.no/byggereglene/alt-om-tek/slik-leser-du-tek17/>. [Funnet 15 02 2019].
- [17] S. Andersson, Interviewee, *Intervju med Stefan Andersson*. [Intervju]. 02 2019.
- [18] Norsk Standard, NS 5814 - Krav til risikovurderinger, Norsk Standard, 2008.

- [19] J. C. Krohn, «550.361 Sprinkleranlegg,» SINTEF Byggforsk, 04 2009. [Internett]. Available: <https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/510/sprinkleranlegg>. [Funnet 11 02 2019].
- [20] J. T. Josefsen, «Forelesningsnotat, Forelesning uke 35 Fravik_VTEK17.pdf,» i *ING3043, Høgskulen på Vestlandet*, Haugesund, 2018.
- [21] M. Andersson og K. Wadensten, «Brandteknisk riskanalys - indata, metodik och osäkerhetsanalys,» Lunds tekniska högskola, LTH, Lund, 2002.
- [22] British Standards, BSI, PD 7974-7:2003 - Application of fire safety engineering principles to the design of buildings, British Standards, BSI, 2003.
- [23] M. Manes og D. Rush, A Critical Evaluation of BS PD 7974-7 Structural Fire Response Data Based on USA Fire Statistics, Edinburgh, UK: School of Engineering, University of Edinburgh, 2018.
- [24] British Standards, BSI, «Construction and building,» British Standards, BSI, [Internett]. Available: <https://www.bsigroup.com/en-GB/industries-and-sectors/construction-and-building/>. [Funnet 07 02 2019].
- [25] T. Aven, Pålitelighets- og risikoanalyse, 4. utgave, Universitetsforlaget, 2006.
- [26] M. Sommer og E. L. Rake, «Beredskapsanalyse - En innføring,» Høgskulen på Vestlandet og Universitetet i Stavanger, 2017.
- [27] M. v. D. Ytreland, «Kommentar fra Magnus van Der Ytreland 04.04.2019,» i *Samtale med Magnus van Der Ytreland, Rambøll, 04.04.2019*, Oslo.
- [28] DNV, Statoil og Gasco, «Hvitebok - Brarriereintegritet,» Gasco og Statoil, 2011.
- [29] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB, «Om DSB,» Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB, [Internett]. Available: <https://www.dsb.no/menyartikler/om-dsb/>. [Funnet 05 02 2019].
- [30] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB, «Statistikk,» Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB. [Internett]. [Funnet 05 02 2019].
- [31] M. Rouse, «historical data,» TechTarget, 12 2015. [Internett]. Available: <https://whatis.techtarget.com/definition/historical-data>. [Funnet 18 02 2019].
- [32] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB, «BRIS,» Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB, [Internett]. Available: <https://www.dsb.no/lover/brannvern-brannvesen-nodnett/artikler/bris/>. [Funnet 05 02 2019].
- [33] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB, «Oppdragsstatistikk fra BRIS, første halvår 2017,» Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB, 2017. [Internett]. Available: <https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/rapporter/brannstatistikk-bris-forste-halvar-2017.pdf>. [Funnet 05 02 2019].
- [34] Finans Norge, «BRASK - Brannskadestatistikk,» Finans Norge, [Internett]. Available: <https://www.finansnorge.no/statistikk/skadeforsikring/Brannstatistikk/>. [Funnet 05 02 2019].
- [35] Statistisk sentralbyrå, SSB, «Om oss,» Statistisk sentralbyrå, SSB, [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/omssb/om-oss>. [Funnet 05 02 2019].
- [36] B. 2, «Intervju med brannrådgiver 2,» i *Intervju med brannrådgiver 2*, Oslo, 25.02.2019.
- [37] Rambøll Norge AS, «Risikovurdering tennishall, Rambøll,» Rambøll Norge AS, Oslo, 2016.

- [38] S. Svenkerud, «Telefonintervju med Simen Svenkerud på SSB,» i *Telefonintervju med Simen Svenkerud på SSB*, Oslo, 15.04.2019.
- [39] Geonorge, «BygningstypeKode,» Kartverket, [Internett]. Available: https://objektkatalog.geonorge.no/Objekttype/Index/EAID_A408BF17_3017_41c7_BC37_D6AADDD6634B. [Funnet 05 02 2019].
- [40] K. Mikalsen, «Statistikk om grunnskolen 2017-18,» Utdanningsdirektoratet, 14 12 2017. [Internett]. Available: <https://www.udir.no/Analyse-av-GSI--tall/>. [Funnet 05 02 2019].
- [41] Utdanningsdirektoratet, «Elevtall i videregående skole – fylker og skoler,» Utdanningsdirektoratet, [Internett]. Available: <https://www.udir.no/tall-og-forskning/statistikk/statistikk-videregaende-skole/elevtall-i-videregaende-skole/elevtall-fylker-og-skoler/>. [Funnet 05 02 2019].
- [42] A. K. Berger, «Brannsikkerhet i idrettshaller,» Norges teknisk-naturvitenskapelige universite, NTNU, 2018.
- [43] K. Mørk, «Telefonsamtale med Karin Mørk på Finans Norge,» i *Telefonsamtale med Karin Mørk på Finans Norge*, 23.04.2019.
- [44] T. Ueland, «Telefonsamtale med Tomy Ueland på DSB,» i *Telefonsamtale med Tomy Ueland på DSB*, 25.03.2019.
- [45] K. Kinsey og M. Ahrens, «NFIRS Incident Types - Why aren't they telling,» National Fire Protection Association , NFPA, Quincy, MA, 2016.
- [46] B. 1, «Intervju med brannrådgiver 1,» i *Intervju med brannrådgiver 1*, Oslo, 04.02.2019.
- [47] A. Fedøy, «Collecting, Analysing, and Presenting Reliability Data for Automatic Sprinkler System,» Høgskulen på Vestlandet, HVL, Haugesund, 2019.
- [48] B. 3, «Intervju med brannrådgiver 3,» i *Intervju med brannrådgiver 3*, Oslo, 04.04.2019.
- [49] Byggeindustrien, «Nye verktøy for brannteknisk prosjektering og -analyse,» Byggeindustrien, 16 01 2018. [Internett]. Available: www.bygg.no/article/1340592. [Funnet 05 02 2019].
- [50] V. Stenstad, L. Landfald, A. Steen-Hansen, E. Mikkola og M. Strömngren, «prINSTA/TS 951, Fire Safety Engineering - Probabilistic Methods for Verifying Fire Safety Design in Buildings,» Standard Norge, 04-01-2018.
- [51] A. E. S.-H. p. R. F. Research, Interviewee, *Epost konversasjon med Anne Elise Steen-Hansen på RISE Fire Research*. [Intervju]. 07 03 2019.
- [52] S. Andersson, «Hazard identification and frequency assessment,» i *Forelesningsmateriale i faget ING4005, Høgskulen på Vestlandet, Haugesund*, 2018.
- [53] M. Sandberg, «Statistical Determination of Ignition Frequency,» Lunds tekniska universitet, LTH, Lund, 2004.
- [54] Justis- og beredskapsdepartementet, «Forskrift om brannforebygging,» Lovdata, 01 01 2016. [Internett]. Available: [https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-12-17-1710?q=Forskrift om brannforebyggende tiltak og, https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2002-06-14-20?q=brann og eksplosjonsvern](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-12-17-1710?q=Forskrift%20om%20brannforebyggende%20tiltak%20og%20https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2002-06-14-20?q=brann%20og%20eksplosjonsvern). [Funnet 11 02 2019].
- [55] Justis- og beredskapsdepartementet, «Lov om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver (brann- og eksplosjonsvernloven),» Lovdata, 14 06 2002. [Internett]. Available: [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2002-06-14-20?q=Brann og eksplosjonsvernloven](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2002-06-14-20?q=Brann%20og%20eksplosjonsvernloven). [Funnet 13 02 2019].
- [56] A. Soilammi, «321.025 Brannsikkerhet. Dokumentasjon av prosjektering, utførelse og kontroll – oversikt,» SINTEF Byggforsk, 09 2013. [Internett]. Available: <https://www->

byggforsk-
no.galanga.hvl.no/dokument/2998/brannsikkerhet_dokumentasjon_av_prosjektering_utfoerelse_og_kontroll_oversikt. [Funnet 20 02 2019].

Vedlegg A – Intervjumateriale

Intervju med brannrådgivere nummer 1

Hvordan bruker du pålitelighets- og erfaringsdata i sannsynlighetsanalyser? Bruker du noe type verktøy?

I henhold til fraviksløsninger bruker jeg en del hendelsestreanalyser og regneark. Ikke noe andre verktøy utover det.

Hvorfra innhenter du pålitelighets- og erfaringsdata? Hva bruker du for kilder/referanser?

I forhold til erfaringsdata innhenter jeg data fra Statistisk sentralbyrå og fra DSB sine årlige rapporter som sammenstiller brannstatistikk i Norge fra det siste året. Statistikken presenterer hvilke boliger som brenner oftest, årsak til brann, hvilket arnested som er vanligst, hvor mange som omkommer i brann etc. I mine fraviksløsninger pleier jeg å ha et innledende kapittel som beskriver den dataen som blir brukt videre i analysen. Når det kommer til pålitelighetsdata bruker jeg masse forskjellig, men generelt er det SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, NFPA, PD 7974 (Brittisk Standard) og andre fagbøker/skolebøker som Enclosure to fire dynamics, An introduction to fire dynamics osv. Når det kommer til norske erfaringstall på systemer, pålitelighetstall, er disse mangelfulle, fordi det er for få branner. En liten andel branner fører til at det finnes alt for lite erfaringstall (statistikk). Da pålitelighetstall bygger på erfaringstall har det en naturlig forklaring til hvorfor det heller ikke finnes norske pålitelighetstall. Sammenlignet med andre land som USA og Storbritannia er det for få branner i sprinklede bygg i Norge. Derfor er det vanlig praksis at man bruker utalandske tall som bygger på mer omfattende grunnlag.

