

## BIM og Brann

Hvordan kan digitale løsninger gjøre det lettere og bedre å prosjektere løsninger for økt brannsikkerhet

Hadil Saad Abdallah

[Gradering: Åpen]

Bachelor i ingeniørfag - bygg  
Innlevert: 22mai 2023  
Veileder: Christoph Merschbrock

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for vareproduksjon og byggingsteknikk

Oppgavens tittel:	Dato: 22.05.2023		
BIM og Brann	Antall sider: [50]		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	x
Navn: Hadil Saad Abdallah			
Veileder: Christoph Merschbrock			
<p>Sammendrag:</p> <p>Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap (DSB) har registrert at i snitt så er det 61 personer som omkommer i brann hvert år. «Over 80 prosent av alle de omkomne i brann har omkommet i boligbrann» (DSB, 2023). I tillegg viser jeg til DSBs brannstatistikk for 2022 som hevder at det var totalt 2978 branner i norske bygg. Dette betyr at boligbrann fortsatt er et stort samfunnsproblem i Norge. De samlede kostnadene for bygghelaterte branner kan anslås til et sted mellom 5000 og 8000 millioner kroner årlig (NOU 1999:4, 1999). De siste årene har den norske byggeindustrien investert i nye systemer for digital prosjektering, nemlig Bygnings Informasjons Modellerings (BIM). BIM er et system som kan støtte analyseprosesser som kan føre til forbedret brannsikkerhet i Boligbygg (Kincelova et al., 2020). Denne bacheloroppgaven undersøker hvordan BIM blir brukt i dag for brannsikkerhetsprosjektering i norske byggeprosjekter og legger til noen ideer for forbedringer i industriell praksis for å øke brannsikkerheten. Datainnsamlingen er basert på en rekke intervjuer med eksperter i industrien som jobber praktisk med brannsikkerhet i prosjekter som arkitekter, ingeniører, eller byggherrerrepresentanter. Resultatene indikerer at bruken av BIM er mer utbredt i nye prosjekter. Imidlertid viser undersøkelsen at en betydelig andel av brannsikkerhetsingeniører ikke utnytter alle funksjonene til BIM fullt ut. Videre viser studien at det er fordeler med å implementere BIM innenfor brannsikkerhet og det kan hjelpe til å gjøre branningeniørene mer effektive. Men det er mange hindringer som må overvinnes for å få det til å fungere i industrien. Disse hindringene kan være at brannrådgivere ikke er direkte involvert i BIM-prosjekter, og at de mangler kunnskap for å jobbe og kommunisere med andre fag i en BIM-omgivelse. Dessuten har det ikke vært noen krav som tvinger bransjen til å ta i bruk BIM i større grad. Det finnes imidlertid flere måter å komme rundt hindringene på. Det må være krav til bruk av BIM i brannprosjektering for å få brannrådgivere til å involvere seg og utføre arbeidet i BIM. Dessuten bør bruk av 3D-modelleringsverktøy bli en del av branningeniørutdanningen.</p> <p>Ettersom bruken av BIM øker og blir tilgjengelig for stadig flere bygninger, kan det potensielt også bli et verktøy for brannvesenet. 3D-modellen i BIM kan hjelpe brannmennene med å øke deres situasjonelle bevissthet og gi ekstra informasjon om bygningene de griper inn i. Dette kan muligens bidra til å redde liv.</p>			

Stikkord:

BIM
Brannsikkerhet
Evakuering
Brannteknikk



(sign.)

# Forord

Denne bacheloroppgaven markerer slutten på mine tre år ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet i Gjøvik. Denne oppgaven ble utarbeidet for semesteret våren 2023

Først og fremst vil jeg takke min veileder Christoph Merschbrock for hans verdifulle veiledning og støtte gjennom hele forskningsprosjektet. Hans ekspertise og engasjement har vært avgjørende for å hjelpe meg med å utvikle mine ferdigheter som forsker, og for å sette retningen for denne artikkelen.

Jeg er også veldig takknemlig overfor familien min for deres ubetingede kjærlighet og oppmuntring i mine akademiske bestrebelser. Deres støtte og tillit til meg har alltid vært en kilde til motivasjon for meg, og jeg er veldig heldig som har en så fantastisk familie.

Til slutt vil jeg takke alle som har bidratt til dette forskningsprosjektet, enten de har deltatt i intervjuer eller gitt tilbakemeldinger på arbeidet mitt. Deres innsikt og tilbakemeldinger har vært avgjørende for å hjelpe meg med å forbedre og avgrense denne artikkelen.

Det er mitt håp at denne forskningen bidrar til den pågående samtalen om BIM og brannsikkerhet, og at den kan være en nyttig ressurs for de som er interessert i feltet.

Hadil Saad Abdallah

# Abstract

The Directorate for Civil Protection and Emergency Planning (DSB) has recorded an average of 61 fatalities in fires each year. "Over 80 percent of all fire-related fatalities occur in residential fires" (DSB, 2023). Additionally, according to DSB's fire statistics for 2022, there were a total of 2978 fires in Norwegian buildings. This indicates that residential fires continue to be a significant societal problem in Norway. The total costs of building-related fires can be estimated to be between 5000 and 8000 million Norwegian Kroner annually (NOU 1999:4, 1999). In recent years, the Norwegian construction industry has invested in new digital design systems, namely Building Information Modeling (BIM). BIM is a system that can support analysis processes leading to improved fire safety in residential buildings (Kincelova et al., 2020). This bachelor's thesis examines how BIM is currently used for fire safety design in Norwegian construction projects and suggests ideas for improving industrial practices to enhance fire safety. Data collection is based on a series of interviews with industry experts working practically with fire safety in projects, such as architects, engineers, or client representatives. The results indicate that the use of BIM is more prevalent in new projects. However, the survey reveals that a significant proportion of fire safety engineers do not fully utilize all the features of BIM. Furthermore, the study shows that there are benefits to implementing BIM in fire safety and that it can help make fire engineers more efficient. However, there are many obstacles that need to be overcome to make it work in the industry. These obstacles may include fire consultants not being directly involved in BIM projects and lacking knowledge to work and communicate with other disciplines in a BIM environment. Moreover, there have been no requirements forcing the industry to adopt BIM to a greater extent. However, there are several ways to overcome these obstacles. There should be requirements for the use of BIM in fire design to encourage fire consultants' involvement and execution of work in BIM. Additionally, the use of 3D modeling tools should be incorporated into fire engineering education.

As the use of BIM increases and becomes available for more buildings, it can potentially also become a tool for the fire service. The 3D model in BIM can assist firefighters in enhancing their situational awareness and provide additional information about the buildings they intervene in. This could potentially help save lives.

## Forkortelser

<b>Forkortelser</b>	<b>Betydningen</b>
BIM	Building Information Modeling
FDVU	Forvaltning, Drift, Vedlikehold og Utvikling
IFC	Industry Foundation Classes
RIBr	Rådgivende Ingeniør Byggeteknikk.
PBL	Plan og bygningsloven
DSB	Direktoratet for Samfunnsikkerhet og Beredskap
AEC	Architecture, Engineering, and Construction
PBL	Plan og bygningsloven
PDT	Prosjekterings- og Dokumentasjonsverktøy
3D	Tredimensjonal form
ISO	International Organization for Standardization
LCA	Livssyklusanalyse
TEK17	Teknisk Forskrift av 2017

ABS	Agent-Based Simulation
FDS	Fire Dynamics Simulator
CFD	Computational Fluid Dynamics
CAD	Computer-Aided Design
SMV	Smokeview
API	Application Programming Interface
MEP	Mechanical, Electrical, and Plumbing Engineers
NFPA	National Fire Protection Association
GNM	Geometrisk Nettverksmodell
IoT	Internet of Things
AI	Artificial Intelligence
BOA	Biljardinspirerte Optimaliseringsalgoritmen

# Innholdsfortegnelse

## Innhold

Forord .....	ii
Abstract .....	iii
1 Introduksjon .....	1
1.1 Innledning .....	1
1.2 Bakgrunn .....	2
1.3 Problemstilling.....	2
1.4 Oppgavens oppbygging .....	3
2 Teoretisk bakgrunn om bruk av BIM i Brannsikkerhet .....	5
2.1 BIM – Building Information Modeling .....	5
2.2 Brannsikkerhet i byggprosjekter.....	9
2.3 BIM og Brannsikkerhet .....	12
2.4 Fordelene med BIM-bruk for brannsikkerhet.....	20
3 Valg av metode.....	22
3.1 Litteratursøk.....	22
3.2 Intervju.....	23
4 Mine funn fra intervjuene.....	25
4.1 Besvarelser til Respondenter .....	25
5 Oppsummering av funnene fra intervjuene .....	32
6 Diskusjon og analyse.....	37
7 Konklusjon .....	43
8 Litteraturliste .....	44
9 Vedlegg .....	50
Intervjuguid .....	50

# Figurliste

Figur 1 Oppgavens Oppbygging (egen utvikla).....	3
Figur 2 Byggeprosjektets livssyklus (Nordic BIM Group, u.å.) .....	6



# Tabelliste

Tabell 1 viser definisjon av BIM.....	6
Tabell 2 programmer som brukes sammen med BIM-verktøy for brannprosjektering. ....	17
Tabell 3 løsninger som kan hjelpe med å redusere røykspredning og forbedre sikker evakuering. ....	20
Tabell 4 gir en oversikt over de ulike respondentenes roller i bransjen.....	24

# 1 Introduksjon

## 1.1 Innledning

De siste årene har det vært en økende bekymring for brannsikkerhet for bygninger over hele verden. Brann er en av de største risikoene som truer bygninger og påvirker beboerne, og det vil da være kritisk at brannsikkerheten er så god som mulig. Det viser seg at DSBs brannstatistikk for 2022 viser at det var totalt 2978 branner skjedde i norske bygg. Dette betyr at boligbrann fortsatt er et stort samfunnsproblem i Norge. Det er da viktig å undersøke temaet for å redusere de ødeleggende effektene av branner.

Det er derfor behov for bedre brannsikring av norske bygninger. For å sikre også kulturelle verdier og historiske bygninger, vil det ofte være nødvendig med bedre brannsikring enn det loven krever (Riksantikvaren, 2022). Og som bygg- og konstruksjonssektoren i Norge fortsetter å utvikle seg, øker behovet for innovative løsninger som kan optimalisere brannsikkerhet i byggeprosjekter. BIM har fremstått som et verdifullt verktøy i denne sammenhengen, og gir støtte under ulike stadier av byggeprosessen, inkludert brannsikkerhet. På brannvernkonferansen i 2022 BIM ble det holdt foredrag om bruken av BIM i byggeprosessen. BIM innen brannsikkerhet ble bedre kjent i norske byggeprosjekter etter at dette temaet ble tatt opp på den konferansen (Fremtidens Byggenæring, 2022).

BIM er en digital representasjon av et bygg som gir mulighet for samarbeid og kommunikasjon mellom ulike parter involvert i byggeprosessen (Fremtidens Byggenæring, 2022). Bruk av BIM for brannsikkerhet gir større kontroll og nøyaktighet, noe som er viktig for sikkerheten til beboerne i bygningen (Haave, 2021). I denne bacheloroppgaven vil jeg utforske de ulike anvendelsene av BIM i brannsikkerhet og hvordan BIM blir brukt i dag i brannprosjektering i norske byggeprosjekter. Videre vil jeg legge til noen ideer for forbedringer i industriell praksis for å øke brannsikkerheten.

## 1.2 Bakgrunn

Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap (DSB) har registrere at i snitt så er det 61 personer som omkommer i brann hvert år fra 1979 til i dag. «Over 80 prosent av alle de omkomne i brann har omkommet i boligbrann» (DSB, 2023). DSBs brannstatistikk for 2022 viser at det var totalt 2978 branner i norske bygg. Dette betyr at boligbrann fortsatt er et stort samfunnsproblem i Norge. De samlede kostnadene for byggrelaterte branner, kan anslås til et sted mellom 5000 og 8000 millioner kroner årlig (NOU 1999:4, 1999). De siste årene har den norske bygge industrien investert i nye systemer for digital prosjektering, nemlig Bygnings Informasjons Modelling (BIM). BIM er et system som kan støtte analyseprosesser som kan føre til forbedret brannsikkerhet i boligbygg (Kincelova et al., 2020).