Det skal finnes en master oppgave som omhandler pålitelighetstall til sprinkleranlegg. Denne oppgaven skal gå i dybden og undersøke hva vi egentlig vet om påliteligheten til sprinkleranlegg og den data som ligger bak tallene. Oppgaven stiller seg kritisk til mange av de kilder som ligger til grunn for pålitelighetstallene, at det mangler beskrivelse av aksept for hvordan et sprinkleranlegg skal fungere og at konklusjonen til enkelte rapporter har blitt endret etter at leverandører har kommet med egne tall. Dette vil samlet sett vise på at det foreligger en god del usikkerhet knyttet til pålitelighetstall. Forfatteren ender opp med at ingen av de anerkjente kilder som brukes som underlag for pålitelighet til sprinkleranlegg oppfyller alle hans sine kriterier for hva som regnes som en gyldig kilde. Rapporten konkludere derfor med at vi egentlig ikke har noe gode pålitelighetstall hva gjelder om sprinkleranlegg fungerer eller ikke. Dette er litt bemerkelsesverdig da pålitelighetstall til sprinkleranlegg er noe av de mest brukte og anerkjente pålitelighetstall som blir brukt av brannrådgivere.

Hva er grunn til at vi har dårlig/mangelfull statistikk over branner i Norge? Få branner eller før dårlig dokumentering av faktiske branner? Er det for lite fokus på innsamling av statistikk hva gjelder pålitelighetstall sammenlignet med andre land?

Her vil begge deler spille en avgjørende rolle for manglende statistikk. Jeg mener at statistikken for dødstall i forbindelse med brann er lave i Norge og at de vanligste byggene som representerer de fleste dødsfallene er bolighus. Det er også mange branner som ikke blir registrert fordi ikke oppfyller kriterier for å bli ført opp i statistikken eller at brannen er liten og blir slukket i et tidlig stadium. I det fleste tilfeller er det kun de mest kritiske brannene som registreres. Det er generelt for lite fokus på innsamling av statistikk, det er mange kriterier som ikke er satt og at det er et begrenset utvalg som fører til at vi har mangelfull statistikk over branner i Norge. Det er heller ikke noe stor etterspørsel etter pålitelighetstall, det er brannrådgivere og eventuelt forsikringsselskaper som er interessert i denne typen fakta. Da er det større interesse for å dokumentere erfaringer med hvor det brenner, risikogrupper og konsekvensene av en brann. Ingen er spesielt opptatt av å bruke penger på å utbedre et system som allerede oppfyller krav gitt i regelverket. Jeg mener at det er egentlig i ingeniør- og forskningsmiljøet som pålitelighetstall er interessant å hvite. Dette er omfattende arbeid som vil være tids- og resurskrevende og som fører til lavere prioritet foran andre oppgaver og temaer.

Hvordan defineres en brann? Finnes en felles oppfatning eller er det opp til hvert enkelt rådgivere og definere akseptkriterier for brann (subjektiv)?

Det er nettopp det som er av tingene som gjør det vanskelig å dokumenter statistikken over alle branner i Norge. Det må til mye tydeligere definisjoner for å gjøre det mulig å putte de ulike hendelsene i forskjellige bokser og mene at det tilhører riktig grunnlag for pålitelighet innenfor den spesifikke boksen. Det er alt fra definisjon av en brann, beskrivelse av hva som teller som spredning til annen branncelle, om brannen er kontrollert eller slukket eller om systemet har fungert som forutsatt. Videre vil andre forhold påvirke registrering av statistikken som at, kanskje vil synspunktet endre seg over tid på de 50 årene som man har tall fra, kanskje vil regelverket eller byggemetodene endre seg eller at leverandører er kun interesserte i pålitelighetstall som bidrar til å selge deres produkt. Det finnes veldig mange forhold som må tas i betraktning hvis dette skal kunne føre til god statistikk. I tillegg må utvalget være stort nok til å kunne lukke ut usikkerheter som du vet ikke passer inn i statistikken din, slik at du har god nok grunnlag til å lage deg pålitelighetstall.

Selv om bidrag fra menneskelige og organisatoriske tiltak ikke er lov å bruke som kompenserende tiltak vil de allikevel heve brannsikkerheten. Er det lov å bruke det som argument i annen risikovurdering enn fraviksløsninger? Hvordan vurderer man bidrag fra menneskelige og organisatoriske tiltak, med hensyn på reduksjon av sannsynlighet? Finnes det noen referanser hva gjelder pålitelighet og erfaring som du bruker?

Det er i utgangspunkt ikke lov å bruke menneskelige og organisatoriske tiltak som bidrag ved fraviksløsninger. Dette var angitt i den tidligere forebyggende forskriften (FOBTOT). Jeg tar dette med av og til i et hendelsestre for å belyse hvor mye det har å si for brannsikkerheten, men da som et positivt bidrag. For eksempel vil brannsikkerheten i et kjøpesenter bli påvirket positivt om det er mange folk og ansatte i bygget. Det er da rimelig å anta at det er sannsynlig at de ansatte vill kunne slukke et eventuelt branntilløp på dagtid. Det forutsettes at personalen er trent, fordi brukeren av et bygg er pliktig til å gjennomføre opplæring, trening og øving i brannsikkerhet. Men i utgangspunktet vil ikke bidrag fra menneskelige og organisatoriske tiltak tas med i beregningen av sannsynlighet, fordi det ikke er lov å bruke som et kompenserende tiltak. Dette skyllende at sikkerhetsnivået for bygg i Norge er lagt for at personer som oppholder seg i et bygg ikke er trent eller evner å slukke en brann. Det blir på en måte en konservativ tilnærming ved å anta at alle brukerne av et bygg har samme lave forutsetninger for å slukke et branntilløp og som følge av det vil brannsikkerheten i norske bygg heves. Men jeg mener også at det fornuftig måte å vurdere effekten av menneskelige og organisatoriske tiltak. Dette bør gjøres ved bygninger som er helt avhengig av disse tiltakene. Eksempel på slike bygg vil være fengsel og sykehus, der personer som er låst inne eller ikke evner å sette seg selv i sikkerhet, trenger assistanse. Men igjen vil det være dumt å erstatte tiltak som ikke er avhengig av menneskelige handling med tiltak der den menneskelige faktoren er involvert. Bidrag fra menneskelige og organisatoriske tiltak vil heller bli brukt ved vurdering av brannsikkerheten i eksisterende bygg. Dette for å unngå økonomisk kostbare oppgraderinger i brist på andre rimelige alternativer. Den manglende nivå av brannsikkerhet skyldes ikke et bevist fravik uten en svakhet i bygget. Jeg mener at organisatoriske tiltak brukes først og fremst i bruksfasen, det vil si i et eksisterende bygg, og i nært samarbeide med brukeren av bygget for å redusere konsekvensene av en brann. Ved prosjektering av et nybygg er brannrådgiveren mer fleksible hva gjelder valg av tekniske løsninger. I slike tilfeller forventes tekniske løsninger med høyere pålitelighet foran organisatoriske løsninger der den menneskelige faktoren er involvert. De organisatoriske tiltakene skal heller ses som et positivt bidrag til brannsikkerheten utover det som forventes i loven og skal ikke erstatte en anerkjent teknisk løsning.

Er det rimelige å anta at data fra andre land er direkte overførbart på norske bygg?

Jeg mener her at det må være en ha lov til, samtidig som en skal stille seg kritisk til den informasjonen som brukes. Pålitelighetstall er ikke en fasit uten et orienterende tall som vil gi et grovt estimat på hva en kan forvente. Det finnes som tidligere nevnt en innebygget usikkerhet i disse talene på grunn av manglende kilder, dårlig grunnlag og at byggeteknikken forenders over tid. Det er for eksempel ofte vanskelig å vite hva som ligger bak tallene som fører til at det blir vanskelig å stole på de til 100%. Dette fører til variasjoner innen pålitelighetstallene. Disse talene skal derfor ikke være avgjørende for analysen men i stedet gi støtte til konklusjonen. En må ha et utgangspunkt og da vil tall fra andre land være et bedre estimat sammenlignet med ikke eksisterende innalandske tall. Jeg mener og at vi aldri kommer til å få helt riktige pålitelighetstall, fordi det er umulig å sammenstille statistikken på alle variasjoner som innvirker på pålitelighetstallen. Det vill heller ikke være mulig å lage pålitelighetstall som tar før sig alle typer scenarier, hvorpå pålitelighetstall ikke vil bli helt perfekte. Vi må helt enkelt akseptere de tallen som vi har per i dag men samtidig stille oss kritisk til bruken av dem. Pålitelighetstall er å andre siden ikke avgjørende for risikovurderingen. Dette fører til at det ikke er så nøye hvis tallen variere med pluss minus 10 %. Der er heller viktig å sikre at påliteligheten til systemet er høy for kunne brukes i den branntekniske vurderingen, mer enn 50%. Vedrørende bruk av utalandske tall vil byggemetoden varier fra land til land, men virksomme håndverker i Norge består til stor del av utalandske arbeider, hvilket fører til utalandske byggemetoder vil sannsynligvis bli brukt ved bygging av norske bygg. I tillegg vil byggemetoden og rutiner for bygging uavhengig land variere over tid, hvilket fører til variasjoner i pålitelighetstallene. Det er mest sannsynlig at byggemetoden vil varier innenfor et land på grunn av arv, at bedrifter har ulike rutiner og fremgangsmåter for bygging, som igjen fører til variasjoner i pålitelighetstallene. Konklusjonen er at det ikke er praktisk mulig få nøyaktige pålitelighetstall for et system som innefatter alle variasjoner. Her må pålitelighetstallene heller være konservativ slik at de omfatter som mange variasjoner som mulig, slik at de blir brukbare.

Hva med fremgangsmåte da det ikke finnes/mangler pålitelighetsdata eller erfaringsdata?

Når det mangler pålitelighetstall pleier jeg å finne andre branntekniske tiltak å sammenligne med. For eksempel er det vanskelig å finne noe pålitelighetstall for branngardiner. I stedet ser brannrådgiveren til brannjør med magnet. Begge branninnretningene er avhengig av brannalarmen, begge må lokke og det er mulighet for at begge systemene svikter hvis det er noe ting i veien. Men generelt vil folk være mer beviste med en dør sammenlignet med en branngardin. Derfor er det mer sannsynlig at en branngardin svikter på grunn av ting i veien sammenlignet med en dør. Som følge av argumentasjonen vill en da redusere pålitelighetstallet til en dør med magnet og bruke det som pålitelighetstall for en branngardin. Poenget er at ta utgangspunkt i et tilsvarende system med gitt pålitelighetstall som referanse og argumentere for hvilket nivå av pålitelighet som du mener at ditt system skal tildeles.