BIM kan også være til stor hjelp i brannsikkerhetsprosjektering, da den bidrar til å redusere risiko, øke sikkerhet og forbedre effektiviteten. I tillegg lar BIM branningeniører ha større kontroll over sine data og kan eliminere utfordringer som oppstår når arkitekten manuelt legger inn brannsikringsdata. (Haave, 2021)

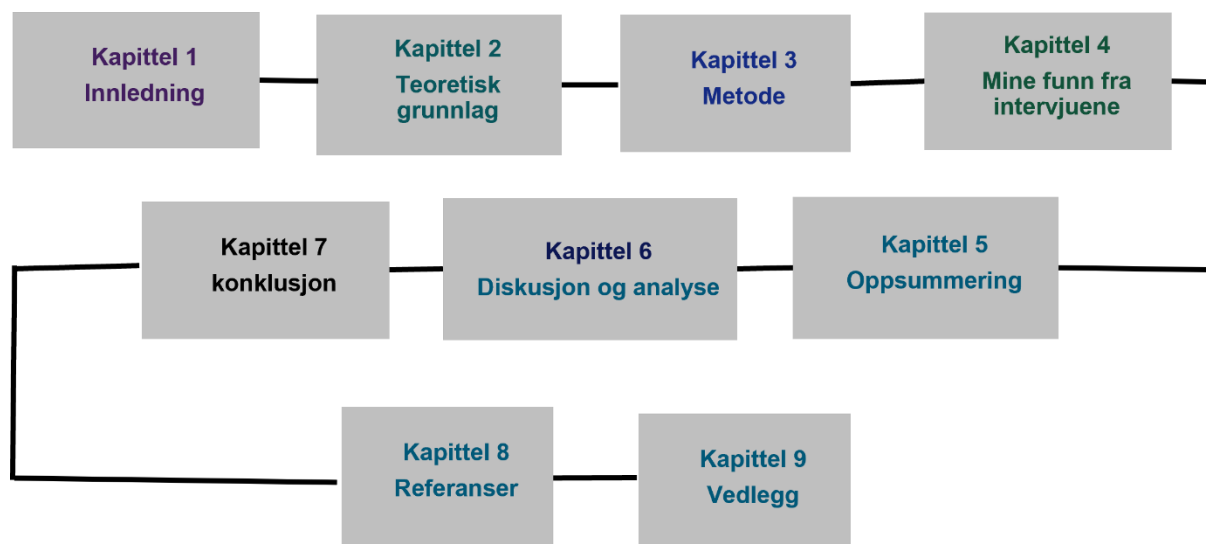
## 1.3 Problemstilling

Problemstillingen er utarbeidet med et ønske om å ta opp viktigheten av BIM i brannsikkerhetsfeltet i norske byggeprosjekter i dag. Min problemstilling ble da:

### **Hvordan kan BIM være til støtte under brannprosjektering i norske byggprosjekter?**

For å kunne besvare denne problemstillingen, har jeg gjennomført en rekke intervjuer med eksperter i industrien som jobber praktisk med brannsikkerhet i prosjekter som arkitekter, ingeniører, eller byggherrerepresentanter.

## 1.4 Oppgavens oppbygging



Figur 1 Oppgavens Oppbygging (egen utvikla).

### **Kapittel 1: Innledning**

Dette kapittelet introduserer bacheloroppgave tema, og tar for seg innledning, bakgrunnen for oppgaven, dens problemstilling og en beskrivelse av oppgavens oppbygging.

### **Kapittel 2: Teori**

Dette kapittelet presenterer den teoretiske bakgrunnen for oppgaven. Jeg vil gjennomgå relevant litteratur om hva BIM er og hvordan det brukes i byggprosjekter. Deretter vil jeg se på hvordan brannsikkerhet påvirker byggeprosjekter, og hvilke krav og standarder som gjelder på området. Videre vil jeg diskutere hvordan disse to områdene henger sammen.

### **Kapittel 3: Metode**

Dette kapittelet beskriver metodene jeg har benyttet for å innhente og vurdere data til å belyse problemstillingen.

#### **Kapittel 4: Mine funn fra intervjuene**

I denne delen av oppgaven presenterer jeg besvarelsene av respondentene, hvor jeg presentere en sammenstilling av svarene fra intervju spørsmålene om brannteknisk prosjektering i BIM.

#### **Kapittel 5: oppsummering av funnene fra intervjuene**

I dette kapitlet oppsummerte jeg resultatene fra undersøkelsen.

#### **Kapittel 6: Analyse og Diskusjon**

Dette kapitlet analyserer resultatene fra mitt intervjuene, og diskuterer hvordan BIM kan være til nytte for brannsikkerhetsfeltet og brannvesenets arbeid.

#### **Kapittel 7: konklusjon**

Jeg avsluttet bacheloroppgaven min med en oppsummering av hovedfunn.

## 2 Teoretisk bakgrunn om bruk av BIM i

### Brannsikkerhet

Dette kapittelet beskriver de viktigste teoretiske begrepene som er knyttet til BIM og hvordan den kan brukes i brannvernteknikk. Først vil jeg gi en innføring i hva BIM er og hvordan den brukes i byggprosjekter. Deretter vil jeg se på hvordan brannsikkerhet påvirker byggeprosjekter, og hvilke krav og standarder som gjelder på området. Videre vil jeg utforske kobling mellom BIM og brannsikkerhet og hvordan BIM kan brukes til å forbedre brannsikkerheten i byggprosjektering.

#### 2.1 BIM – Building Information Modeling

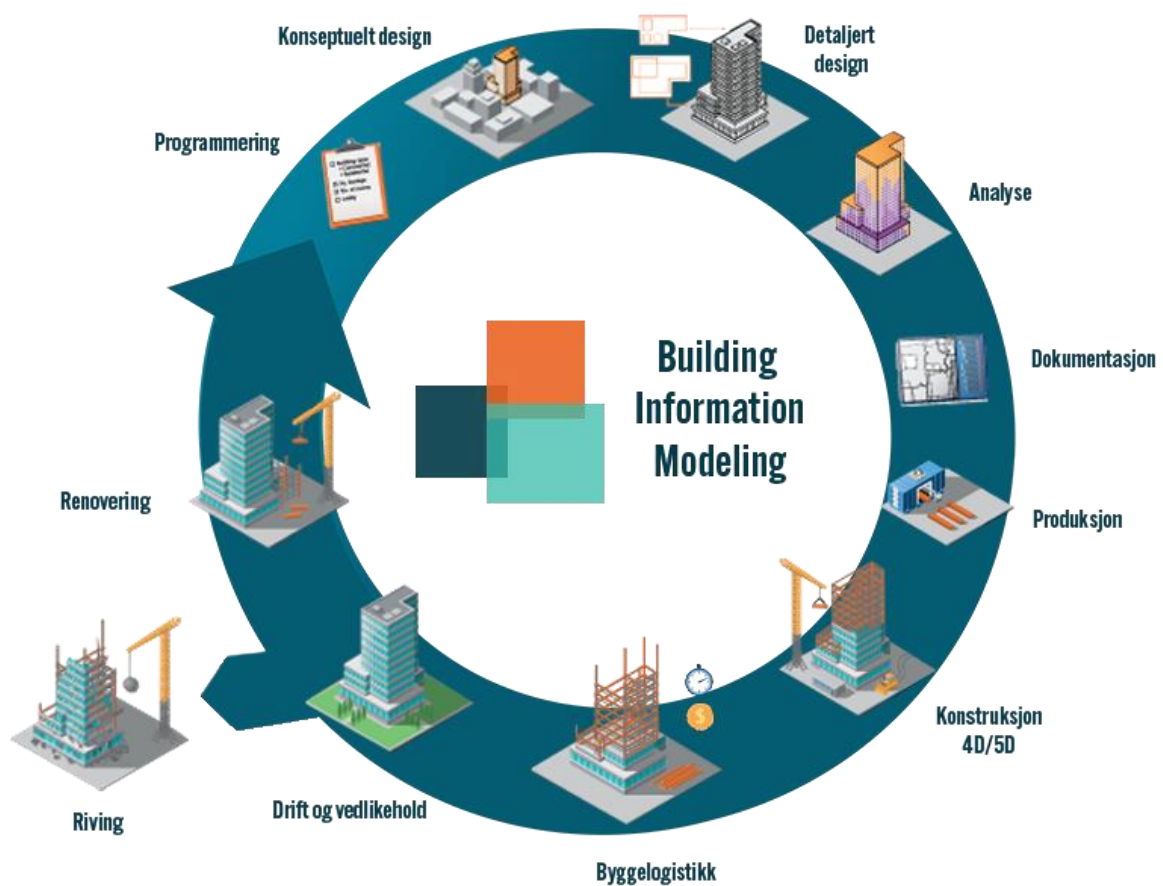
BIM- står for Building Information Modeling, og det innebærer å opprette og administrere informasjon om et bygg (NDLA, u.å.). Det finns mangfoldige definisjoner av BIM og tabell 2-1 viser hvordan ulike aktører i byggebransjen definerer BIM.

Kilde	Definisjon
STATSBYGG	«BIM er en av de sentrale tiltakene i digitaliseringen av byggenæringen og vil være et nav i informasjonsutveksling i en digital framtid» (Statsbygg, u.å.).
AUTODESK	«Building Information Modeling (BIM) is an intelligent 3D model-based process that gives architecture, engineering, and construction (AEC) professionals the insight and tools to more efficiently plan, design, construct, and manage buildings and infrastructure. » (Autodesk, u.å.).
Jensen Hughes	«By using an aggregate model (typically 3D), BIM provides an intelligent, model-based process for collaborative design of a building throughout its life cycle. The benefit of BIM is that it ultimately enables digital prototyping of the building. This allows an individual to check

<i>every detail before starting the construction and permit process to manage future changes better. » (Bigdeli, 2022).</i>
---

Tabell 1 viser definisjon av BIM

Det alle de tre definisjonene i tabell 2-1 har til felles er at BIM er en tre-dimensjonal byggemodell som tar hensyn til alle aspekter av et byggprosjekt fra design til ferdigstilling. Det viser seg i figur 2.



Figur 2 Byggeprosjektets livssyklus (Nordic BIM Group, u.å.)

BIM er en metode for å samle all informasjon om et bygg i én modell. Det inkluderer alt fra geometrisk informasjon og materialbeskrivelser til faktiske målinger, tidsplaner og kostnadsberegninger. BIM-teknologi er dermed en slags digital tvilling av et fysisk bygg (Nordic BIM Group, u.å.). Ved å bruke BIM-teknologi i byggeprosjekter oppnår man bedre effektivitet, samarbeid og kommunikasjon mellom alle aktørene. BIM kan også brukes gjennom alle faser av byggeprosessen, fra ide og planlegging til drift og vedlikehold (Grong, 2013).

BIM er mer enn en 3D-modell, og inkluderer også digitalisering av produktdata. Entreprenører og forvaltere trenger mer enn bare utseendet på et produkt, de trenger også informasjon om ytelsene. Tradisjonell produktinformasjon i form av datablader og brosjyrer i PDF-format kan være upraktisk og tidskrevende å bruke i BIM-prosjekter. En løsning er å bruke en datamal kalt en PDT, som lar deg digitalisere produktdata og eksportere det i ulike formater og oversette til forskjellige språk. PDT-er lar brukere koble varierende typer og mengder av data til objekter fra prosjekt til prosjekt, og er nyttige når man vil ha kun de produkttegenskapene som trengs i prosjektet inn i 3D-objektet (Cobuilder, u.å.). Å løfte produktinformasjon ut fra dokumenter og filer og lagre den som fleksible, søkbare og interoperable data er viktig for BIM-prosjekter. (Cobuilder, u.å.).

BIM brukes også som et verktøy for å sikre bærekraftig planlegging og drift av bygg. Ved å skape en digital modell av bygget med all teknologi inkludert, kan utførende fagarbeidere arbeide etter oppdaterte planer og unngå misnøye, forsinkelser og kostnadsøkninger (Caverion, u.å.).

Bruk av BIM gir bedre forståelse for det som skal bygges og reduserer produksjonstid og kostnader ved å avdekke eventuelle feil før byggingen starter (KarriereStart, u.å.). BIM-modellen kan også inneholde viktig informasjon som konstruksjonsteknikker, materialer og energiforbruk, som kan hjelpe kundene å gjøre mer kunnskapsrike valg når det gjelder byggprosjekter.



## Hvordan fungerer BIM i byggprosjekter?

BIM fungerer ved at det opprettes og administreres informasjon om et bygg i en digital modell. Modellen inkluderer alle aspekter av bygget, fra geometri til materialer og definisjoner av funksjoner. BIM lar ulike fagpersoner samarbeide og dele informasjon i sanntid, noe som fører til en mer effektiv byggeprosess (Bråten og Wold, 2020). Ved å bruke BIM-teknologi kan prosjekteringsprosessen effektiviseres ved å identifisere og løse eventuelle problemer i det digitale rommet før de oppstår i den fysiske byggeprosessen. Denne teknologien gjør det også mulig å generere FDVU-informasjon som kan brukes til å vedlikeholde og forbedre bygget i fremtiden. BIM er derfor et svært nyttig verktøy for å optimalisere kostnad/nytteeffekt gjennom hele byggets livssyklus (Kristiansen, 2011).

BIM-prosessen kan deles inn i fire deler: planlegging og design, utførelse, forvaltning og vedlikehold. I planleggings- og designfasen bruker man BIM-modeller for å visualisere og simulere bygget. Det er viktig å ha kommunikasjon og samarbeid med alle aktørene. I utførelsesfasen brukes BIM-modeller til å koordinere og optimalisere arbeidet. I forvaltningsfasen brukes BIM til dokumentasjon og effektiv drift av bygget og i vedlikeholdsfasen brukes BIM til planlegging av vedlikehold og oppdatering av modellen. (Nordic BIM Group, u.å.)

BIM støtter seg på modelleringsmetoden Industry Foundation Classes (IFC), som muliggjør samarbeid innenfor BIM-modellen. En IFC BIM-fil inneholder bygningsgeometri og bygge data. Disse inkluderer all informasjonen som finnes i BIM-filen og noen underoppsett av den informasjonen. Transformasjon av egen data i en IFC-fil er en måte å utveksle data mellom applikasjoner (Plannerly, 2023).

Utvekslingsformater for BIM-data, som IFC, brukes til å lette samarbeid mellom forskjellige interessenter i et prosjekt. IFC er en åpen internasjonal standard som er ISO-sertifisert og tillater IFC-baserte funksjoner å deles på tvers av et bredt spekter av maskinvareenheter og programvareplattformer. IFC-filer er avgjørende for BIM-datautveksling, og IFC-modeller deles mellom programvareapplikasjoner for bedre samarbeid (Plannerly, 2023).

## **2.2 Brannsikkerhet i byggprosjekter**

Brannsikkerhet er en av de viktigste aspektene som må vurderes i et byggprosjekt. Når det gjelder byggeprosjekter, bør sikkerhet alltid ha topp prioritet. Derfor er det viktig å starte brannsikkerhetsprosjektering tidlig i byggeprosessen. Det er en rekke faktorer som påvirker brannsikkerheten i byggeprosjekter, inkludert byggetekniske krav og forskrifter, materialvalg og risikovurderinger.

### **Plan og bygningsloven for brannsikkerhet**

I Norge blir brannsikkerhet for bygninger regulert av Plan- og bygningsloven (PBL). Dette lover sikrer at byggene tilfredsstillere brannsikkerhetskravene før byggingen tillates. Denne forskriften gjelder både for nye bygg og endringer i eksisterende bygg, inkludert endringer i bruksområde eller tillegg av etasjer. PBL beskriver to forskjellige modeller for planlegging av brannsikkerhet: en forenklet modell og en analytisk modell. Loven gir også retningslinjer for nødvendig dokumentasjon knyttet til brannsikkerhet både under bygge- og bruksfasen.

Det er viktig å huske at PBL ikke spesifiserer spesifikke tekniske løsninger for brannsikkerhet. Slike løsninger krever individuell vurdering og dokumentasjon. Hvis det skjer endringer i bygningen, vil veiledningen i Teknisk forskrift (TEK) regulere endringen av risikoklasser. Det er viktig å følge oppdaterte veiledere og forskrifter, da eldre temaveiledere bare kan brukes hvis de ikke dekkes av nyere publikasjoner og forskrifter (Dibk, 2017). Ved å følge PBL for brannsikkerhet kan byggherrer prioritere sikkerheten til beboerne i bygningen og redusere risikoen for brannrelaterte dødsfall og skader (Dibk, 2017).

### **Krav i byggverk for brannsikkerhet**

Byggeteknisk forskrift er en forskrift som tar for seg krav til teknisk standard og sikkerhet for nye og eksisterende bygg. Forskriften er utarbeidet av Direktoratet for byggkvalitet og er juridisk bindende, det vil altså si at det er lovpålagt å følge forskriften. Forskriften som blir brukt for brannsikkerhet er "Tekniske krav til byggverk - 2017", forkortet som "TEK17", og

inneholder krav som skal sikre at bygninger er tilstrekkelig godt nok brannsikret. Videre skal jeg undersøke nærmere hva forskriften omfatter.

### **Sikkerhet ved brann – I Kapittel 11 i TEK17 –**

Kapittel 11 – Sikkerhet ved brann er et viktig kapittel i TEK17 da den omhandler sikkerhetstiltak som kreves ved brann. Brannsikkerhetsstrategien fastsetter risikoklassen som legger grunnlaget for krav og ytelser vedrørende brannalarm og motstandsprøving av produkter som brukes i ventilasjonsanlegg. Dette kapitlet skisserer også generelle krav til rømning og redning, tiltak mot brannspredning mellom bygninger, materialers og produkters egenskaper ved brann og brannvesen. Videre spesifiseres det at bygninger skal deles inn i brannceller som hindrer spredning av brann og branngasser til andre brannceller i lang nok tid til rømning og redning. Brannklasser fastsettes ut fra hvilke konsekvenser en brann kan ha for skade på liv, helse, sosiale interesser og miljø (Lovdata, 2017). Byggearbeider skal prosjekteres og utføres på en måte som gir tilfredsstillende sikkerhet for personer under brann (DIBK, 2017).

#### **§11-10. Tekniske installasjoner**

Byggteknisk forskrift TEK17 § 11-10 omhandler tekniske installasjoner ved brann. Tekniske installasjoner, som brannalarmer, slokkeanlegg og røykkontrollsystemer, skal designes, konstrueres og installeres slik at de bidrar til oppdagelse, varsling og kontroll av branner. De tekniske installasjonene skal også testes og vedlikeholdes jevnlig for å sikre at de fungerer som de skal ved brann. I bygninger med spesielt høy risiko, som sykehus, sykehjem og høyhus, skal det installeres automatiske slokkeanlegg. Målet med denne paragrafen er å sikre at tekniske installasjoner spiller en viktig rolle i brannsikkerheten og bidrar til å redusere faren for brannspredning og skade på mennesker, eiendom og miljø (DIBK,2017).

### **§ 11-11. Generelle krav om rømning og redning**

Byggteknisk forskrift TEK17 § 11-11 skisserer de generelle kravene til rømning og redning ved brann. Den sier at skilt, symboler og tekst som angir rømningsveier og sikkerhetsutstyr skal kunne leses og forstås ved brann eller røyk (DIBK, 2017). Rømningsvei fra bosted til branncellens utgang skal være tilfredsstillende, og det skal settes inn en sikkerhetsmargin for å sikre at redning kan skje raskt og effektivt. Brannceller skal utformes og innredes slik at varsling, rømning og redning kan skje uten opphold (DIBK, 2017). Derfor må disse kravene oppfylles for å sikre personers sikkerhet ved brann, og muligheten til å evakuere bygget raskt og effektivt (DIBK, 2017)

### **§ 11-6. Tiltak mot brannspredning mellom byggverk**

Byggteknikk forskrift TEK17 § 11-6, gir retningslinjer for tiltak som må settes inn for å hindre brannspredning mellom bygninger. Brannveggene må utformes på en måte som effektivt hindrer brann fra å spre seg mellom bygninger, uavhengig av brannvesenets innsats. Videre må eventuelle åpninger som dører og vinduer i slike vegger, designes og sikres for å minimalisere risikoen for brannspredning til andre bygninger. Sikkerheten til mennesker og dyr er høyt prioritert i utformingen av disse tiltakene. Disse retningslinjene understreker at bygninger må utformes på en forsvarlig måte for å redusere faren for brannstart, -utvikling og -spredning. Implementeringen av tiltakene som er beskrevet i denne paragrafen, vil sikre både mennesker og dyr, og forhindre uforholdsmessig store økonomiske og materielle tap (DIBK, 2017).

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

Byggteknikk forskrift TEK17 § 11-9 omtaler materialers og produkters egenskaper ved brann. Den sier at bygningsarbeider bør utformes og utføres på en måte som minimerer sannsynligheten for at brann starter, utvikler seg og sprer seg, samtidig som det tas hensyn til muligheten for antennelse, varmeavgivelseshastighet, røykproduksjon, utvikling av brennende dråper og tid til overtenning (DIBK, 2017). Forskriften understreker behovet for å hindre uakseptable bidrag til brannutvikling. Veiledningen til innledningen skisserer brannteknikk klassifisering av materialer og produkter, og denne skal tjene som grunnlag for prosjektering

og utførelse av materialer og produkter som bidrar til brannsikkerhet. Samlet sett fokuserer denne delen av forskriften på viktigheten av å velge og bruke materialer og produkter som ikke vil forsterke brannfaren og prioritere brannsikkerhet (DIBK, 2017).

## 2.3 BIM og Brannsikkerhet

BIM er en digital prosess som har revolusjonert måten byggeprosjekter utformes og administreres på. Den er et verktøy som integrerer flere disipliner innen bygningsdesign og konstruksjon i én plattform. En av de avgjørende aspektene ved ethvert byggeprosjekt er brannteknikk. Derfor har blitt BIM-verktøy en viktig del av brannteknikk ettersom de gir nøyaktige simuleringer, analyser og visualisering av brannscenarioer.

Bruken av BIM i brannteknikk har fått økt oppmerksomhet etter Grenfell Tower-brannen som krevde 72 menneskeliv (Siddiqui et al., 2021). Bruken av BIM har også blitt populært i byggebransjen på grunn av dens mange fordeler, BIM gir en effektiv måte å styre byggeprosjekter på, fra planlegging og prosjektering til bygge- og driftsfasen (Novatr, 2022). I brannteknisk sammenheng kan BIM være et verdifullt verktøy for å identifisere potensielle brannfarer og deres innvirkning på hele byggeprosjektet. Da designet av branntekniske systemer er avhengig av geometrien til bygningen, samt HVAC-, mekaniske og elektriske systemer, blir BIM en svært nyttig visuell representasjon av disse systemene (Davidson og Gales, 2021).

Til tross for dette, har integrasjonen mellom BIM og brannteknisk design ikke fått mye oppmerksomhet i faglitteraturen. Bruken av BIM i brannsikkerhetsteknikk går ikke like raskt som andre bransjer, og krever at flere industribedrifter deltar i forskning for bedre situasjonen (Davidson og Gales, 2021). Brannsikkerhetsteknikk har ikke hatt samme grad av nytte av moderne utviklingen som andre konstruksjonsdisipliner. (Bigdeli, 2022).

En annen utfordring er at branningeniøren ikke har like stor rolle som de andre ingeniørene i BIM- prosessen under byggeprosjekter. Dette betyr at de ikke har fullt ansvar for brannsikkerheten i bygningen. I de fleste tilfeller legger arkitekten brannverndata manuelt inn i databasen basert på tegninger og rapporter sendt inn fra branningeniøren. (Haave, 2021).

Ifølge litteraturstudiet har BIM blitt et kraftig verktøy som muliggjør integrering av brannverndata i bygningens modell. Dette gir en mer omfattende forståelse av brannsikkerhet gjennom bygningens livssyklus (Amaro et al., 2017). Ved å bruke BIM kan fagfolk innen brannsikkerhet samarbeide mer effektivt og integrere alle brann- og livssikkerhetssystemer i bygningens modell, ikke bare undertrykking, deteksjon og alarm (Shino, 2013). BIM-verktøy kan også brukes til å lage virtuell virkelighetstrening for brannsikkerhet og design, samt mate IFC-datamodeller inn i brann-dynamiske simulatorer og Pathfinder-verktøy (Amaro et al., 2017).

BIM kan fungere som et samarbeidsorientert miljø for å inkludere brannsikkerhetsinformasjon i bygningsdesignmodeller (Sabbaghzadeh et al., 2022). Integrering av brannsikkerhetsinformasjon i BIM-modeller kan forbedre koordineringen mellom ulike interessenter som er engasjert i brannevakueringdesign. Dette kan oppnås ved å inkorporere brannsikkerhetsrelaterte BIM-objekter og parametere som brannutganger, røykvarslere, brannmotstandsklassifiseringer og bruksbelastning i BIM-modellen.

I tillegg kan integrasjonen av brannevakueringmodeller med BIM lette en toveis datautvekslingsløype, noe som gjør det mulig for fagfolk og myndigheter å få tilgang til evakueringsdata og utføre omfattende sikkerhetsvurderinger mer effektivt. Evac4BIM-verktøyet er et eksempel på et prototypesystem som kobler sammen Revit BIM-plattformen og Pathfinder evakueringssimulatoren, og demonstrerer fordelene med toveis dataflyt mellom BIM og brannevakueringdesignverktøy. Integrering av brannsikkerhetsinformasjon i BIM kan styrke sikkerhetspraksis og gi en helhetlig oversikt over en bygnings brannsikkerhetstiltak, og hjelpe til med tidlig branndeteksjon og evakueringsplanlegging (Yakhou et al., 2022).

### **BIM-verktøy for brannprosjektering**

BIM benytter ulike filformater og verktøy for brannsikkerhet. Disse filformatene og verktøy inneholder informasjon om bygg- og infrastrukturprosjekter, inkludert geometri, materialer, parametere og mer. De spiller en viktig rolle i samarbeide og deling av informasjon mellom ulike faggrupper og aktører i et byggeprosjekt. BIM-programvare tilbyr også ulike verktøy for å oppdage og adressere potensielle brannfarer under design- og konstruksjonsfasene. Ved å integrere brannsikkerhetstiltak i BIM-prosjekter kan prosjekterende og byggherrer sikre at

bygninger oppfyller brannsikkerhetsforskriftene og gir et trygt miljø for beboerne. Det finnes flere programvareverktøy som kan brukes til dette formålet. Tabell nedenfor viser til mange av de mest kjente verktøyene som blir brukt i brannprosjektering og hvordan de bidrar til brannsikkerheten i byggeprosessen.