Er det noe krav/retningslinjer hva gjelder vurdering av sannsynlighet?

Ikke noe som jeg er kjent med. Dette er opp til hver enkel brannrådgiver å dokumentere at valg løsning oppfyller den funksjon som er gitt i teknisk forskrift (TEK). Det finnes imidlertid en standard som var ute på høring for en tid tilbake. Denne standarden var utformet spesifikt for tallfesting av sannsynlighetsvurdering. Standarden definerte et akseptkriteriet for hvor stor sannsynlighet som er akseptabel for at en menneske dør i et bygg. Standarden presenterende også metodikker og fremgangsmåter for behandling av sannsynlighetsdata. Forløperen til NS 3901, NS 5814, skal behandle sannsynlighet generelt og beskriver metodikker for vurdering av sannsynlighet på systemnivå. NS 5814 er fortsatt gjeldende men er ikke spesifikt for brann.

Jeg mener og at den standarden som var ute på høring benytter seg av en normalfordelingsmetode som inkluderer standardavvik. Dette fører til at påliteligheten for et system ikke vil bli beskrevet som et statisk tall. Denne metoden viser på at pålitelighet ikke er et fast tall, men en variasjon som følge av ulike forutsetninger.

Vil erfaringsdata ligge til grunn for pålitelighetsdata eller vil erfaringsdata bli tatt inn i vurdering av sannsynlighet separat?

Jeg bruker de som to forskjellige inndata i sine analyser. Pålitelighetsdataen er bygget opp av erfaringsdata men fordi det ikke finnes noen norske pålitelighetstall kombinerer jeg utalandske pålitelighetsdata med norske erfaringsdata der disse er tilgjengelige. Brannrådgiveren bruker norske erfaringsdata som argument for i hvilken del av bygget som brannen mest sannsynlig vil starte. Pålitelighetsdata brukes deretter til å beregne konsekvensene av en brann og vil ikke direkte bli koblet sammen.

Er det andre «forhold» som du mener må betraktes ved vurdering av sannsynligheten?

I Norge regner man ikke med flere forskjellige uhellslaster samtidig. Det vil si at hvis du tar høyde for at brann representere uhellslasten for ditt bygg, trenger du ikke å ta høyde for at en unormalt høy vindlast inntreffer samtidig. Når de kommer til vurdering av brannklasse 4 bygg med for eksempel oppbevaring av eksplosive stoffer, er en nødt til å vurdere spesifikke forhold som kan ha betydning for risikobildet. Men ved vurdering av preaksepterte bygg, brannklasse 1-3, gjøres ikke noen særlig vurdering av risikobildet utover hva som forventes være fornuftig og i henhold til norsk lovverk. Jeg mener at forhold som øker sannsynligheten for brann, som kommer av feil bruk av bygget ikke er et ansvar som kan pålegges rådgiveren. Dette er bruker og eiere sitt ansvar at disse forhold ikke oppstår. For eksempel er åpen ild i stuen og lagring av masse aviser og søppel i en leilighet, eksempel på feil bruk. De lover og forskrifter som foreligger skal være tilpasset og dekke de hendelsene som kan forventes oppstå ved riktig bruk av bygget. Ved prosjektering av en lagerbygning med oppbevaring av papir må detaljprosjekterende sprinkler ta høyde for gjeldende forhold i sin prosjektering. Hvis det foreligger høy sannsynlighet for store konsekvenser i det tiltenkte bygningen vil det raskt bli klassifisert som et brannklasse 4 bygg som medfører strengere og mer omfattende krav til vurdering av risiko.

Er det mulig å gjøre en objektiv vurdering av sannsynligheten eller vil det alltid finnes en viss usikkerhet innebygget i vurderingsresultatet pga. subjekt vurdering? Hvis NEI er dette noen som formidles i sannsynlighetsanalysen?

Nei, det er alt for mye usikkerheter og alt for lite data for å få til en objektiv vurdering av sannsynlighet for en brann.

Hva mener du er utfordringer når det kommer til vurdering/tallfesting av sannsynlighet ved sannsynlighetsanalyser?

Mangel på brannstatistikk som følge av lite interesse for den typen av data og for få branner.

Hva mener du må til for at fremgangsmåten for vurdering av sannsynlighet for brann skal tydeliggjøres, slik at det blir en felles forståelse for sannsynlighetsvurdering blant brannrådgivere?

Det burde i utgangspunkt finnes et bibliotek av sannsynligheter man kan velge fra, eventuelt at det skulle være mulig å bruke en produsent sine grunnlagstall og at det fremlegges en samling fremgangsmåter. På en slik måte kan en lage et felles utgangspunkt for rådgivere. Jeg mener samtidig at det ikke finnes noen poeng med å standardisere for mye. I stedet bør det gis eksempler på metoder som kan brukes, slik at rådgiveren kan ta stilling til hva som er best evnet for den aktuelle situasjonen og det aktuelle bygget. Ønskes det å tydeliggjøres mer kan de likevel lages et program som utfører jobben istedenfor en rådgiver. Det er mer fornuftig å se på hvert enkelt bygg, hvor en vurderer lokale forutsetninger. Dette på grunn av at det finnes alltid forhold som varierer fra bygg til bygg og derfor må vurderes spesifikk. For eksempel kan påliteligheten til et brannalarmanlegg variere for to tilnærmet like bygg, utstyrt med det samme brannalarmanlegget. Det kan skyldes at det ene bygget har større andel hulrom sammenlignet med det andre bygget, som fører til at detekteringstiden vil variere. Dette illustrerer at et pålitelighetstall vil variere fra bygg til bygg, selv om pålitelighetstallet til systemene er likt.

Intervju med brannrådgivere nummer 2

Hvordan bruker du pålitelighets- og erfaringsdata i sannsynlighetsanalyser? Bruker du noe type verktøy?

Jeg har ikke brukt pålitelighetsdata i sannsynlighetsanalyser for brann i landbaserte bygninger tidligere. Jeg har en bakgrunn fra offshore og der brukte vi initialt en bow-tie for identifisering av farer som kompletteres med erfaringsdata og pålitelighetstall fra leverandører, hvor pålitelighetstallene basere seg på empiriske forsøk. Innenfor bygningsbransjen finnes det ikke like mye av denne typen data tilgjengelig.

Hvorfra innhenter du pålitelighets- og erfaringsdata? Hva bruker du for kilder/referanser?

Fra leverandører

Hvordan defineres en brann? Finnes en felles oppfatning eller er det opp til hvert enkelt rådgivere og definere akseptkriterier for brann (subjektiv)?

Jeg definerer en brann fra i det øyeblikkene da du erholder en antenelse. Hva gjelder hvordan andre rådgivere definerer brann innfor faget vet jeg ikke. Jeg er litt usikker på hvis det eksisterer en felles definisjon for brann selv om det fleste rådgivere innenfor brann har en felles forståelse for hva en brann er.

Hva er grunn til at vi har dårlig/mangelfull statistikk over branner i Norge? Få branner eller før dårlig dokumentering av faktiske branner?

Jeg har egentlig ikke vært borti denne typen av statistikk tidligere så det er litt vanskelig å uttale seg om.

Er det for lite fokus på innsamling av statistikk hva gjelder pålitelighetstall sammenlignet med andre land?

Jeg tenker at dette er et relativt nytt med innsamling av brannstatistikk i Norge og at vi begynner å bli bedre på og dokumenter hendelsesforløpet, hva som egentlig har skjedd og hvorfor.

Selv om bidrag fra menneskelige og organisatoriske tiltak ikke er lov å bruke som kompenserende tiltak vil de allikevel heve brannsikkerheten. Hvordan blir organisatoriske og menneskelige tiltak vurdert i annen type risikovurdering? Hvordan vurderer man bidrag fra menneskelige og organisatoriske tiltak, med hensyn på reduksjon av sannsynlighet? Finnes det noen referanser hva gjelder pålitelighet og erfaring som du bruker?

Organisatoriske tiltak i forbindelse med vurdering av sannsynlighet for brann, blir benyttet i noen tilfeller innenfor industrien. Dette når det for eksempel foreligger fare for støveksplisjon. Da går det gjerne i renhold og prosedyrer for området med eksplosjonsfare. Dette gjelder for nye bygninger men og for eksisterende bygninger. Da kan en for eksempel utelate eksplosjonsslukker og bruke organisatoriske tiltak for å sørge for at risikoen holdes innenfor akseptabelt nivå. Ikke å forveksle med et kompenserende tiltak, men som en alternativ brannteknisk løsning. Ved vurdering av organisatoriske tiltak ser man på effekten av prosedyrer og rutiner, men hva gjelder bidrag fra mennesker er det ikke noe som jeg har brukt i forbindelse med reduksjon av sannsynligheten for brann. Det er som regel vanskelig å ta høyde for hvem som skal bo i bygningen og derfor vanskelig å ta det i betraktning ved vurdering av sannsynlighet for brann. Menneskelige atferd er imidlertid noe som behandles i forbindelse med pleieinstitusjoner og tilsvarende bygninger, men da i forbindelse med vurdering av konsekvensene som en brann fører til. Som tidligere nevnt har jeg brukt informasjon fra leverandører og heller ikke vært innom risikoanalyser for landbaserte bygninger noe særlig. Ved risikovurdering av landbaserte bygninger har jeg egentlig kun benytte meg av komparativ fraviksløsning.

Er det rimelige å anta at data fra andre land er direkte overførbart på norske bygg?

Det er sannsynligvis noen land som ligner mye på hvordan man oppfører bygninger i Norge. Derfor er det rimelig å anta at data fra disse land er rimelig å bruke ved sannsynlighetsanalyser for norske bygninger. Slike land vil for eksempel være andre skandinaviske land. Mens andre land fra de sørlige delene av Europa vil ikke ligne så mye på norske bygninger, og data fra disse land vil ikke evne seg for bruk på norske bygninger.

Hva med fremgangsmåte da det ikke finnes/mangler pålitelighetsdata eller erfaringsdata?

Jeg har ikke vært borte i dette tidligere.

Er det noe krav/retningslinjer hva gjelder vurdering av sannsynlighet for brann?

Ikke hva jeg kjenner til.

Vil erfaringsdata ligge til grunn for pålitelighetsdata eller vil erfaringsdata bli tatt inn i vurdering av sannsynlighet separat?