Verktøy	Beskrivelse
Autodesk Revit	Autodesk Revit er en BIM-programvare som gir fagfolk en omfattende løsning for å designe, bygge og vedlikeholde høykvalitetsbygninger. Programvaren gir verktøy for samarbeid mellom hele prosjektgruppen, og muliggjør en helhetlig tilnærming til byggeprosjekter (Symetri, u.å.).
Bimfire Tools	Bimfire Tools er en nyttig plugin for Autodesk (Bimfire, u.å.). Den lar brannsikkerhetsinformasjon integreres direkte i BIM-prosessen. Utviklet av ledende brannsikkerhetsdesigneksperter med mer enn 35 års dokumentert erfaring (Norén, u.å.). Dette verktøyet er viktig for å designe brannslukkingssystemer ved å bruke BIM 3D-modeller, og det hjelper til med digitaliseringen av brannsikkerhetsdesignaspektene ved prosjekter (Symetri, u.å.).
Solibri	Solibri er programvare for modellsjekk og BIM-kvalitetsvalidering. Dette fører til en forbedring av den digitale designen og BIM-modellene og garanterer at de følger brannsikkerhetsstandarder. Gjennom denne programvaren kan man undersøke og bekrefte designet og BIM-modellene for å redusere risikoen for brann og andre farer. Solibri kan du være trygg på at du opprettholder et feilfritt bygg som vil beskytte både bygning og brukere (Solibri, u.å.).
Agent-Based Simulation (ABS)	Agent-Based Simulation er en teknologi som har blitt brukt for å optimalisere evakueringsruter under bygningsbranner. ABS-simuleringer er basert på å modellere hver enkelt beboer i en bygning som en individuell agent, og deretter simulere deres beslutningstaking og bevegelser under en nødsituasjon. ABS er integrert med BIM for å lage mer effektive beredskapsplaner. ABS gir en omfattende oversikt over hver enkelt passasjers bevegelser, noe som hjelper til med å identifisere hindringer eller flaskehals i evakueringsruter. Denne teknologien lar også bygningsledere og sikkerhetsteam teste ulike evakuerings scenarier for å identifisere de mest effektive og sikre rutene. ABS og BIM gir sammen et kraftig verktøy for å forbedre brannsikkerheten i bygninger (Wehbe og Shahrour, 2021).

<p>Fire Dynamics Simulator (FDS)</p>	<p>FDS er en brannsimuleringsprogramvare som bruker Computational Fluid Dynamics (CFD) til å løse og beregne væskemekaniske kontrolligninger forårsaket av brannscener. Når kombinert med Building Information Modeling (BIM) teknologi, kan FDS brukes til å lage nøyaktige virtuelle modeller av bygninger, som deretter kan brukes til å teste og analysere ulike brannvernstrategier (FDS Tutorial, 2023). FDS-resultatene kan integreres og presenteres i BIM-modellen for orienteringsformål før faktiske redningsaksjoner. Forskere har rapportert at FDS nøyaktig forutsier varmespredningshastighet og røykdifusjonstid med opptil 80 %. FDS fokuserer imidlertid på beregning og har begrensninger i å representere bygningsinformasjon og 3D-visualisering. Det foreslåtte systemet løser denne begrensningen ved å oversette simuleringsresultatene til BIM-modellen, og gir et mer brukervennlig brukergrensesnitt. FDS-resultatene kan brukes av brannmenn til å bestemme overslagstid og tildele team for effektive redningsoperasjoner, og dermed minimere skader blant brannmenn (Chen, Liu, og Wu, 2018).</p>
<p>PyroSim</p>	<p>PyroSim er en programvare utviklet for å komplementere Fire Dynamics Simulator (FDS) utviklet av NIST i USA. Med avanserte brannforskningsfasiliteter og personell forstår PyroSim beregningene av brannsimulering bedre enn noen andre (Thunderhead Engineering, u.å.). Pyrosim brukes til brannodynamikk og evakuerings simuleringer i byggebransjen. Den er basert på Fire Dynamics Simulator (FDS) og Smokeview visualiseringsprogramvare. Pyrosim lar brukere lage komplekse brann- og evakuerings scenarier i bygninger gjennom bruk av CAD (Computer-Aided Design) og BIM (Building Information Modeling) data. Den gjør det også mulig for brukere å analysere termisk og røykbevegelse, brannspredning og effektiviteten av evakueringsruter. Pyrosim gir viktig innsikt for bygningsdesignere og sikkerhetsekspertene for å forbedre bygningssikkerheten og støtter utviklingen av effektive brannevakuering planer (Wehbe og Shahrour, 2021).</p>
<p>Smokeview</p>	<p>Smokeview (SMV) er en kraftig visualiseringsprogramvare som brukes til å analysere og forstå brannsimuleringsdata generert av Fire Dynamics Simulator (FDS). Som en egen programvarepakke tar SMV de detaljerte FDS-dataene og presenterer dem i et allsidig, brukervennlig grafisk grensesnitt. Brannvern ingeniører og tapsetterforskere bruker SMV for å få en bedre forståelse av væskedynamikken til branner i spesifikke strukturer. SMV</p>





	rørrutingstyper basert på forskjellige standarder (AGACAD, u.å.).
MagiCAD	MagiCAD Sprinkler Designer er et kraftig verktøy som gir fullt integrerte spesialiserte sprinklerberegninger til et bredt spekter av globalt anerkjente sprinklerstandarder. Programvarepakken kombinerer en rørmodul og en sprinklerberegningsmodul for Revit og AutoCAD. Dette gjør det mulig for designere å gjøre raske, enkle og effektive beregninger for å konfigurere sprinkleranlegg. Med MagiCAD Sprinkler Calculation-modulen kan designere dimensjonere sprinklerrør og strømningsberegninger. MagiCAD Piping-modulen hjelper dem med å plassere sprinklerhoder og komponenter nøyaktig, som deretter automatisk kan kobles til distribusjonsrør. I tillegg inkluderer MagiCAD Sprinkler Designer MagiCAD Common Tools, som er et omfattende utvalg av smarte produktivitets- og samarbeidsfunksjoner (MagiCAD Group, u.å.).
Archicad	Archicad er en ledende BIM-programvare som passer for alle typer prosjekter. Med Archicad kan brukere slippe kreativiteten løs ved å bruke algoritmiske designverktøy og støtte for store modeller. Programvaren tilbyr også profesjonelle arkitektoniske visualiseringsverktøy som kan oversette konseptuelle design til overbevisende bilder av fremtidige bygninger. Komplette, nøkkelferdige dokumentasjonsverktøy med en kraftig publiseringsarbeidsflyt som overholder lokale BIM-krav er tilgjengelig, noe som betyr at designere kan fokusere på designene sine i stedet for papirarbeid (Nordic BIM Group, u.å.).

*Tabell 2 programmer som brukes sammen med BIM-verktøy for brannprosjektering.*

## **BIM-basert røykspredningsmodellering og evakueringsplanlegging ved brann**

I tilfelle brann og spredning av røyk i en bygning, kan hvert sekund være kritisk og representerer en trussel mot menneskeliv. Derfor er det viktig å ha en gjennomtenkt evakueringsplan og ta hensyn til røykbevegelse ved brann. Fordi røykspredning er en kritisk faktor som kan påvirke evakueringen av beboere i bygningen under en brann, er det viktig å modellere røykspredning og vurdere effekten av brannsikkerhetstiltak på røykbevegelsen.

Litteraturstudien min viser at BIM-verktøyene kan være en effektiv løsning for å finne rømningsveier og redusere evakueringstid for å redde menneskeliv. Tabell nedfor viser noen løsninger som kan hjelpe med å redusere røykspredning og forbedre sikker evakuering.

Løsning	Beskrivelse
Røykspredning med BIM	<p>Bruken av BIM tillater utvinning og lagring av designinformasjon for å utføre de nødvendige beregningene for røykutbredelsesmodellering og optimalisering av brannsikkerhetstiltak. Ved å inkorporere røykspredning i rammeverket, gir den foreslåtte løsningen en helhetlig tilnærming til brannsikkerhetshåndtering på designstudiet, noe som potensielt reduserer dødsfall og skader i tilfelle brann (Sabbaghzadeh et al., 2022).</p> <p>Programvare som Pyrosim gjør det mulig også å modellere røykspredning, synlighet og gasskonsentrasjon i forskjellige områder av en bygning. I en studie om evakuering i et universitetsbibliotek ble Pyrosim brukt til å simulere spredning av røyk og bestemme forholdene ved trappeutganger i tilfelle brann. Denne informasjonen kan brukes til å optimalisere evakueringsruter og øke effektiviteten, for eksempel ved å utvide trapper eller legge til skilt. Disse funnene viser viktigheten av å inkludere BIM-teknologi i planlegging og utforming av offentlige bygninger for å sikre sikker evakuering i nødssituasjoner (Zheng et al., 2022).</p>
Evakueringsoptimalisering	<p>Det er et undersystem for optimalisering av rømningsveier, som dynamisk optimaliserer evakueringsruter basert på det faktiske antallet personer som er til stede i bygget og potensiell trengsel i rømningsveien. Denne funksjonen kan forbedre evakuerings effektiviteten betydelig og redusere evakueringsavstand og tid (Yang et al., 2022).</p>
BIM-basert kodesjekking	<p>Automatisert kodesjekking med et økende antall dedikerte tilnærminger, er et nytt BIM-basert domene som kan forbedre ledelsen av brannsikkerhetsregler i byggdesign (Kincelova et al., 2020)</p>
Nødevakueringsnavigasjon	<p>For å løse dette problemet foreslås et rammeverk for nødevakueringsnavigasjon, som legger vekt på den lokale sikkerhetsytelsen til redningsveien. Rammeverket bruker Building</p>

	Information Modeling (BIM)-informasjon for automatisk å konstruere en geometrisk nettverksmodell (GNM) gjennom Industry Foundation Classes (IFC) og integrerer datasyn for innendørs posisjonering (Deng et al., 2021)
BIM-basert brannsikketssimulering	BIM har blitt integrert med Fire Dynamics Simulator (FDS) og agent-basert modellering (ABM) for å simulere brannsikketssytelsen til bygninger. Imidlertid har tekniske begrensninger og problemer med datainteroperabilitet vært hindringer for å oppnå sitt fulle potensial. For å løse dette problemet er det utviklet et omfattende BIM-basert simuleringsrammeverk som kombinerer FDS og ABM for brannsikkettsstyring. Dette rammeverket muliggjør integrering av menneskelig atferd i evakueringsdesign og undersøkelse av kritiske faktorer som påvirker menneskelig evakueringsytelse (Sun og Turkan, 2020)
Smart brannevakueringssystem	Det foreslåtte smarte brannevakueringssystemet inneholder en tidlig branndeteksjonsmekanisme for å forbedre sikkerheten til beboere i bygningen i en brannsituasjon. Systemet bruker IoT og AI for å overvåke temperatur-, røyk- og karbondioksidnivåer innendørs, identifisere brannkilden og gi raske evakueringsruter. Denne mekanismen tar sikte på å gi rettidige varsler til beboere i bygningen og gjøre dem i stand til å evakuere bygningen raskt og trygt. Som et vesentlig aspekt av systemet spiller den tidlige branndeteksjonsmekanismen en avgjørende rolle for å forhindre dødsulykker forårsaket av brannrelaterte hendelser (Sabbaghzadeh et al., 2022).
Optimalisering av brannsikketstiltak	Det foreslåtte rammeverket for å optimalisere brannsikketstiltak i bygningsdesign inkluderer bruk av en metaheuristisk algoritme for å forbedre effektiviteten og effektiviteten til tiltakene. Nærmere bestemt brukes en binær versjon av den biljardinspirerte optimaliseringsalgoritmen (BOA) under optimaliseringsfasen. Denne algoritmen vurderer alle mulige scenarier og evaluerer virkningen av hvert potensielt sikkerhetstiltak på sikker evakuering samtidig som den tar hensyn til budsjettbegrensninger. Ved å bruke

	BOA kan det foreslåtte rammeverket finne de mest hensiktsmessige brannsikkerhetstiltakene for hvert scenario i en akseptabel tidsramme. Bruken av denne algoritmen gjør det mulig for rammeverket å optimalisere utvalget av brannsikkerhetstiltak som vil øke sikkerheten til beboerne i bygningen samtidig som kostnadene reduseres (Sabbaghzadeh et al.,2022).
Integrering av brannsikkerhet i BIM	Å integrere brannsikkerhet i bygningsinformasjonsmodellering (BIM) er avgjørende for å forbedre koordineringen mellom interessenter og sikre omfattende vurderinger. Dette rammeverket foreslår en toveis dataoverføring mellom BIM og evakueringsdesignverktøy for å gjennomgå bygningsdesignmodeller kombinert med evakueringsdata. Evac4BIM-verktøyet, et åpent kildecodesystem som kobler Revit og Pathfinder, er utviklet for å demonstrere fordelene med toveis dataflyt. Med tilgjengeligheten av Evac4BIM-verktøyet er det nå mulig å integrere brannsikkerhet i BIM-modeller og sikre effektive vurderinger av bygningsdesign (Yakhou et al., 2023)

*Tabell 3 løsninger som kan hjelpe med å redusere røykspredning og forbedre sikker evakuering.*

## 2.4 Fordelene med BIM-bruk for brannsikkerhet

Bruken av BIM for brannsikkerhetstekniske analyser gir flere fordeler. For det første muliggjør BIM registrering og lagring av informasjon gjennom bygningens livssyklus. BIM hjelper også med sikker oppbevaring og enkel tilgang til all relevant informasjon knyttet til bygningdesign, konstruksjon og vedlikehold gjennom hele byggets levetid. Dette representerer en betydelig forbedring i datadeling og åpenhet, i tillegg til å forbedre kvaliteten på konstruksjon og tilhørende livssikkerhetsytelse til bygninger. I tillegg tilrettelegger BIM for mer informert, sammenhengende og effektiv deling av nøkkelinformasjon om brannsikkerhet i bygninger med interessenter (Siddiqui et al., 2021).

Videre BIM gir en fleksibel plattform som muliggjør modellering av evakuering av beboere og spredning av røyk for ulike brannscenarier, noe som bidrar til å identifisere passende

brannsikkerhetstiltak og plassere dem på riktig sted i bygningsdesignet. (Sabbaghzadeh et al., 2022)

For det tredje muliggjør BIM nøyaktig visualisering av byggeprosessen og deteksjon av sammenstøt mellom brannsikkerhetssystemer og andre tjenester som rørleggerarbeid og elektrisitet, noe som fører til effektive koordineringsmøter. I tillegg sparer BIM tid ved inkorporering av brannsikkerhetstjenester, noe som muliggjør transparent kommunikasjon og nøyaktige estimater og fremstilling av materialer. Til slutt letter BIM overholdelse av brannsikkerhetsnormer, da den simulerer hele brannsikkerhetsmekanismen, inkludert designparametere som kreves av myndighetene (Virtual Building Studio, u.å.

## 3 Valg av metode

I dette kapittelet vil jeg presenterer min metode i forbindelse med datainnsamlingen. I metoddelen fremkommer mine valg, begrunnelsen for valg og refleksjon til metoden som forskningen min baserer seg på.

For å oppnå formålet med bacheloroppgaven vil jeg benytte en kvalitativ tilnærming. En kombinasjon av litteraturstudie og intervju som metode. Ved å bruke disse metodene vil jeg få mer helhetlig innsikt om temaet BIM og brann, dessuten vil gi et sterkt grunnlag for å besvare problemstillingen min. Ved å bruke disse metodene vil jeg samle viktige data og informasjon fra relevant litteratur, i tillegg å involvere mennesker med lange erfaringer, dermed gir dette en grundig analyse av dette emnet.

### 3.1 Litteratursøk

Litteratursøk er en prosess der man er aktiv søker etter en relevant og pålitelige kilder som en støtte til en oppgave. For å kunne gjennomføre et effektivt litteratursøk bør man identifisere søkeord og nøkkelbegreper, i oppgaven min søkeord som er relevant er BIM og brannsikkerhet. En annen punkt er å velge relevante søkemotorer og databaser, som Google Scholar. Et punkt til for å kunne gjennomføre litteratursøk er å lese sammendrag og evaluere relevansen, i denne oppgaven har jeg gått gjennom samandragene til de identifiserte kildene for å vurdere relevans. Dette hjelp meg å avgjøre om disse kildene som jeg har brukt gir relevant informasjon i den delen som jeg har brukt litteraturliste.

I startfasen målet er å undersøke om BIM kan forbedre prosessen med brannsikring. Ved å oppdage potensielle brannfarer i bygninger, kan vi evaluere og bestemme hvilke aspekter av brannsikkerhet som kan dra nytte av BIM-teknologi. Jeg vil deretter lage en plan for å implementere disse forbedringene.

Ved litteratursøket skal utforske hvilken informasjon som ligger der ute av BIM og brann. Dette gir meg mulighet til å orientere temaet generelt, og danner et godt grunnlag for min egen kompetanse for å angripe oppgaven mer effektivt. Å være kritisk i litteraturen kan bidra til en mer omfattende og informert diskusjon rundt forskningsspørsmålet mitt, hvor jeg

styrker argumentasjonene og legger et grunnlag rundt oppgaven. Videre brukte jeg tidlige forskning som blitt hentet fra Google Scholar. Hvor forskningen min er rettet mot min problemstilling som handler om forholdet mellom BIM og brannsikkerhet i byggeprosjekter.

Litteraturgjennomgangen ble med andre ord foretatt for å få en dypere forståelse av det aktuelle temaet, noe som ville gjøre det mulig å lage passende intervjuhenvendelser for undersøkelsen.

## 3.2 Intervju

Ordet «intervju» ble dannet av kombinasjonene av ordene «inter» og «vju» som betyr mellom og utsikt. Intervju foregår vanligvis ansikt til ansikt, men nettet har skapt muligheter til at intervju også kan foregå selv om forsker og informantene befinner seg på ulike steder. Telefon, e -post og chatprogrammer kan også benyttes i intervjusituasjoner, noe som innebærer at man kan ha både en muntlig og en skriftlig form (Postholm & Jacobse, 2018).

I bacheloroppgaven min har jeg benyttet meg intervju som en metode for å besvare problemstillingen min. Intervjuene vil gi mer innsikt i hvordan relasjonen mellom brann og BIM blir håndtert i bransjen i dag. Jeg vil basere mine spørsmål på det jeg finner i litteraturstudien, og rette dem mot problemstillingen min, slik at intervjuene blir direkte relevante for oppgaven.

Målet med intervjuet er å samle inn perspektiver og praksis fra en mangfoldig gruppe individer som jobber i ulike stillinger og bransjer relatert til brannsikkerhet. For å nå målet formulerte jeg et sett med spørsmål som ble brukt under planleggingsfasen. Jeg gjennomført semistrukturerte intervjuer for å gi mulighet og fleksibilitet til informantene. I tillegg intervju som metode gir mulighet til å få innsikt i informantenes perspektiver, erfaringer og oppfatninger direkte.

- Intervjuguid/Intervjuskjema

I forkant lagde jeg et intervjuskjema på forhånd. Spørsmålene utformet på forhånd, basert på litteraturen i oppgaven min. Dette brukte jeg for å samle data fra informantene (respondentene). Struktur på intervjuskjema er viktig for å sikre at intervjuet er effektiv og gir



relevant informasjon. I følge Postholm og Jacobsen (2018) et godt strukturert intervju skjema hjelper både intervjueren og intervjuobjektet med å holde seg på tema, sikre at alle relevante spørsmål blir stilt, og at dataene blir samlet på en systematisk måte. Intervjuguid ligger på vedlegget under.

- Informantene / respondentene

Jeg har gjennomført intervjuer med åtte ulike respondentene. Fem av disse har jobbet i forskjellige konsultantselskaper som spesialiserte seg på brannsikkerhet og bruk av BIM i brannprosjektering. Mens to andre har jobbet hos et rådgivende ingeniørfirma som er av de største rådgiverne i Norge på brannteknikk og den siste respondenten hadde tilknytning til brannvesenet.

Det var interessant å se variasjonen av både størrelsen på selskapene og erfaringer til respondentene. Selv om alle mine respondenter jobber innen brannsikkerhetsprosjektering, så var besvarelsene av bruk til BIM var variert. På tabellen nedenfor skrevet jeg en kort rolle til hver av mine respondenter.

Stilling	Rolle i Bransjen
brannprosjekteringsingeniør 1	Brannprosjektering i BIM
Branningeniør 2	Senior branningeniør
Branningeniør 3	Avdelingsleder brannteknikk
Teknisk tegner 4	Teknisk tegner, Arkitekt
Branntnikker 5	Seksjonsleder brannteknikk
Brannsikkerhetleder 6	Gruppeleder brannsikkerhet
Avdelingsdirektør 7	Ansvarlig for fagfeltet BIM, Seksjon for prosjekteringsledelse
Brannsjef 8	Virksomhetsleder Brann- og redning

*Tabell 4 gir en oversikt over de ulike respondentenes roller i bransjen.*

## 4 Mine funn fra intervjuene

I dette kapitlet vil jeg presentere en sammenstilling av svarene fra intervju spørsmålene om brannteknisk prosjektering i BIM. Jeg har intervjuet flere eksperter og fagpersoner innen brannsikkerhetsfeltet og BIM-teknologi for å få innsikt i hvordan BIM kan brukes til å forbedre brannsikkerheten i bygg.

### 4.1 Besvarelser til Respondenter

I dette kapitlet vil jeg presentere funnene fra det innsamlede datamaterialet. For å sikre en klar og oversiktlig fremstilling, har jeg valgt å inkludere de relevante intervju spørsmålene sammen med respondentenes besvarelser under hvert spørsmål. Målet med denne tilnærming er å gi leseren mulighet til å følge spørsmålene og svarene i sammenheng, og ikke minst gir en helhetlig forståelse av funnene.

#### **Spørsmål 1: Hvordan brannsikkerhetsprosjektering foregår i dag?**

I intervjuet med brannprosjekteringsingeniør 1, var hovedfokuset på brannrådgivere og deres involvering i BIM. Ifølge brannprosjekteringsingeniør 1 blir ikke brannrådgivere vanligvis aktivt involvert i BIM i norske byggeprosjekter for øyeblikket. Brannrådgiverne baserer sine brannkrav på tegninger, PDF-er eller papirdokumenter, og deretter gir de disse kravene videre til personer involvert i BIM-prosjektet, som for eksempel arkitekter eller andre rådgivere, slik at kravene kan legges inn i modellen. Dette kan være problematisk ettersom brannrådgiveren overfører en del av ansvaret til andre.

Branningeniør 2, benytter fortsatt i stor grad mye 2D-skisser i tidlig fase når de planlegger et prosjekt, og bruker ikke så mye BIM. BIM-modellen kommer som et sluttprodukt før byggeprosessen starter. I den tidlige fasen ønsker de ikke å bruke BIM så mye, da det ofte fører til at det må gjøres mange endringer. Det kan imidlertid hende at de kommer til å bruke BIM i tidlig fase i fremtiden, men per nå er det best for selskapet å bruke 2D-skisser først og deretter en ferdig BIM-modell helt på slutten. Dette er selskapet nåværende tilnærming til prosjektering av brannsikring i BIM.

Branningeniør 3 uttalte at det ikke er et krav i bransjen å bruke BIM, og dermed jobber man med det man har tilgjengelig. Det er derfor ikke alltid de prosjekterer i 3D, men forholder seg til en 3D-modell dersom den er tilgjengelig. Teknisk tegner 4 nevner at de har planer om å begynne å bruke BIM Revit i fremtiden, men for øyeblikket benytter de seg fortsatt av AutoCAD eller PDF-filer når de skal tegne.

Brannteknikker 5 opplyste at de bruker Word/PDF for å lage brannkonsepter, som deretter vises videre på 2D-tegninger. Noen av deres prosjekter har imidlertid begynt å inkludere brannsikkerhet i BIM-modellen.

Basert på intervjuet med brannsikkerhetsleder 6, ser det ut til at det fortsatt er vanlig å levere branntegninger i PDF-format i de aller fleste prosjekter. Imidlertid har selskapet sett behovet for å kunne levere BIM-modeller som svar på et økende behov i markedet. Dette aksjeselskapet har derfor utviklet en egen metodikk for å levere BIM-modeller i tillegg til tradisjonelle branntegninger, og har erfart at prosjekter har stor nytte av dette. Brannmodellene benyttes hovedsakelig under prosjekteringsfasen, og andre rådgivende fag kan legge brannmodellene som underlag i sine BIM-modeller for å ha brannkravene tilgjengelige mens de jobber. Enkelte store byggherrer, spesielt Statsbygg, krever også BIM-modeller fra brannrådgivere i sine prosjekter. Det er også noen aktører som prøver å få BIM inn som en del av FDV-systemene, men dette er fortsatt i en tidlig fase, og det er ingen kjente systemer som fungerer per i dag.

Avdelingsdirektør 7 nevnte at det i brannsikkerhetssammenheng utvikles et brannkonsept i prosjekteringsfasen, og brannkrav innarbeides i byggets enkelte komponenter som dører, vinduer, gulv og vegger. BIM brukes for å sjekke alle kravene som er oppfylt, og det er uttalt at BIM skal være utgangspunktet for prosjektet. Han sa også at tradisjonelle 2D-metoder ikke brukes ikke i det hele tatt i deres prosjekter, og at det er enten prosjektgrupper eller entreprenører som står for prosjekteringen. Til slutt ble det opplyst at for alle nybygg er BIM standard praksis og at det kun ved mindre påbygg eller på eldre bygg kan benyttes 2D-tegninger.

## **Spørsmål 2: Hva mener dere er årsaken til at BIM- bruk i brannprosjektering ligger litt etter i forhold til de andre fagene?**

Brannprosjekteringsingeniør i BIM 1 påpeker at utfordringene knyttet til BIM-anvendelse i brannsikkerhetsfeltet, er at brannrådgivere har hatt en mindre rolle enn arkitekter og tekniske rådgivere når det gjelder BIM-anvendelse i brannsikkerhet. Dette skyldes blant annet at arkitekter og tekniske rådgivere har hatt flere fordeler med informasjonsdeling og kommunikasjon gjennom BIM, og har derfor hatt en større fordel av å bruke BIM i sine fagområder. Dette har ført til at brannrådgivere har tatt lengre tid å bli inkludert i BIM-prosjekter.

Branningeniør 2 mener at mangelen på krav fra byggherrer, arkitekter og entreprenører har vært en av hovedårsakene til begrenset bruk av BIM så langt. Det virker som om kravene om tegningsløse og papirløse prosjekter har ført til at bransjen nå stiller krav om BIM. Dette kan være positivt for å øke bruk av BIM innen brannsikkerhetsfeltet og andre fagområder i byggebransjen.

Branningeniør 3 og Teknisk tegner 4 påpekte at manglende krav og begrensninger i opplæring. Og tilgjengelige verktøy er en utfordring for å få bransjen til å bruke BIM i brannsikkerhetsfeltet. De nevnte at det fortsatt er mange som ikke har tilstrekkelig opplæring eller erfaring med verktøy som Revit for å kunne generere branntegninger og annen dokumentasjon mer effektivt og enkelt enn med tradisjonelle metoder.