Jeg har ikke vært borte i dette tidligere, men tenker at jeg ville behandlet de som to forskjellige inndata.

Er det andre «forhold» som du mener må betraktes ved vurdering av sannsynligheten for brann?

Når jeg vurder risiko ser jeg til hvilken type material som blir brukt, hvilken brukergruppe som skal disponere bygningen og hva slags virksomhet som skal forekomme i bygningen.

Er det mulig å gjøre en objektiv vurdering av sannsynligheten eller vil det alltid finnes en viss usikkerhet innebygget i vurderingsresultatet pga. subjekt vurdering? Hvis NEI er dette noen som formidles i sannsynlighetsanalysen for brann?

Det vil alltid være en form for subjektiv vurdering. Men jeg har ikke sett noen steder i rapporter hvor subjektiv vurdering blir presisert som en kilde til usikkerhet. I det tidlige analysene som jeg har vært innom hvor erfaringsdata har blitt brukt, har den kun blitt presentert til orientering. Erfaringsdataen har videre ikke blitt brukt i konklusjonene til analysen.

Hva mener du er utfordringer når det kommer til vurdering/tallfesting av sannsynlighet ved sannsynlighetsanalyser for brann?

Det må være usikkerheten ved statistikken og de pålitelighetsdataene som blir brukt. Men også at leverandørene ikke har utført tilfredsstillende tester sammenligne med leverandører til offshoreanlegg. Derfor mangler ofte data som kan brukes videre for å beskrive effekten til systemet i et virkelig scenario. Det er rimelig å anta at det stilles lavere krav til landbaserte bygninger sammenlignet med offshoreanlegg. Innen offshorebransjen stilles det krav til at komponenter må oppfylle et visst nivå av pålitelighet for å kunne bli brukt i instrumenteringen. Derfor er leverandører nødt til å levere pålitelighetstall før sine produkter, slik at det er mulig for videre undersøkning av påliteligheten på komponentnivå. Regelverket innenfor offshore er ikke funksjonsbasert, hvilket fører til at det ikke eksisterer preaksepterte løsninger eller andre anbefalinger. Innenfor offshore er det ikke rom for alternative løsninger.

Vil det være mer hensiktsmessig å kategorisere pålitelighetstall i ett intervall, som følge av at det finnes mye innebygget usikkerhet i pålitelighetstallen?

Det er nok vanskelig å angi pålitelighetstall i kvalitativt basert på den statistikken som foreligger per i dag. Før dette lar seg gjøres må fremgangsmåte standardiseres og statistikken utvides og forbedres på et nivå som er tilfredsstillende for en objektiv kvalitativ vurdering.

Vill usikkerheten som er innebygget i pålitelighetstall redusere med tiden? Hvis JA hvorfor?

I takt med at mer erfaringsdata samles in, vil dette føre til at usikkerhetsnivået reduseres og at pålitelighetstallene overensstemmer mer med virkeligheten. Ekstremverdier kan lukkes ut ved vurdering av pålitelighetstallet, slik at standardavviket blir mindre hvilket fører til nøyaktigere data. Nøyaktigere data vil føre til mindre antakelser.

Hva mener du må til for at fremgangsmåten for vurdering av sannsynlighet for brann skal tydeliggjøres, slik at det blir en felles forståelse for sannsynlighetsvurdering blant brannrådgivere?

Kanskje man kunne standardisere enkelte ting, som for eksempel hvordan man fastsetter akseptkriterier. I tillegg bør det stilles krav til at leverandører utfører testing av sine produkter på lik linje med offshorebransjen. Dette ville muliggjøre for en større databank med pålitelighetstall, slik at brannrådgivere har mulighet å utgå fra de samme forutsetninger ved vurdering av sannsynlighet for brann.

Intervju med brannrådgivere nummer 3

Hvordan bruker du pålitelighets- og erfaringsdata ved sannsynlighetsanalyser? Bruker du noe type verktøy?

Det er generelt sett veldig lite pålitelighets- og erfaringsdata å hente. Dette fører ofte til at en må forlite seg på informasjon fra kunder og leverandører av de produkter som blir brukt. For eksempel ved vurdering av trucklading i et lagerbygg, blir en representant fra produsenten av trucken eller batteriet med i analysegruppen som skal utføre risikovurderingen. Generelt sett er det veldig få tall å finne som omhandler sannsynlighet. Derfor ønsker en at ta del av den erfaringen som brukere og produsent av produktet har. Videre må en alltid legge inn en tilstrekkelig sikkerhetsmargin som tar høyde for innebyggete usikkerheter i den informasjonen som gis. Det blir alltid en form for kvalifisert gjetting og synsing når det kommer til å fastslå påliteligheten til et system. Når det ikke finnes noe konkret å forholde seg til må en foreta en konservativ tilnærming, slik at en er nøye med at sikkerheten ivaretas. Hva gjelder arbeidsverktøy så brukes analysemetoden hendelsestrø i enkelte analyser og man benytter ofte matriser i forbindelse med grovanalyser. Det er også vanlig at simuleringer brukes for å underbygge kvalitative vurderinger. Men igjen, dette forutsetter at det finnes statistiske tall som en kan stole på. Å fastslå sannsynlighet er komplisert og fører ofte til antakelser og forenklinger.

Hvorfra innhenter du pålitelighets- og erfaringsdata? Hva bruker du for kilder/referanser?

Først og fremst fra leverandører, produsenter og brukere av de produkter som inngår i det system som skal analyseres. Andre kilder som brukes er erfaring fra tidligere prosjekter, informasjon fra brannvesenet og statistikk fra DSB og lignende.

Hva er grunn til at vi har dårlig/mangelfull statistikk over branner i Norge? Få branner eller før dårlig dokumentering av faktiske branner?

Det finnes brannrelatert statistikk som blir samlet in av blant annet DSB og Finans Norge. Men denne informasjonen forteller ikke noe spesifikt om branninnretninger, hvorfor det finnes veldig få tall som beksrever effekten av de enkelte systemene.

Er det for lite fokus på innsamling av statistikk hva gjelder pålitelighetstall sammenlignet med andre land?

Jeg vet egentlig ikke. Ofte er det mer tall å hente inn fra andre land. Hvorfor vet jeg ikke. Kanskje de jobbet med det lengre og har bygget opp en større kunnskapsbank med denne typen av statistikk. Vi kan bruke statistiske data fra andre land i prosjekter hvor det forutsetningene i prosjektet tillater det, men i utgangspunktet skal en være litt forsiktig med bruk av data fra andre land. Det er absolutt mulig, men enn må passe på at forutsetningen i analysebygget er gyldige for den dataen som skal brukes.

Selv om bidrag fra menneskelige og organisatoriske tiltak ikke er lov å bruke som kompenserende tiltak vil de allikevel heve brannsikkerheten. Hvordan blir organisatoriske og menneskelige tiltak vurdert ved risikovurdering?

Som du nevner er det ikke lov å bruke organisatoriske tiltak som kompenserende tiltak. Men hvis en bruker av et bygg har gode rutiner, prosedyrer og utfører jevnlig øving i brannforebygging vil dette bidra til å redusere sannsynligheten for brann. Men organisatoriske tiltak vil alltid kunne føre til menneskelige svikt som fører til at de organisatoriske tiltakene ikke responderer som tiltenkt. Det er mindre sannsynlighet at et teknisk tiltak, som ikke er avhengig menneskelige aksjon, svikter sammenlignet med et organisatorisk tiltak. Derfor er regelverket opplagt for bruk av tekniske tiltak. Du vil ta utgangspunkt og basere din argumentasjon for brannsikkerheten på tekniske tiltak, mens de organisatoriske tiltakene vil bli tatt inn som positive bidrag og ikke noe som din argumentasjon støtter seg på.

Hvordan vurderer et bidrag fra menneskelige og organisatoriske tiltak, med hensyn på reduksjon av sannsynlighet?

Som positive bidrag

Er det rimelige å anta at data fra andre land er direkte overførbart på norske bygg?

Ja i mange tilfeller kan man bruke utenlandske tall, men en må passe på at tallene er gyldige for de forutsetninger som gjelder for den norske bygningen.

Hva med fremgangsmåte da det ikke finnes/mangler pålitelighetsdata eller erfaringsdata?

Ibland finner en pålitelighets- og erfaringsdata til branntekniske innretninger, men i det fleste tilfeller er disse dataene fraværende. Derfor er vi veldig nøye med å ha med personer som jobber i bygningen. De har som oftest best kjennskap og erfaring til bygningen og dets systemer. Da får en som ekstern person bedre innsyn i tidligere hendelser, rutiner og prosedyrer i bygningen. Vi prøver så tidlig som mulig å involver alle interessenter som kan tilføre viktige innspill til risikovurderingen i risikogruppen som skal gjennomføre risikovurderingen. Initialt avholdes et analyse møte med risikogruppen hvor en prøver å danne seg et bilde av hvordan ting er og hvilke uønskede hendelser som kan inntreffe. Deretter legges denne informasjonen som grunnlag for vurdering av sannsynlighet for brann. Deretter blir det et nytt møte med risikogruppen for å diskutere de funn som ble gjort. Hvis vi ikke har funnet noe tall for sannsynlighet, foretas en ny gjennomgang med brukeren av bygget for å sammen fastslå en fornuftig plassering i en semikvantitativ sannsynlighetsmatrise. Da vil sannsynligheten ikke basere seg på faste tall, men heller på erfaring fra brukeren og våre inputer fra tidligere prosjekter.

Er det noe krav/retningslinjer hva gjelder vurdering av sannsynlighet for brann?

Hvis en følger NS 3901 fullt ut og er konservativ i sine vurderinger skal dette være en godkjent løsning for brannteknisk risikovurdering.

Vil erfaringsdata ligge til grunn for pålitelighetsdata og videre behandles som «en» type inndata ved sannsynlighetsanalyser eller vil erfaringsdata bli tatt inn i vurdering av sannsynlighet for brann separat, dvs vil enn då ha to type inndata; inndata 1 (pålitelighetstall) og inndata 2 (erfaringsdata/historiske data)?

Vi legger til grunn både pålitelighetsdata og erfaringsdata ved vurdering av sannsynlighet for brann. Dette blir senere kommentert i rapporten hvis det forekommer store usikkerheter, i tilfelle analysen basere seg i stor grad på erfaringsdata. Erfaringsdata vil nødvendigvis ikke være helt riktig men vil gi en god indikasjon på hva som er riktig. I analysen kommenteres at det er to ulike inndata, som sammen utgjør sannsynlighet for brann i analysebygget.

Er det andre «forhold» som du mener må betraktes ved vurdering av sannsynligheten for brann?

I forhold til en eksisterende bygning er de absolutt viktigste inputene de som er å finne på befaring i det eksisterende byggverket og spesielt ved å snakke med personene som jobber i bygningen. Da kan erfaringsoverføring mellom brannvernleder og de som jobber på gulvet gjøres. Personer som er virksomme i bygningen ser ofte de problem og farer som er i bygget. De har ofte ideer om hva som kan endres eller hva som må til for å redusere risikoen som disse problem og farer innebærer.

Hva mener du er utfordringer når det kommer til vurdering/tallfesting av sannsynlighet ved sannsynlighetsanalyser for brann?

Det finnes veldig lite dokumentert statistikk som omhandler pålitelighetstall og erfaringsdata. For å gjøre mer presise vurderinger av sannsynligheten for brann i et byggverk, er en avhengig den statistikken som i dag er mangelfull. I tillegg er alle bygg forskjellige, hvor forutsetningene for å forhindre et branntilløp varierer. I de tilfeller som du finner statistikk som kan legges til grunn for vurdering, er det ikke helt sikkert at disse tallene er helt relevante for ditt bygg eller scenario. Dette skyldes varierende forutsetninger. Det vil si at de forutsetningene som er lagt til grunn for statistikken ikke samsvarer med de forutsetninger som er gjeldende for ditt bygg. Derfor er det veldig viktig ved vurdering av risiko i eksisterende bygninger å ta del av informasjon og erfaring fra de som jobber og oppholder seg i analysebygget, fordi de ofte sitter på avgjørende innspill til risikovurderingen. Når det kommer til nye bygninger er det litt vanskeligere å anskaffe erfaringsdata. Da må en prøve å kontakte personer som har erfaring fra tilsvarende bygninger. Men denne erfaringsdataen vil medføre usikkerheter, som følge av varierende forutsetningene mellom bygningene.

Vil det være mer hensiktsmessig å kategorisere pålitelighetstall i ett intervall, som følge av at det finnes mye innebygget usikkerhet i pålitelighetstallen?

Det er vanskelig å si. Problematikken ligger i manglende statistisk data. Jeg mener at det er viktigere å fokusere på innsamling av disse tallene i utgangspunkt.

Vill usikkerheten som er innebygget i pålitelighetstall redusere med tiden? Hvis JA hvorfor?

Usikkerheten i tallene vil reduseres i takt med at mer data blir samlet inn. Ju mer data som kan legges til grunn for å fastslå et pålitelighetstall, desto nøyaktigere vil tallet bli. Nye byggeteknikker, utforminger og andre forutsetninger i bygninger vil føre til nye type erfaringstall. Men en må ha noe å utgå fra og da må en generalisere tallene slik at det omfatter de fleste bygninger innenfor en bygningskategori, selv om de eksiterer variasjoner innenfor bygningskategorien.

Hva mener du må til for at fremgangsmåten for vurdering av sannsynlighet for brann skal tydeliggjøres, slik at det blir en felles forståelse for sannsynlighetsvurdering blant brannrådgivere?

Det er vanskelig å avgjøre på bakgrunn av at personer tolker ting annerledes. Men hvis vi får inn mer data vil det muliggjøre for nøyaktigere statistikk. Det kan føre til at flere rådgivere bruker seg av de samme tallene. I tillegg kan det være en ide at myndighetene lager en veiledning eller setter minste krav til utforming av sannsynlighetsvurdering.

Intervju med høgskolelektor Stefan Andersson

Hvem er Stefan?

Stefan Andersson er høgskolelektor ved Høgskulen på Vestlandet i Haugesund ved institutt for brannsikkerhet og HMS. Andersson foreleser i brannteknisk risikovurdering, har deltatt ved laging av NS 3901, skrevet noen byggforsksblad og utført utredninger for DSB.

Hvordan bruker du pålitelighets- og erfaringsdata i sannsynlighetsanalyser? Bruker du noe type verktøy?

Jeg bruker brannfrekvenser som er publisert. DSB har for eksempel en del brannfrekvenser. Videre bruker jeg bayesiansk tilnærming for å justere brannfrekvensene basert på lokale forutsetninger som er gjeldende for mitt analysebygg. Eksempel på lokale forutsetninger som dra ned risikoen er nyere elanlegg og komfyrvakt. Eksempel på forutsetninger som øker risikoen for brann kan være røyking og feil bruk av elektriske utstyr. Utover det bruker jeg statistikk fra for eksempel DSB.

Hvorfra innhenter du pålitelighets- og erfaringsdata? Hva bruker du for kilder/referanser?

Jeg bruker for det meste britisk og amerikansk data fordi den er mer omfattende. For eksempel bruker jeg pålitelighetsdata og annen brannrelatert statistikk som den foreligger fra BSI (PD 7974:2003-7) og NFPA. Dette slik at mine egne subjektive meninger ikke skal påvirke tallene. Men jeg foretar også en gyldighetsvurdering for å beskrive hvor representativ tallene er for mitt analysebygg. Andre kilder som brukes er SFPE handbook og annen anerkjent brannteknisk litteratur. RISE har en del rapporter som behandler pålitelighetstall for slokkeanlegg, vegger og brannalarmanlegg som også baserer seg på utenlandsk statistikk, men hvor det har gått grundigere i karleggingen.

Det finnes en masteroppgave som ser nærmere på bruk av pålitelighetstall og kildene som ligger til grunn for disse. Rapporten konkludere med at ingen av de mest brukte kildene for pålitelighetstall, egentlig oppfyller krav for «en godkjent» referanse. Rapporten er kritisk til hvordan vi stoler på disse talene som egentlig ikke har god nok grunnlag. Er dette noe som du er kjent med?

Det er allment kjent at brannteknisk pålitelighetsdata som foreligger i dag ikke er så pålitelig som man hadde ønsket. Dette skyldes for dårlig rapportering av branner som videre fører til manglende statistikk. DSB har nettopp begynt et prosjekt, BRIS, for å heve tilgangen på brannrelatert statistikk fra virkelige branner, med forhåpningen at samle inn mer og bredere informasjon fra branner. Dette område er resurskrevende, vanskelig og det kommer sannsynligvis å ta en stund før vi ser effektene av en nyere holdning til innsamling av brannrelatert statistikk. I dag er det heller ikke noe særlig egeninteresse for innsamling av pålitelighetstall fra brannvesenet sin side. Dette er en av anledningene til at informasjon om pålitelighetstall er fraværende.

Pålitelighetstall er ikke perfekte men bør likevel brukes. Alternativet er å foreta vurderinger på mindre grunnlag, hvilket er en dårligere løsning. Men ved bruk av pålitelighetstall må en gjøre seg bevisst med at det ikke er eksakt vitenskap i de tallene som brukes. Det skal alltid foretas en vurdering hva gjelder representativiteten for pålitelighetstallene og at vurderingen tar hensyn til lokale forutsetninger som er gjeldene for analysebygget som skal undersøkes.

Hvordan defineres brann? Finnes en felles oppfatning eller er det opp til hvert enkelt rådgivere og definere akseptkriterier for brann (subjektiv)?

Det finns en felles oppfatning for en etablert brann. Det er en brann som vokser seg stor av seg selv. Men når det kommer til mindre branner så finnes det forskjellige meninger. Dette fører til at branner blir underrappotet, fordi mindre branntilløp ikke blir registrert i flere tilfeller.

Hva er grunn til at vi har dårlig/mangelfull statistikk over branner i Norge? Få branner eller før dårlig dokumentering av faktiske branner?

Det er for lite interesse for pålitelighetstall i dag i tillegg til at det er for få branner som registreres og at den informasjonen som registreres er for tynn. I den optimale verden skulle brannskadestatistikken som distribueres av forsikringsselskapene (BRASK) samsvare med den statistikken som brannvesenet registrere. Dette er dessverre ikke tilfelle, hvilket peker på at innrapporteringssystemet ikke er godt nok. DSB innehar i dag mer brannrelatert statistikk enn det som blir offentliggjort. Denne informasjonen er per nå dessverre ikke offentlig. Forhåpentligvis vil denne informasjonen gjøres tilgjengelig innen snarlig framtid og tilrettelegge for nøyaktigere grunnlag i forbindelse med brannteknisk risikovurdering. En anledning til at det er for lite interesse for brannstatistikk i Norge kan skyldes at det er for lite branner og for få mennesker som dør i branner. Hadde det vært flere mennesker som døde i branner, ville det sannsynligvis føre til en øket interesse for å unngå branner.

Er det for lite fokus på innsamling av statistikk hva gjelder pålitelighetstall sammenlignet med andre land?

Det er generelt sett lite fokus på innsamling av statistikk i Norge, med det er vanskelig å avgjøre om det er mindre fokus sammenlignet med andre land. Den organisasjonen som er ledende for aktiv innsamling og distribuering av brannstatistikk er den amerikanske organisasjonen NFPA. Det er imidlertid vanskelig å bruke amerikansk data på norske bygninger. En mer riktig og bedre tilnærming for bruk av utenlandske statistikk og erfaringsdata hadde vært å bruke skandinaviske data.

Et positivt bidrag som norsk brannstatistikk har ført med sig er identifisering av folk som har større sannsynlighet å årsake brann sammenlignet med andre. Det vil si identifisering av risikogrupper. På den måten har man kunne avsette ressurser for å håndtere disse menneskene. Som følge av dette har andelen mennesker som omkommer i brann blitt redusert. Men når det kommer til design av bygninger er det vanskeligere. Da kreves det mer omfattende og representativ statistikk for å kunne benytte seg av statistikk på en hensiktsmessig måte.

Selv om bidrag fra menneskelige og organisatoriske tiltak ikke er lov å bruke som kompenserende tiltak vil de allikevel heve brannsikkerheten. Er det lov å bruke det som argument i annen risikovurdering enn fraviksløsninger? Hvordan vurderer man bidrag fra menneskelige og organisatoriske tiltak, med hensyn på reduksjon av sannsynlighet? Finnes det noen referanser hva gjelder pålitelighet og erfaring som du bruker?