Brannteknikker 5 uttalte at utviklingen av brannsymboler og standardiserte arbeidsprosesser for BIM i brannsikkerhetsfeltet har tatt tid. Det har derfor vært en utfordring å gå over til BIM-programmer som er kompatible med brannprosjektering. De som tidligere brukte AutoCAD for brannprosjektering, men har nå gått over til Revit.

Brannsikkerhetsleder 6, mente også at færre krav til BIM i små fag som brann og akustikk, førte til en forsinkelse i bruken av BIM i brannsikkerhet. Større fag som arkitektur, konstruksjon, VVS og elektro har drevet frem utviklingen av BIM i Norge gjennom krav fra byggherrer og myndigheter. Dette har ført til en større grad av digital samhandling og økt effektivitet i prosjektene. I tillegg sa han at det krever litt mer prosjekteringstid for RIBr. Mange BH/entreprenører ønsker å gjøre et prosjekt så billig som mulig, og ønsker dermed å kutte kostnader. Å prise inn en modell, kan da føre til at de som RIBr blir for dyre, og mister

dermed jobben. Det er også litt høyere kompleksitet, dvs. en litt høyere terskel for å ta metodikken i bruk.

Avdelingsdirektør 7 mener også at begrenset bruk av BIM i brannsikkerhetsfeltet skyldes manglende innarbeidelse av brannkonseptet i prosjektet tidlig i planleggingsfasen. Det er vanligvis arkitekter eller rådgivende innenfor bygg som tar seg av dette. Brannrådgivere har ikke hovedrollen i prosjektet, men blir stadig mer involvert. Det understrekes at brannkonseptet er en viktig forutsetning for prosjektet og må integreres i arkitekturen eller rådgivning for bygg.

### **Spørsmål 3: Hvordan kan du Bruke BIM i brannevakueringssledelse (røykspredning, evakueringsplan, sprinklerdesignere, nød lys) for å forbedre sikkerhet for mennesker og bygning?**

Brannprosjekteringsingeniør 1 påpekte at BIM gir økt mulighet til å simulere ulike situasjoner, som for eksempel evakueringstider og avstander til rømningsveier. Videre nevnte han at det finnes programvare som Solibri som kan brukes til å sjekke om det er soner som ikke er dekket av brannvarslingssystemer og sikre at det ikke er dødsoner i bygget.

Branningeniør 2 påpekte at BIM-modeller gir bedre oversikt over byggverket enn 2D-tegninger, men kunne ikke kommentere bruken av BIM innen røykspredning og brannmodellering, da det ikke er hans ansvarsområde.

Branningeniør 3 og teknisk tegner 4 viste hvordan BIM-modellen brukes til å simulere evakuering. De har brukt programmene Pathfinder og Pyrosim i sitt selskap til å lage rømningsveier og beregne evakueringstider ved Hønefoss videregående skole.

Brannsikkerhetsleder 6 sa at de bruker BIM i brann- og røykspredningsanalyser, rømningsanalyser og utarbeidelse av evakueringsplaner, og benytter arkitektens modell. Han sa også at brannrådgiver prosjekterer ikke sprinkleranlegg eller nødlis, men en brannmodell vil absolutt bistå de som gjør dette i sin prosjektering. Dette spesielt ved å vise brancelleinndeling, rømningsveier og fluktveier.

Prosjekteringsledelse 7 bruker BIM-modeller til å simulere evakuering av bygninger og øvelser, og det er mulig å simulere røykspredning i BIM, selv om de ikke er sikre på om det er i bruk i praksis.

#### **Spørsmål 4: Hvordan kan BIM-bruk hjelpe brannvesenet?**

Brannprosjekteringsingeniør 1 sa at brannvesenet vil ha fordel av at brannkravene er fulgt og at de har riktig informasjon om bygget. Hvis arkitektens informasjon ikke samsvarer med brannrådgiverens krav, kan brannvesenet ha vanskeligheter med å oppdage feil og sitte med feilinformasjon.

Branningeniør 2 mente at BIM vil være gunstig for brannvesenet da det gir en bedre oversikt over bygget enn 2D-tegninger. Per nå bruker brannvesenet kun 2D-tegninger ved inngangen til bygningen, men det ville vært en fordel for dem å få tilgang til en 3D-modell av bygget.

Branningeniør 3 og teknisk tegner 4 nevnte at BIM-modeller kan være et nyttig verktøy for røykdykkere i store og uoversiktlige bygninger. Ved å ha tilgang til en IFC-modell på vei til bygget, kan røykdykkere se hvordan bygget ser ut innvendig og finne ut av viktige detaljer som trapper og utrykningsveier.

Brannsikkerhetsleder 6 ser også potensialet i at brannvesenet har tilgang til en BIM-modell via for eksempel et nettbrett i brannbilen. Dette vil tillate dem å forberede seg på innsatsen før de ankommer bygget, og de kan finne ut av viktige detaljer som rømningsveier, brannkummer og sprinklersentraler. Det ville også være nyttig hvis modellen kunne kobles opp mot brannalarmanlegget for å vise hvilke områder detektorer er utløst i.

Prosjekteringsledelse 7 sa at bruken av BIM-modeller vil bidra til at brannvesenet får en bedre kjennskap til bygget og dets utseende. Ved å bruke BIM-modeller kan brannvesenet få en mer realistisk opplevelse av bygningen ved å kunne bevege seg gjennom den virtuell, i stedet for å basere seg kun på statiske tegninger. Dette vil gi brannvesenet en følelse av ro og trygghet, da de vil ha en bedre forståelse av bygningens layout og egenskaper.

### **Spørsmål 5: Hva kan være fordelene med å implementere BIM i større grad i brannsikkerhetsfeltet?**

Brannprosjekteringsingeniør 1 legger vekt på sikkerheten til bygningen og påpekte at brannrådgiveren kan ha bedre kontroll over at brannkravene følges hvis de er integrert i BIM-modellen.

Branningeniør 2 håpet å få mye mer informasjon fra bruk av BIM i brannmodeller enn med tradisjonelle 2D-tegninger.

Branningeniør 3 mente at bruken av BIM kan gi en bedre oversikt over konstruksjonene og oppbygningen av bygningen, samt mer detaljert informasjon som kan være nyttig i driftsfasen og for å forenkle dokumentasjonen.

Brannteknikker 5 understreket at bruk av BIM gjør brannkravene tydeligere for alle fagområder og bidrar til bedre tverrfaglig koordinering.

Prosjekteringsledelse 7 har lagt til BIM-krav i sin kvalitetssikring og ønsker å bruke BIM aktivt spesielt i forbindelse med fagområder som akustikk og brannsikkerhet.

Brannsikkerhetsleder 6 mente at de som brannrådgivere får kommunisert sine krav mye mer effektivt til øvrige prosjekterende. Det er mye mer visuelt og lettforståelig når kravene ligger i en modell. Det har historisk vært utfordringer med å få prosjekteringsgruppen til å lese brannkonseptet og branntegningene. Med en modell, så kan de bare slå av og på brannmodellen etter behov, og den legger seg da som et overlag/underlag til sin egen modell. Dette gir en høyere kvalitet i prosjekteringen, og vi reduserer antall feil som følge av at de ikke får med seg relevante krav.

### **Spørsmål 6: Hvilke ideer har du for forbedringer av brannsikkerheten i norsk byggprosjekt?**

Brannprosjekteringsingeniør 1 har vært inne på hele tiden at brannrådgiver bør få større ansvar i BIM-prosjektet for å øke brannsikkerheten i byggene.

Branningeniør 2 foreslått økt informasjon i modellene kan bidra til økt sikkerhet og enkel tilgang til relevant informasjon uten å måtte håndtere flere rapporter.

Branningeniør 3 ønsker at det blir innført krav om bruk av BIM for å sikre at det blir implementert i prosjekter.

Prosjekteringsledelse 7 sa at Det er viktig at både prosjekterende og entreprenører bruker ressursene effektivt. Kommunikasjon og samarbeid mellom involverte parter er nødvendig for å oppnå ønskede resultater.



## 5 Oppsummering av funnene fra

### intervjuene

Jeg fant at respondentene hadde variert erfaring og kunnskap innen ulike områder innen brannsikring basert på faktadataene som ble samlet inn. Generelt hadde respondentene en viss tilknytning til BIM, og kunnskapen deres på feltet ble vurdert som tilfredsstillende for omfanget av intervjuene.

#### **Spørsmål 1: Hvordan brannvernplanlegging foregår i dag?**

Basert på intervjuene ser det ut til at bruk av BIM innenfor brannsikring i norske byggeprosjekter er varierende. Noen av intervjuobjektene rapporterer at de fortsatt bruker hovedsakelig 2D-tegninger og PDF-filer i prosjekteringsfasen, mens andre rapporterer at de bruker BIM i varierende grad. Noen av intervjuobjektene understreker at brannrådgivere vanligvis ikke er aktivt involvert i BIM-prosjekter, og at de heller gir brannkrav videre til personer involvert i BIM-prosjektet, som arkitekter eller andre rådgivere. Dette kan føre til at brannrådgiveren overfører en del av ansvaret til andre.

Det rapporteres imidlertid at flere aktører i bransjen ser behovet for å levere BIM-modeller i tillegg til tradisjonelle branntegninger, og at enkelte store byggherrer krever BIM-modeller fra brannrådgivere i sine prosjekter. BIM-modeller kan brukes til å sjekke om alle brannkravene er oppfylt, og det er uttalt at BIM skal være utgangspunktet for prosjektet. Det er også verdt å nevne at noen av intervjuobjektene rapporterer at de bruker 2D-skisser først og deretter en ferdig BIM-modell helt på slutten.

Samlet sett ser det ut til at bruken av BIM innenfor brannsikring i norske byggeprosjekter varierer og at det ikke er en standard praksis. Det er imidlertid en økende bevissthet om behovet for BIM-modeller i tillegg til tradisjonelle branntegninger, og noen store byggherrer krever nå BIM-modeller fra brannrådgivere i sine prosjekter.

## **Spørsmål 2: Hva mener dere er årsaken til at BIM- bruk i brannprosjektering ligger litt etter i forhold til de andre fagene?**

Basert på intervjuene jeg refererte til tidligere, ser det ut til å være flere årsaker til at brannprosjektering i BIM-bruk ligger litt etter i forhold til de andre fagene. Først og fremst kan det skyldes at brannrådgivere har hatt en mindre rolle enn arkitekter og tekniske rådgivere når det gjelder BIM-anvendelse i brannsikkerhet. Dette kan ha ført til at det har tatt lang tid før blitt inkludert i BIM-prosjekter.

En annen årsak kan være manglende innarbeidelse av brannkonseptet i prosjektet tidlig i planleggingsfasen. Det er vanligvis arkitekter eller rådgivende innenfor bygg som tar seg av dette, mens brannrådgivere blir stadig mer involvert. Det er derfor viktig å integrere brannkonseptet i arkitekturen eller rådgivning for bygg fra starten av prosjektet.

En tredje årsak kan være mangelen på krav fra byggherrer, arkitekter og entreprenører. Det virker som om kravene om tegningsløse og papirløse prosjekter har ført til at bransjen nå stiller krav om BIM. Dette kan være positivt for å øke bruk av BIM innen brannsikkerhetsfeltet og andre fagområder i byggebransjen.

En fjerde årsak kan være begrensninger i opplæring og BIM som tilgjengelig verktøy. Det er fortsatt mange som ikke har tilstrekkelig opplæring eller erfaring med verktøy som Revit for å kunne generere branntegninger og annen dokumentasjon mer effektivt og enkelt enn med tradisjonelle metoder.

Til slutt kan det nevnes at utviklingen av brannsymboler og standardiserte arbeidsprosesser for BIM i brannsikkerhetsfeltet har tatt tid. Derfor har vært en utfordring å gå over til BIM-programmer som er kompatible med brannprosjektering.

Summen av disse faktorene kan ha ført til at brannprosjektering i BIM-bruk ligger litt etter i forhold til de andre fagene. Det vil derfor være viktig å fokusere på å integrere brannrådgivere og brannkonseptet tidlig i prosjektet. Kravene til BIM og tilgjengeligheten av opplæring og verktøy for brannprosjektering i BIM.

### **Spørsmål 3: Hvordan kan du Bruke BIM i brannevakueringssledelse (røykspredning, evakueringsplan, sprinklerdesignere, nød lys) for å forbedre sikkerhet for mennesker og bygning?**

Etter å ha gjennomgått intervjuene, kan jeg konkludere med at BIM-modeller kan brukes til å simulere evakueringstider og øvelser, samt analysere røykspredning og brannsikkerhet i bygninger. Det finnes programvare som Solibri som kan sjekke om det er soner som ikke er dekket av brannvarslingssystemer og sikre at det ikke er dødsoner i bygget.