Absolut. Det som DIBK krever er at organisatoriske tiltak skal ikke benyttes som kompenserende tiltak på bekostning av byggetekniske tiltak. Dette fordi DIBK vil at vi skal ha et basissikkerhetsnivå for alle bygninger i Norge. Organisatoriske tiltak har en lavere pålitelighet sammenlignet med tekniske tiltak, fordi de er avhengig menneskelige handlinger. Men når det kommer til en fullstendig risikovurdering er det helt avgjørende med organisatoriske tiltak som prosedyrer, rutiner, opplæring og øvelser. For eksempel er rømningstiden for personer som oppholder seg på en nattklubb helt avgjørende av at lampene slås på, at musikken stopper og at personalen varsler mennesker om å evakuere bygningen. Hensyn til organisatoriske tiltak skal gjøres, men skal implementeres i tillegg til tekniske tiltak, ikke erstatte tekniske tiltak.

Er det rimelige å anta at data fra andre land er direkte overførbart på norske bygg?

I utgangspunktet vil det ikke være mulig fordi det er ofte store forskjeller hva gjelder lokale forutsetninger. Men å andre siden er det kanskje den beste tilnærmingen, fordi en mangler innenlandske tall. Derfor er en nødt til å stille seg kritisk og justere tallene i henhold til gjeldende forutsetninger, fordi det finnes innebyggete usikkerheter som kan være vanskelige å avdekke.

Hva med fremgangsmåte da det ikke finnes/mangler pålitelighetsdata eller erfaringsdata?

Det er selvsagt veldig vanskelig å vurdere sannsynlighet for brann i de tilfeller da det ikke eksisterer noen pålitelighetsdata eller erfaringsdata. Da må en foreta kvalifisert gjetning for å estimere sannsynligheten.

Er det noe krav/retningslinjer hva gjelder vurdering av sannsynlighet for brann?

Det finnes kvalitative kvalitetskriterier som svarer før hvis dataen er representativ, alder, signifikans og så videre angitt i INSTA 951. Men utover det er det ikke angitt noen retningslinjer.

Vil erfaringsdata ligge til grunn for pålitelighetsdata eller vil erfaringsdata bli tatt inn i vurdering av sannsynlighet for brann separat?

I utgangspunktet skal erfaring resultere i statistikk. Men når vi benytter oss av brittisk og amerikansk statistikk i norske bygninger, justere vi statistikken opp eller ned basert på erfaringer. Men en rådgiver i USA vil heller bruke dataen som den foreligger uten justering i henhold til erfaring, fordi statistikken allerede inkluderer tidligere erfaringer.

Er det andre «forhold» som du mener må betraktes ved vurdering av sannsynligheten for brann?

Det finnes også andre forklaringer til hvorfor det forekommer mer eller mindre branner, som ikke er avhengig av brannsamfunnet. For eksempel om det bli dårligere tider i et land og arbeidsledigheten går opp, vil det sannsynligvis føre til et større inntak av alkohol og tilsvarende. Dette vil i sin tur føre til at antallet branner øker, det vil si økt sannsynlighet for brann. Overordnet er det tekniske installasjoner og tilstand i bygningen i tillegg til organisatoriske og menneskelige forhold som skal undersøkes ved vurdering av sannsynlighet for brann.

Er det mulig å gjøre en objektiv vurdering av sannsynligheten eller vil det alltid finnes en viss usikkerhet innebygget i vurderingsresultatet pga. subjekt vurdering? Hvis NEI er dette noen som formidles i sannsynlighetsanalysen for brann?

Det vil alltid forekomme en subjektiv vurdering, fordi det er umulig å sammenstille et grunnlag som tar høyde for alle typer scenarier og forutsetninger. Det vil ikke forekomme eksakte tall.

Hva mener du er utfordringer når det kommer til vurdering/tallfesting av sannsynlighet ved sannsynlighetsanalyser for brann?

I hovedsak vil det drøye seg om mangel på data som fører til at rådgivere foretar antakelser og forenklinger, og ofte legger utenlandske statistikk til grunn for vurdering av sannsynlighet for brann. Dette fører til usikkerheter og varierende resultater. En større samling med utfyllende brannteknisk statistikk som også inneholder den type informasjon som brannrådgivere er avhengig av, hadde vært ønskelig. Da vil alle rådgivere få en felles dataplattform med mer representativ statistikk å benytte seg av. Dette vil etter hvert føre til hevet brannsikkerhet i norske byggverk, som følge av bedre grunnlag og mindre varierende resultater hva gjelder risikovurderinger.

Vil det være mer hensiktsmessig å kategorisere pålitelighetstall i ett intervall, som følge av at det finnes mye innebygget usikkerhet i pålitelighetstallen?

Muligens, men det vil ikke gjøre det enklere for brukeren å avgjøre hvor i intervallet som er akseptabelt for et spesifikt bygg. Det blir også vanskelig å avgjøre nedre og øvre akseptgrense. Vi mangler rett og slett data for å foreta en nøyaktigere estimering sammenlignet med i dag.

Vill usikkerheten som er innebygget i pålitelighetstall redusere med tiden pga bedre kvalitetssystem og bedre byggeteknikker?

Nei. Men mer erfaring vil føre til mindre usikkerheter. Det vil si en større mengde statistikk vil kunne bidra til å redusere usikkerheter i pålitelighetstallene. Pålitelighetstallet vil bli bedre som følge av bedre systemer men usikkerheten er direkte avhengig erfaring.

Hva mener du må til for at fremgangsmåten for vurdering av sannsynlighet for brann skal tydeliggjøres, slik at det blir en felles forståelse for sannsynlighetsvurdering blant brannrådgivere?

En bedre forståelse for brannfrekvens for ulike typer av bygninger er et bra utgangspunkt. I tillegg er det viktig å gjøre seg kjent med hvilke faktorer som øker eller reduserer faren for brann. Da er det mulig å justere brannfrekvensen enten opp eller ned for ditt bygg, slik at sannsynligheten for brann bedre samsvarer med virkeligheten. Overordnet handler det om å erverve bedre statistikk.

Stefan Andersson taler fritt om bruk av pålitelighetsdata og historiske data i sannsynlighetsanalyser

På dette området er det generelt en kunnskapsmangel hva gjelder pålitelighetstall for branntekniske systemer. Det er i dag nesten ingen norske pålitelighetstall å finne. Dette fører til at vi er helt avhengig utenlandske data. Disse talene vil være generalisert, fordi de skal innefatte et stort urvalg. Som følge av dette vil forutsetninger som legges til grunn for pålitelighetstallene variere. Dette fører til at pålitelighetstallene vil evne seg for enkelte scenarioer, mens for andre scenarioer vil det ikke være like aktuelt. Selvlukkende dører på et sykehus vil operere med større pålitelighet sammenlignet med selvlukkende dører i et industribygg. Dette fører til at det blir direkte feil å bruke samme pålitelighetstallet for selvlukkende dører for de to byggende. Samtidig vil det være usikkerheter knytte til de rapporter som presenterer pålitelighetsdata og statistikk. For eksempel vil sporbarheten for de grunnlag som legges til grunn variere, begrunnelser av de underlag som legges til grunn vil variere, grad av subjektivitet vil variere og så videre. I de tilfeller da dataen kommer direkte fra produsenten av et produkt er det også spørsmål vedrørende validiteten til den dataen som presenteres. En produsent vil mest sannsynligvis ikke presentere data som ikke er tiltalende for deres produkt.

Det er finnes også andre utfordringer som bidrar til at pålitelighets- og historiske data er en mangelvare. For eksempel basere seg lovverket, TEK, nesten utelukkende på konsekvensreducerende tiltak. Lovverket tar derfor utgangspunkt i at en brann allerede er tilstede. Dette fører til at forebyggende tiltak ikke er prioritert på samme måte når det kommer til brannteknisk design av bygg. Dette harmonerer ikke helt med brannteknisk risikovurdering, fordi da er informasjon om brannfrekvens viktig, mye viktigere enn konsekvensreducerende informasjon egentlig.

Usikkerheter i første ledd vil og føre til usikkerheter i neste ledd. For eksempel vil utfordringer ved presentasjon av pålitelighetsdata føre til at det blir vanskelig å bruke talene videre, fordi de er overordnet og generalisert. Da vil antakelser og forenklinger bli tatt i bruk og ytterligere føre til mer usikkerheter vedrørende de faktiske pålitelighetstallene til et brannteknisk system. Et eksempel på usikkerheter i flere ledd er da utenlandske tall bli lagt til grunn for påliteligheten til et system i norske bygninger. Nøyaktig data for alle typer scenarioer og forutsetninger hadde vært optimalt, men igjen umulig å sammenstille. Dette burde imidlertid være målsetningen for innsamling og presentasjon av pålitelighetsdata og historiske data.

Det finnes i dag noen få anerkjente kilder som legges til grunn for probabilistisk brannteknisk vurdering. En av disse er PD 7974:2003-7, som utgis av brittisk standard. Den utgaven som foreligger per i dag er datert fra 2003, men innen snarlig fremtid vil det komme en ny utgave. Funn og anbefalinger fra PD7974:2003-7 er generalisert og basere seg på eldre statistikk fra Storbritannia, som i dag er utdatert og ikke representative for brannscenarioer og bekjemping av branner i dagens samfunn. I tillegg er dokumentet ikke utformet som et perfekt rapportsystem. For eksempel er det ikke angitt på en tydelig måte hva som ligger til grunn for den dataen som brukes i rapporten, eller hvordan dataene er funnet og videre henvisninger til den dataen som er lagt til grunn for rapporten. Bruken av sprinkleranlegg i Storbritannia har ikke blitt tatt i bruk i samme utstrekning som i andre land. Derfor vil pålitelighetstallene basere seg på et mindre urvalg og føre til mindre representative data. Dette er noe som ikke nevnes i PD 7974:2003-7.

Det er og forskjell på hvordan dataen og informasjon som legges til grunn for pålitelighet innhentes. I noen tilfeller blir det sendt ut enketer som skal fylles ut av fagpersoner, i andre tilfeller er det en ekspertgruppe som sammen beslutter om pålitelighetstall, dataen kan baserer seg på faktiske hendelser og i bland er det en kombinasjon av flere tilnærminger. Dette fører også til usikkerhetsmomenter i de pålitelighetstallene som er presentert.