Flere av intervjuobjektene påpeker at BIM gir bedre oversikt over byggverket enn 2D-tegninger, noe som kan bidra til å forbedre brannsikkerheten i bygninger. Men det er ikke alle som har erfaring med bruk av BIM-modeller innen røykspredning og brannmodellering. Teknisk tegner 4 nevnte at han har erfaring med å bruke BIM-modellen til å simulere evakuering og beregne evakueringstider, og de har brukt programmene Padfiner og Pyrosym. Brannsikkerhetsleder 6 bruker også BIM i brann- og røykspredningsanalyser, rømningsanalyser og utarbeidelse av evakueringsplaner, og benytter arkitektens modell. Til tross for mulighetene som BIM gir, påpeker brannrådgivere hos selskapet at en brannmodell ikke kan brukes til alle formål for øyeblikket. Det er derfor viktig å være klar over begrensningene når man bruker BIM-modeller i brannsikkerhet.

I sum gir intervjuene en god oversikt over hvordan BIM-modeller kan brukes til å forbedre brannsikkerheten i bygninger, men det er også viktig å være klar over begrensningene og mulighetene i bruk av BIM-modeller innen røykspredning og brannmodellering.

### **Spørsmål 4: Hvordan kan BIM-bruk hjelpe brannvesenet?**

Basert på intervjuene ser det ut til at BIM-modeller kan ha en betydelig innvirkning på brannvesenets evne til å utføre brannsikkerhetsoppdrag på en mer effektiv måte. Ved å ha tilgang til en 3D-modell av bygget, kan brannvesenet få en bedre oversikt over bygningens utforming og dermed forberede seg på innsatsen før de ankommer bygget. Dette kan være spesielt nyttig i store og uoversiktlige bygninger, hvor røykdykkere kan bruke BIM-modellen til å finne viktige detaljer som trapper og utrykningsveier.

Flere av intervjuobjektene pekte på at det er viktig at arkitekten og brannrådgiveren samarbeider om å sørge for at brannkravene følges og at brannvesenet har tilgang til riktig

informasjon om bygget. BIM-modeller kan bidra til å lette denne prosessen ved å gi et felles datagrunnlag for alle involverte parter.

Prosjekteringsleder er i ferd med å undersøke mulighetene for å ta i bruk BIM-modeller aktivt, men er usikre på statusen til den siste revisjonen. Det ser ut til at det er enighet om at det er et stort potensial for at brannvesenet kan dra nytte av BIM-modeller, spesielt hvis modellen kan kobles opp mot brannalarmanlegget for å vise hvilke områder detektorer er utløst i.

Alt i alt ser det ut til at BIM-modeller kan være et viktig verktøy for brannvesenet i fremtiden, og at samarbeid mellom arkitekter, brannrådgivere og brannvesenet vil være nødvendig for å sikre at brannkravene følges og at riktig informasjon er tilgjengelig for alle involverte parter.

### **Spørsmål 5: Hva kan være fordelene med å implementere BIM i større grad i brannsikkerhetsfeltet?**

Basert på intervjuene med ulike bransjefolk innenfor bygg- og brann sikkerhet, er det klart at BIM-teknologi har stor nytteverdi når det gjelder brann sikkerhet. Flere av intervjuobjektene mener at BIM gir bedre oversikt over bygningens oppbygning og mer detaljert informasjon som kan være nyttig i driftsfasen og for å forenkle dokumentasjonen. BIM-teknologien kan også være en nyttig ressurs for brannrådgivere, og kan bidra til bedre kommunikasjon og samarbeid mellom ulike fagområder og prosjekteringsgrupper.

BIM-krav er også inkludert i kvalitetssikringsarbeidet til Statsbygg, og flere av intervjuobjektene nevnte at det er viktig at brannkravene er integrert i BIM-modellen for å sikre at kravene følges. Flere av intervjuobjektene ser også et potensial i at brannvesenet har tilgang til BIM-modeller via for eksempel et nettbrett i brannbilen. Dette kan gjøre det lettere for brannvesenet å forberede seg på innsatsen før de ankommer bygget, og de kan finne ut av viktige detaljer som rømningsveier, brannkummer og sprinklersentraler.

Samlet sett viser intervjuene at BIM-teknologi kan være en verdifull ressurs når det gjelder å forbedre brann sikkerheten i bygninger. Det kan gi bedre kommunikasjon og samarbeid mellom ulike fagområder og prosjekteringsgrupper, og gi bedre oversikt over bygningens oppbygning og mer detaljert informasjon som kan være nyttig i driftsfasen og for å forenkle dokumentasjonen.

## **Spørsmål 6: Hvilke ideer har du for forbedringer av brannsikkerheten i norsk byggprosjekt?**

Basert på intervjuene er det enighet blant alle parter om behovet for økt ansvar og involvering av brannkonsulenter i BIM-prosjekter. Alle ser også fordelen med å øke informasjonen i modellen og bruke BIM for å forbedre prosjektsikkerhet og effektivitet. Det er håp om at bruk av BIM vil bli pålagt for å sikre at det blir implementert. Samarbeid og god kommunikasjon mellom planleggere og entreprenører ble også understreket som viktig for å oppnå gode resultater.

Konklusjonen er at for å forbedre brannsikkerheten og dra full nytte av BIM, bør bransjen jobbe mot å standardisere bruk av BIM i planleggingen av brannsikkerhet. Dette innebærer at brannrådgivere aktivt deltar i BIM-prosessen, at det tilbys opplæring og ressurser for å styrke kompetansen, og at det etableres klare retningslinjer og krav for bruk av BIM i brannsikkerhetsarbeidet.

## 6 Diskusjon og analyse.

Dette kapittelet gir en analyse basert på de semistrukturerte intervjufunnene. Analysen utforsker dagens bruk av BIM i byggebransjen og hvordan bruken kan forbedres innen brannvernteknikk. Videre gjøres det en overordnet analyse av respondentenes svar for å undersøke deres tilnærming til BIM-bruk i brannsikkerhet.

- **Bruken av BIM i byggebransjen i dag og hvordan det brukes i faget brannvernteknikk**

Etter litteraturstudiet har jeg funnet ut at BIM er mye brukt innen byggebransjen, og det inkluderer også brannvernteknikk. Etter å ha analysert data, kan jeg bekrefte at bruken av BIM har økt betydelig over tid, og det er nå vanlig praksis i nye store prosjekter. I tillegg har jeg gjennomført intervjuer med ulike aktører i byggebransjen, og det er interessant å merke seg at flertallet av dem har begynte å bruk BIM i en eller annen form i sine prosjekter. Hovedkonklusjonen fra intervjuene er at selv om det er økt interesse for og bruk av BIM i bransjen, blir det fortsatt BIM ikke er mye brukt i brannsikkerhet. Brannsikkerhetsfeltet ligger langt bak når det gjelder å implementere digitale prosesser sammenlignet med andre områder i byggebransjen i Norge. Mange av respondentene ser imidlertid et stort potensial for fremtiden med å implementere BIM mer i bransjen. I dag er det mange som fortsatt er avhengige av tradisjonelle 2D-tegninger og PDF-filer i tidlige faser av prosjekteringen, men det er en vilje til å utforske og implementere BIM tidligere i prosessen. Det er bare Statsbygg som krever at brannprosjektering må leveres i BIM-modeller i sine prosjekter. Mens de andre aktører bruker fortsatt hovedsakelig 2D-skisser i de tidlige stadiene av prosjektering, deretter en ferdig BIM-modell helt på slutten.

I intervjuene med respondentene nevnte de at brannrådgivere ikke er direkte involvert i BIM-prosjekter. De gir kun brannsikkerhetskrav basert på tegninger, PDF-filer eller papir. Deretter gir de input til noen som er med i BIM-en som for eksempel arkitekt eller andre rådgiveren, som så legger de inn brannkravene i BIM-en. Dette kan føre til delt ansvar og er ikke ideelt. Dette er en viktig problemstilling innenfor brannsikkerhet i BIM. Hvor brannprosjektering 1 la vekt på denne problemstillingen og påpekte behovet for å inkludere brannrådgivere direkte inn i BIM-prosjekter. Fordi når først brannrådgiveren blir med i BIM-prosjektet direkte, så er

det mye å tjene på det. De får direkte ansvar for brannsikkerheten, og det gir sikrere bygg da de har mer kunnskap om feltet og følger det opp i BIM-en gjennom hele prosessen. Det finnes derfor et ønske å få alle brannrådgivere direkte involvert i BIM-prosjektet, slik at brannkravene kan legges inn direkte i modellen. Dette vil sørge for at alle aktører i prosjektet har tilgang til nøyaktige og oppdaterte data om brannsikkerheten til bygningen. Ved å innføre kontroll av detaljprosjekteringen med hensyn på brannsikkerhet, vil overgangene mellom ulike faser av prosjektet være tydeligere og enklere å håndtere. Derfor bør brannrådgivere arbeide tett med arkitekten og andre involverte parter gjennom hele prosessen for å sikre optimal brannsikkerhet i bygningen. Det kan brannrådgiveren legge inn brannkravene direkte i modellen som vil ikke bare gjøre ansvaret tydeligere, men vil også bidra til bedre samarbeid, og i tillegg sikre at brannsikkerheten blir en integrert del av BIM-prosjektet. Det er derfor viktig å ta i bruk ny teknologi og integrere brannrådgivere tidligere i prosessen for å sikre en trygg og holdbar bygningskonstruksjon.

- **Problemer og løsninger med implementering av BIM i brannsikkerhet**

Ut fra svarene fra respondentene, er det klart at det er flere hindringer og problemstillinger med å implementere BIM på brannsikkerhetsfeltet. En av hindringene er at brannrådgivere ikke er med i BIM-en, ofte er på sidelinjen og at de mangler erfaring og kunnskap med BIM-programvare, som jeg nevnte før. Årsaken er blant annet at brannrådgivere har hatt en mindre rolle sammenlignet med arkitekter og tekniske rådgivere. Det har ført til at de ikke har tatt fordelene med informasjonsdeling og enklere kommunikasjon som de andre fagområdene har tatt. For å løse dette problemet, er respondent Brannprosjektering 1 overbevist om viktigheten å fortsette å jobbe med å inkludere brannrådgivere og andre fagområder i BIM-prosjekter. De bør være mer involvert i endringer som gjøres, de kan raskt identifisere behov for nødvendige tiltak hvis for eksempel en vegg flyttes av arkitekten. Dette gir brannrådgiverne muligheten til å gjøre justeringer tidlig i prosessen, i motsetning til dagens praksis der de kanskje bare får prosjektet til gjennomsyn hver tredje eller fjerde måned.

Flere aktører er enige om at en av hovedårsakene til begrenset bruk av BIM så langt har vært mangelen på krav fra byggherrer, arkitekter og entreprenører. Selv om det har blitt snakket om bruken av BIM innen brannsikkerhet i flere år, har det ikke vært noen krav som tvinger bransjen til å ta i bruk BIM i større grad. Hvor brannsikkerhetsleder 6, sa at det ofte er krav fra de større fagene som arkitektur, konstruksjon, VVS og elektro som har drevet bruken av

BIM i Norge. Dette har ført til at BIM-bruken har kommet lengre i disse fagene enn i mindre fag som brann og akustikk. Det er derfor viktig å øke bevisstheten om betydningen av å integrere BIM i alle fag, inkludert brannsikkerhet og akustikk, for å sikre best mulig resultat i byggeprosjekter. Som flere av respondentene påpeker, vil innføring av krav innen brannprosjektering være en viktig faktor for å øke bruken av BIM i brannsikkerhetsfeltet. Dette vil legge til rette for at brannrådgivere og andre aktører kan ta i bruk BIM-verktøy og -prosesser for å generere mer effektive og nøyaktige løsninger for brannprosjektering

Vi har også et problem med begrensninger i opplæring og tilgjengelige verktøy, Som Branningeniør 3 påpekte. Han sa at det er fortsatt mange som ikke har tilstrekkelig opplæring eller erfaring med verktøy som Revit for å kunne generere branntegninger og annen dokumentasjon mer effektivt og enkelt enn med tradisjonelle metoder. I tillegg nevnte han at det har vært noen forsøk med å teste og tegne brann i Revit, men det har vært mye arbeid og mange tegninger involvert. Hvis det hadde kommet som et krav, ville brannrådgivere være villige til å bruke BIM på en mer omfattende måte. I tillegg til å gjøre Revit og andre 3D-modelleringsverktøy til en del av branningeniørutdanningen, vil være en del av å løse dette problemet. Det er også viktig å fortsette å jobbe med å utvikle og implementere standardiserte arbeidsprosesser og verktøy for BIM i brannsikkerhetsfeltet, for å kunne ta i bruk de potensielle fordelene som BIM kan gi for brannsikkerhet og samhandling mellom ulike fagområder.

Hovedmålet med bruk av BIM er å effektivisere prosjekteringsfasen, redusere kostnader, minimere feil og skape et sikrere bygg. En av grunner, ifølge brannsikkerhetsleder 6 at bransjen er litt fastlåst i sin nåværende arbeidsflyt. Det betyr at det krever litt mer prosjekteringstid for rådgivende ingeniør byggeteknikk. Mange Byggherre ønsker å gjøre et prosjekt så billig som mulig, og ønsker dermed å kutte kostnader. Å prise inn en modell kan da føre til at de som RIBr blir for dyre, og mister jobben. Det er også litt høyere kompleksitet, en litt høyere terskel for å ta metodikken i bruk. Det kan derfor være viktig å finne en balanse mellom kostnad og kvalitet når man tar i bruk BIM.