Det har vært en ny internordisk standard oppe for høring i det norske brannsamfunnet, som just omhandler brannteknisk vurdering som baserer seg på probabilistisk tilnærming. Dette dokumentet er prINSTA/TS 951 og tar utgangspunkt i riskakseptkriterier, statistikk og relevante branntekniske metoder. Dokumentet er utarbeidet i fellesskap for de nordiske landene, hvilket fører til at dette vil bli vedtatt i alle de nordiske landene, med forbehold for noen innslag av lokale variasjoner, om det blir godkjent. Dokumentet er planlagt å virke som et referanseverk for myndighetene og for dokumentering av gjeldende funksjonskrav ved brannteknisk prosjektering. Det som er unik med denne tilnærming er at hensyn til hvor ofte som det faktisk brenner betraktes, sammenlignet med TEKen som ikke vurderer brannfrekvens i det heletatt. Dette dokumentet fikk en del kritikk fra brannsamfunnet, fordi en del av dataen som bli brukt i dokumentet er dirket hentet fra British standard. En av problemstillingene som ble drøftet i forbindelse med vurdering av dette dokumentet er bruken av historiske data for å forutse fremtidige hendelser. Det ble nevnt at det blir feil å legge utdatert statistikk for estimering av fremtidige hendelser der forutsetningene er annerledes. Men kanskje det er bedre å bruke best mulig data i stedet for å ikke legge noe statistikk til grunn for vurdering av fremtidige hendelser. Riskanalyser er et eksempel på en metode som ikke baserer seg på eksakt vitenskap, men likevel har vist å være veldig effektivt ved vurdering av risiko og dannelse av et risikobilde som overensstemmer bra med virkeligheten. Fremgangsnøkkelene er her å kombinere statistisk data med vurdering av lokale forutsetninger som er gjeldende for et spesifikt bygg. Andre problemstillinger som ble nevnt vær tallfesting av akseptabelt sikkerhetsnivå, et såkalt sikkerhetsindeks. Dette kan i teorien føre til at andre branntekniske systemer kan fjernes, forutsatt at du tilfredsstiller det generaliserte sikkerhetsnivået. Dette gjelder fremst bygninger med lavt faktisk risikobilde. Da mister bygningen sin redundans i forhold til branntekniske systemer. Videre kan dette fører til omfattende konsekvenser i tilfelle då det primære branntekniske systemet svikter. Et annet problem som sannsynligvis vil oppstå er misbruk av standarden. Dette som følge av at man bruker risikoakseptkriterier for å fastslå hvilke typ av bygninger som er nødt til å gjennomføre analyse ved hjelp av INSTA/TS 951. Dette skyldes at analysen er ikke pålagt, hvilket vil føre til selektivt bruk av metoden. Dette gjelder fremst bygninger med høyt faktisk risikobilde. Rådgivere vil da etter hvert finne ut at enkelte bygninger som egentlig trenger tiltak som går lengre enn preaksepterte ytelser basert på aktuelt risikobilde, kan i stedet vurderes i henhold til preakseptert ytelser og unngå metoden gitt i INSTA/TS 951. Dette vil føre til at sikkerhetsnivået reduseres i bygninger som faktisk krever en bedre brannbeskyttelse, på bakgrunn av faktisk risikobilde, sammenlignet med preaksepterte ytelser. Hvis man tar i bruk et sikkerhetsindekssystem, vil de sannsynligvis føre til at flere bygninger installerer kun et system med høy pålitelighet, som tilfredsstiller kravet for sikkerhetsindekset. Dette vil føre til dårligere form for redundans, som igjen vil føre til mer omfattende konsekvenser i tilfelle det primære branntekniske systemet sviker. Men på sikt er det mulig at tapet av samfunnsmessige verdier reduseres. Grunnproblematikken ligger i å ikke redusere nivået for fundamentale funksjonskrav til et nivå som tilrettelegger for farlige beslutninger. I tillegg så er det mange bygninger i Norge som vurderes som et preakseptert bygg og er derfor heller ikke pålagt utvidet vurdering i henhold til faktisk risikobilde.

INSTA/TS 951 er i utgangspunktet bra, men det finnes en del utfordringer som må reguleres før den eventuelt kan tas i bruk. Dette slik at standarden ikke inviterer til misbruk og ender opp med at den svekker brannsikkerheten i stedet for å heve den.

I dag er det slik at brannforebyggende tiltak er eier og brukere av et bygg sitt ansvar, ikke brannprosjekterende sitt ansvar. Det vil si at brannforebyggende tiltak omhandles først i bruksfasen av bygningen. Dette er en utfordring, fordi da er bygget allerede bygget. Selvsagt er det bra at de som kjenner bygget best har ansvar for dette område. Men det hadde vært beder hvis dette kunne blitt behandlet i prosjekteringsfasen, slik at gode ideer og innspill kunne blitt tatt i betraktning på et tidligere tidspunkt, og gjerne før bygningsfasen. Dette vil bidratt til at flere ting blir fanget opp av brannkonseptet og at brukeren av bygget ikke foretar egne beslutninger som fører til økt risiko for brann. For eksempel kan innføring av hensyn til brannforebyggende tiltak i prosjekteringsfasen føre til at søppelkasser plasseres et godt stykke vekk fra fasaden istedenfor rett ved hodeinngangen til bygningen. En løsning på problematikken skulle kunne være at risikovurdering, som eier og brukere er pålagt, foretas i brannprosjekteringsfasen sammen med bruker og eier av bygget.

Vedlegg B – Tabel A.1 fra PD 7974-7:2003 utvidet

Tabellen er direkte hentet fra rapporten *A Critical Evaluation of BS PD 7974-7 Structural Fire Response Data Based on USA Fire Statistics*.

Table 3
Probability of Fire Starting in Different Occupancy Types

	PD 7974-7		USA fire statistics						
	Power law		Power law (+ ve b)		According to dots graph probability of fire—tot floor space			Improved form	
	[Power (PD)]		[Power (USA-Rutstein)]		[Power (USA-Improved)]			[Poly (USA-Improved)]	
	a	b	a	b	a	b	R ²	Law	R ²
Trend in Figs. 3, 4 below									
Overall Industry and Manufacturing	0.0017	0.53	0.003920	0.1464	1.7584	- 0.831	0.482	N/A	N/A
Food, drink and tobacco	0.0011	0.60	Not applicable						
Chemical and allied	0.0069	0.46	0.000249	0.0028	0.00003	0.2447	0.047	N/A	N/A
Mechanical engineering and other metal goods	0.00086	0.56	0.000245	0.0027	Only 2 points				
Electrical engineering	0.0061	0.59	0.002537	0.0041	Only 2 points				
Vehicles	0.00012	0.86	Not applicable						
Textiles	0.0075	0.35	Not applicable						
Timber, Furniture	0.00037	0.77	Only 1 point						
Paper, printing and publishing	0.000069	0.91	Not applicable						
Other manufacturing	0.0084	0.41	0.012748	0.0474	0.0018	0.1523	0.010	$2.28 \times 10^{-9}A^2 - 1.95 \times 10^{-5}A + 4.23 \times 10^{-2}$	1

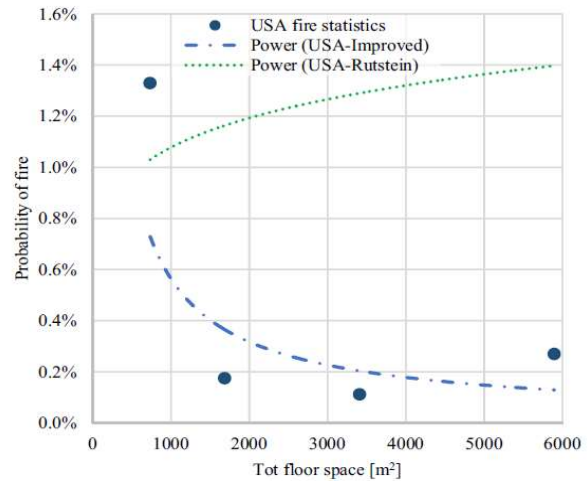
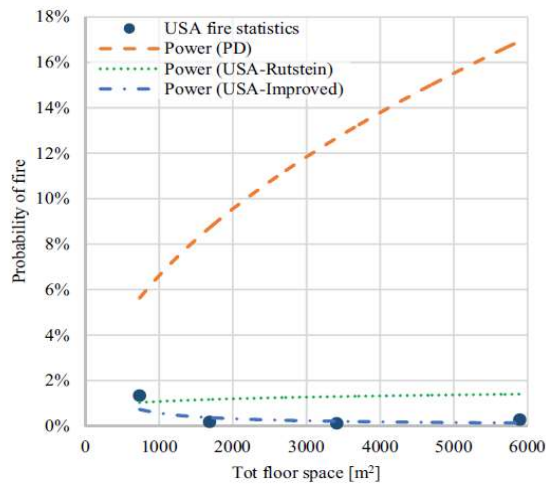
Table 3
continued

	PD 7974-7		USA fire statistics						
	Power law		Power law (+ ve b)		According to dots graph probability of fire—tot floor space			Improved form	
	[Power (PD)]		[Power (USA-Rutstein)]		[Power (USA-Improved)]			[Poly (USA-Improved)]	
	a	b	a	b	a	b	R ²	Law	R ²
Trend in Figs. 5, 6, 7, 8, 9 below									
Storage	0.00067	0.5	0.0023	0.0392	0.0001	0.349	0.405	$- 3.75 \times 10^{-17}A^3 + 7.26 \times 10^{-12}A^2 - 9.90 \times 10^{-8}A + 0.0019$	0.993
Shops	0.000066	1	0.0010	0.0589	0.00005	0.4514	0.927	$4.88 \times 10^{-17}A^3 - 4.61 \times 10^{-12}A^2 + 2.25 \times 10^{-7}A + 0.0008$	0.997
Offices	0.000059	0.9						$- 1.10 \times 10^{-16}A^3 + 1.13 \times 10^{-11}A^2 + 9.35 \times 10^{-8}A + 0.0031$	
Hotels	0.00008	1	0.0037	0.0125	0.0003	0.366	0.673	$- 2.37 \times 10^{-12}A^2 + 4.71 \times 10^{-7}A + 0.004$	0.991
Hospitals	0.0007	0.75	0.0029	0.0115	0.0001	0.4867	0.839	$2.92 \times 10^{-16}A^3 - 7.76 \times 10^{-12}A^2 + 1.04 \times 10^{-7}A + 0.0010$	0.742
Schools	0.0002	0.75	0.0012	0.0101	0.0002	0.2179	0.768		0.983

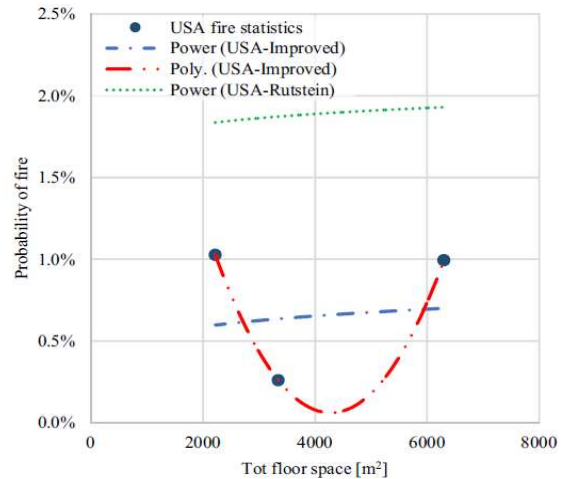
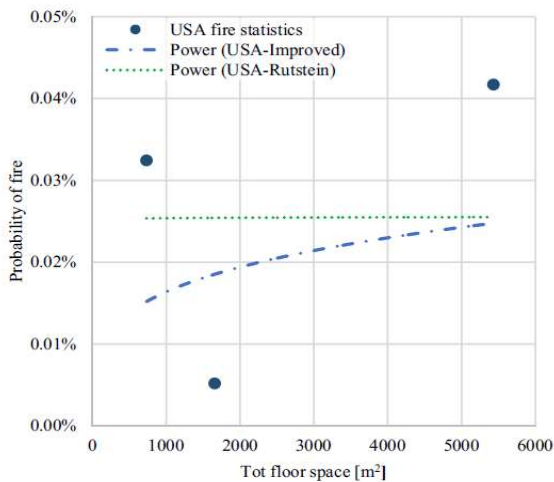
Vedlegg C – Grafisk fremstilling av Tabel A.1 i PD 7974-7:2003 utvidet

Diagrammer er direkte hentet fra rapporten *A Critical Evaluation of BS PD 7974-7 Structural Fire Response Data Based on USA Fire Statistics*. Diagrammene er vedlagt for å gi en grafisk fremstilling av betydningen av å bruke eldre respektive aktuell statistikk ved beregning av sannsynligheten for brann.

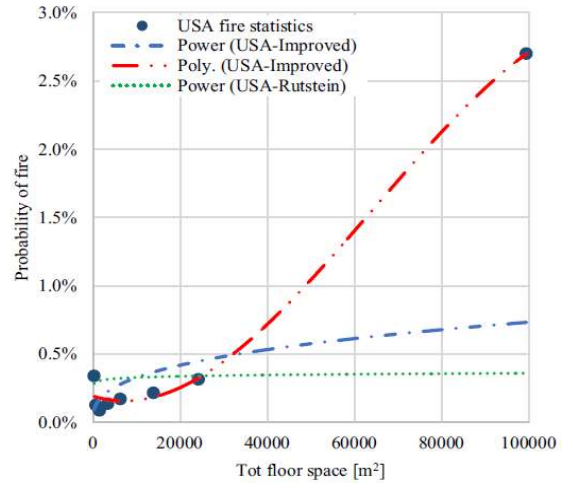
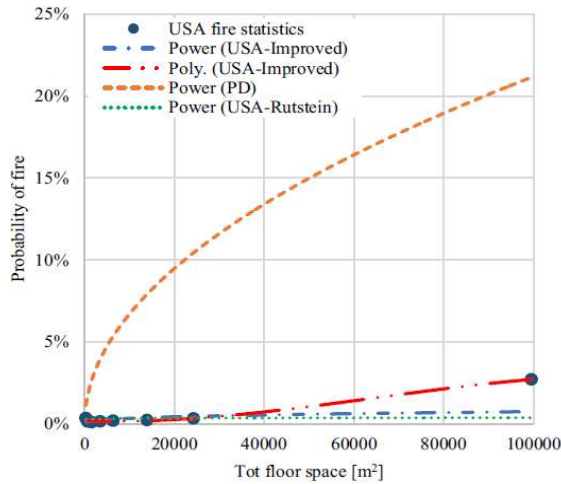
Probability of fire starting in Industry and manufacturing, figure 3



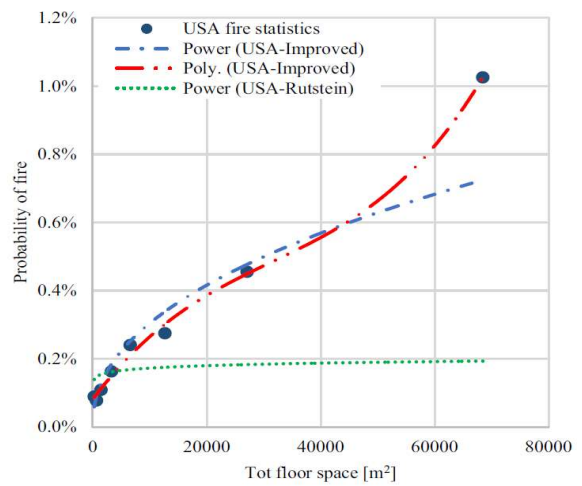
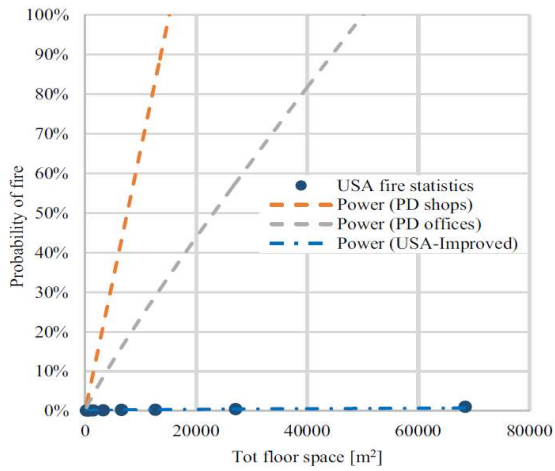
Probability of fire starting in chemical and allied industry and other manufacturing, figure 4



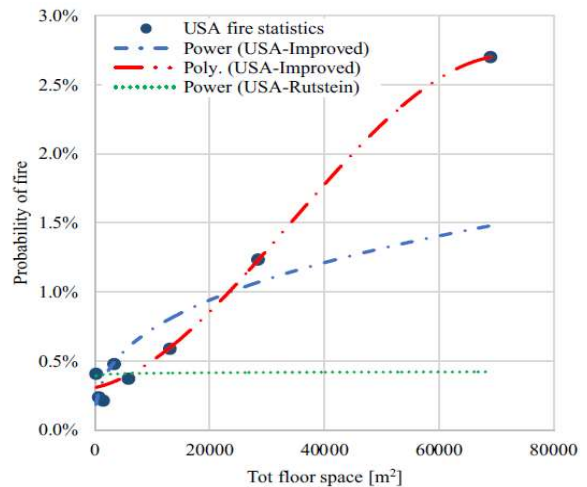
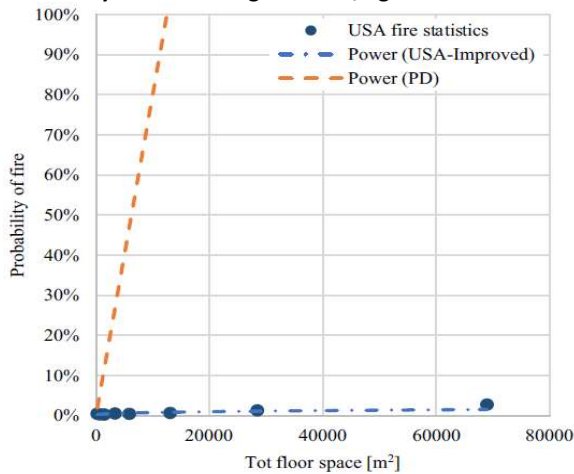
Probability of fire starting in Storage, figure 5



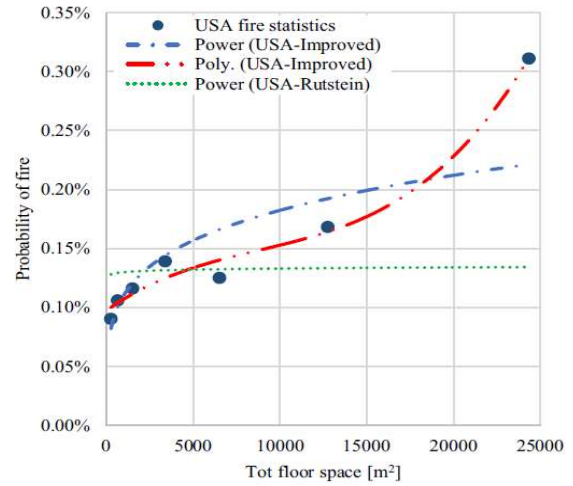
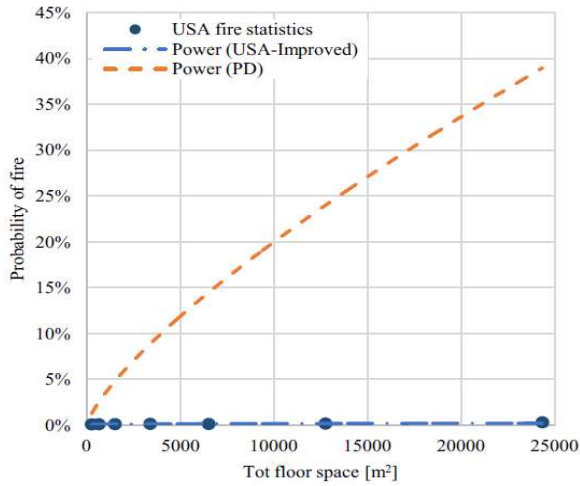
Probability of fire starting in Shops and Offices (Mercantile, Business), figure 6



Probability of fire starting in Hotels, figure 7



Probability of fire starting in Schools, figure 8



Probability of fire starting in Hospitals, figure 9