- **Bruk av BIM i brannevakueringsledelse for å forbedre sikkerhet for mennesker og bygning**

Gjennom intervjuene har respondentene konsentrert seg om BIMs-muligheter til å simulere evakuering, røykspredning og rømningsanalyser. Hvor ved bygningsbrann er det viktig å ha en forsvarlig evakueringsplan for å redusere risikoen for skader. For å øke evakueringssikkerheten bør en planløsning inneholde en tydelig merket rømningsvei som er lett å forstå, selv i høytrykksituasjoner. Å unnlate å regelmessig oppdatere evakueringsplaner over levetiden til en bygning kan få alvorlige konsekvenser, og det er her BIM kan hjelpe til med å holde planene oppdatert. Ved å lagre informasjon om de siste oppdateringene av evakueringsplaner innenfor BIM-modellen, er det lettere å vedlikeholde den mest oppdaterte informasjonen. Respondentene nevnte at under byggeplanleggings- og designprosessen bruker branningeniører BIM-verktøy som Revit, Solbir, Padfiner og Pyrosym for å lage rømningsveier og beregne evakueringstider. I tillegg kan evalueringmodeller integreres med BIM-modeller for å simulere evakueringsscenarier og identifisere potensielle problemer. Denne simuleringen kan justeres ved å endre ulike variabler knyttet til beboerne, for eksempel deres antall og atferd, og kan synliggjøre potensielle flaskehals. Ingeniører kan modifisere bygningens geometri for å løse eventuelle problemer som er identifisert og avgrense simuleringen til en vellykket evakuering er oppnådd.

BIM ville kun vært nyttig for å utføre mer nøyaktige simuleringer basert på svar fra respondentene. Ved bruk av detaljerte BIM-modeller vil simuleringene være mer nøyaktige, og brannvernspersonell vil spare tid siden de slipper å lage nye modeller ved gjennomføring av simuleringer.

BIM er et kraftig verktøy i byggeplanlegging og -styring, og bruken av det i denne studien fremhever potensialet for å sikre sikkerheten til beboerne under byggerenoveringer. Integrasjonen av BIM, CFD og ABM i simulering av brann- og evakueringsatferd gir en omfattende tilnærming til å evaluere byggerenoveringsplaner, spesielt i travle bygninger som forblir i drift under renoveringsprosessen.

- **BIM og Brannvesenet**

Etter intervjuene med brannvesenet fant jeg ut at de fleste arbeidere i brannvesenet ikke er kjent om BIM og fordelene det gir. Likevel var deltakeren fra brannvesenet som jeg snakket med klar over det, noe som gjorde det lettere for meg å diskutere hvordan det kunne forbedre driften deres.

Ifølge Respondent brannsjef 8, får de beskjed fra 110 sentralen, som henter informasjon om bygningene fra matrikkel og igjen varsler brannvesenet. I noen bygninger er brannvarslingsanlegg direkte koblet til 110 sentralen, det vil si 110 får varslingsdirekte fra bygget vis brannvarslingsanlegget utløses og 110 sentralen varsler brannvesenet.

Foreløpig har brannvesenet begrenset tilgang til informasjon om bygningene de trenger å gripe inn i. Med mindre brannmennene har forkunnskaper eller erfaring med bygget, får de kun avgjørende detaljer i nødsituasjoner.

Alle respondenter var enige om viktighet av BIM innen brannvesenet. De nevnte at BIM i en 3D-modell er nyttig for visualisering og inneholder detaljert bygningsinformasjon. Studier har vist at BIM kan være nyttig for brannmenn dersom mer brannrelatert informasjon var tilgjengelig i modellen. Brannmenn har imidlertid tidsbegrensninger i å lese en 3D-modell, og den må være tilgjengelig hvor som helst. Et passende alternativ vil være å ha 3D-modellen tilgjengelig for nedlasting på et nettbrett i en ferdig database, som kun viser de essensielle lagene for en brannslukkingssituasjon ifølge brannsjef 6 og branningeniør 3. Nettbrettet kan de ha også i brannbilen, på den måten kan de forberede seg på innsatsen før de ankommer bygget. Da kan de finne ut hvor rømningsveier inn i bygget er, hvor lokale brannkummer er og plassering av sprinklersentral. Dermed slipper de bruke tid på dette når de ankommer bygget. Dersom denne modellen i tillegg kunne vært koblet opp mot brannalarmen, vil det gjøre lettere for brannmenn å bruke den. Nettbrettet kan brukes av kommandoen, som vanligvis er plassert utenfor bygningen og har oversikt over situasjonen.

Bruken av BIM kan illustreres gjennom følgende scenario. Dersom en innbygger ser en brann og melder fra til nødsentralen, sendes mottatt plassering og informasjon til brannvesenet i området. Brannmannskapene har kanskje ikke tilstrekkelig informasjon om den brennende bygningen, bortsett fra plasseringen, noe som får dem til å vente ubesluttsomt i brannbilen. Denne forsinkelsen kan utnyttes bedre ved å forberede brannmennene med en 3D-modell av bygningen, som kan nås via en kommandos nettbrett. Med BIM kan flere tekniske løsninger

bli introdusert i fremtiden, for eksempel en sender som bæres av brannmennene, noe som gjør det lettere å lokalisere deres eksakte posisjoner. Denne teknologien kan resultere i en kombinert innsats av radiokommunikasjon og visualisering for kommandoen, og bidra til å lede brannmennene effektivt inn i bygningen.

Når brannmenn har begrenset sikt, kan det å ha en oppdatert BIM-modell på et nettbrett bidra til å gi mer nøyaktige veibeskrivelser til brannmenn inne i bygningen. I nødssituasjoner kan BIM-verktøy være avgjørende for å sikre en vellykket redning, da de kan redusere responstiden og redde liv. Dette er imidlertid kun mulig dersom bygget har en oppdatert BIM-modell tilgjengelig, noe som kan være en utfordring å holde styr på. Brannmenn må også læres opp i å bruke 3D-modellen, siden det foreløpig ikke er et standardverktøy for dem å bruke. Noen brannmenn kan synes det er vanskelig å forstå 2D-tegninger, men en 3D-modell kan gi en klarere visualisering av bygningen. Totalt sett, hvis de brukes effektivt, kan BIM-verktøy øke situasjonsbevisstheten betydelig for brannmenn og forbedre deres evne til å navigere og redde mennesker fra en brennende bygning.

Målet er å gi nøyaktig og rettidig informasjon til brannvesenet om plasseringen og alvorlighetsgraden av en brann, og veilede redningsinnsatsen på riktig måte.

Etter min erfaring med bygningsregisteret og håndtering av bygningsinformasjon, vil jeg anbefale at BIM-modellen kobles til bygningsregisteret. Dette gjør det mulig for brannvesenet å få tilgang til informasjonen i bygningsregisteret samtidig som de bruker BIM-systemet til å få en helhetlig oversikt over relevant informasjon.

## 7 Konklusjon

Hensikten med denne bacheloroppgaven har vært å undersøke hvordan BIM blir brukt i norske byggeprosjekter i dag på brannsikkerhetsfeltet. I tillegg vil jeg lansere noen ideer til forbedringer i industriell praksis for å øke brannsikkerheten. BIM har vist seg å være et effektivt verktøy for å sikre bedre brannsikkerhet i bygg, og for å gi mer nøyaktig og detaljert informasjon om en bygnings planlegging og design.

BIM gir mulighet for å integrere informasjon om brannsikkerhet tidlig i planleggingsfasen, og gjør det dermed mulig å ta hensyn til brannsikkerhet allerede fra starten av et byggeprosjekt. BIM kan også bidra til bedre kommunikasjon og samarbeid mellom ulike aktører i prosjektet, noe som igjen kan føre til bedre og sikrere løsninger både når det gjelder brannsikkerhet og andre faktorer.

Vi har også sett at BIM kan bidra til bedre etterlevelse av lover og forskrifter knyttet til brannsikkerhet i norske bygninger, og at det kan føre til reduserte kostnader ved å avsløre feil og mangler i brannsikkerhetssystemene.

Intervjuene har visst meg at det er mange utfordringer som begrenset bruken av BIM i norsk byggprosjektering, slik som mangelen på engasjement blant brannrådgivere i BIM-prosjekter, begrensede krav og begrenset opplæring. Til tross for dette, har jeg konkludert med at bruken av BIM har hatt en positiv innvirkning på brannsikkerhetsprosjektering.

Selv om bruken av BIM i brannsikkerhetsprosjektering fortsatt har en vei å gå i norske byggeprosjekter, ser vi at bruken øker stadig. Jeg konkluderer derfor med at BIM er en viktig modell for å sikre bedre og mer effektive brannsikkerhetsprosjekter i fremtiden, og at den kan være en verdifull ressurs også for brannvesenet.

## 8 Litteraturliste

Postholm, M. B & Jacobsen, D. I. (2018). *Forskningsmetode: For masterstudenter i lærerutdanning*. Cappelen Damm Akademisk  
[Hentet:18.05. 2023].

DSB (2023) *Statistikk*.  
Tilgjengelig fra: <https://www.dsb.no/menyartikler/statistikk/>  
[Hentet:15.02. 2023].

NOU 1999:4 (1999) *Utkast til ny lov om brann- og eksplosjonsvern: Brann som samfunnsproblem Noregs offentlege utgreiingar 1999:4* Oslo: Kommunal- og Distriktsdepartementet  
[Hentet: 17.02. 2023].

Kincelova, K et al. (2020) *Fire safety in tall timber building: A BIM-based automated code-checking approach*. Buildings, 10(7), p.121.  
[Hentet: 21.02. 2023].

Riksantikvaren. (2022) *Brannsikring av fredet og verneverdig bebyggelse*.  
Tilgjengelig fra: <https://www.riksantikvaren.no/brannsikring-av-fredede-og-verneverdige-bygg/>  
[Hentet: 25.02.2023].

Fremtidens Byggenæring. (2022) *Hvordan kan teknologi heve brannsikkerheten*.  
Tilgjengelig fra: <https://www.fremtidensbygg.no/hvordan-kan-teknologi-heve-brannsikkerheten/>  
[Hentet: 25.02.2023].

Haave, P.E. (2021) *BØR BRANNINGENIØREN PROSJEKTERE BRANNSIKKERHET I BIM SELV?*  
Tilgjengelig fra: <https://www.symetri.no/innsikter/blogg/bor-branningenioren-prosjektere-brannsikkerhet-i-bim-selv/>  
[Hentet: 25.02.2023].

NDLA. (u.å.). *Hva er BIM?* Tilgjengelig fra:  
<https://ndla.no/subject:1:0d67724e-d9fa-4365-9839-4cc91c012855/topic:2:3d79c5be-7830-49b5-8e6d-55c90e6c4f94/topic:1:a8cf7ae9-2438-4143-8f3c-92e19d706623/resource:50f8f118-86f8-4402-8147-b54273942d4d>  
[Hentet: 27.02.2023].

Statsbygg. (u.å.). *Hva er BIM?* Tilgjengelig fra  
<https://go.nanolearning.com/LessonViewer/?da=1961473&key=EvXxndoAgqhKVwWu&mode=1&u=10841782>  
[Hentet: 25.02.2023].

Autodesk. (u.å.). *What is bim?* Tilgjengelig fra:  
<https://www.autodesk.com/solutions/bim>  
[Hentet: 28.02.2023].

Bigdeli, S. (2022) *The Benefits and Challenges of Integrating BIM into Fire Safety Management + Design*. Tilgjengelig fra: <https://www.jensenhughes.com/insights/the-benefits-and-challenges-of-integrating-bim-into-fire-safety-design>

[Hentet: 28.02.2023].

Nordic BIM Group. (u.å.). *BUILDING INFORMATION MODELING BIM i går, i dag og i morgen*. Tilgjengelig fra: <https://www.nordicbim.com/no/alt-om-bim-bygningsinformasjonsmodellering-fra-vugge-til-grav>

[Hentet: 25.02.2023].

Grong, L.k. (2013). *BIM i produksjon*. Masteroppgave. NTNU Institutt for bygg, anlegg og transport i Trondheim. Tilgjengelig fra:

[https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmloi/bitstream/handle/11250/232456/644975\\_FULLTEXT01.pdf?sequence=1](https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmloi/bitstream/handle/11250/232456/644975_FULLTEXT01.pdf?sequence=1)

[Hentet: 13.02.2023].

Cobuilder. (u.å.) *Hva gjør Cobuilder med varedata og dokumentasjon?* Tilgjengelig fra:

<https://cobuilder.com/nb/bim-er-mye-mer-enn-3d-modell/>

[Hentet: 13.05.2023].

Caverion. (u.å.) *BIM sikrer bærekraftig drift og vedlikehold*. Tilgjengelig fra:

<https://www.caverion.no/global/tjenestekatalog/BIM-building-information-modelling-gir-deg-full-oversikt-gjennom-hele-byggeprosjektet/>

[Hentet: 13.05.2023].

KarriereStart. (u.å.) *BIM-tekniker*. Tilgjengelig fra:

<https://karrierestart.no/yrke/bim-tekniker/2300-bim-spesialist-yrket-pa-to-minutter-hva-gjor-en-bim-spesialist->

[Hentet: 10.04.2023].

Bråten, M og Wold, E.N. (2020) *Digitalisering i byggebransjen 4D BIM og dagens modelleringspraksis*. Masteroppgave. NTNU Institutt for bygg, Bygg- og miljøteknikk.

Tilgjengelig fra: <https://hdl.handle.net/11250/2779317>

[Hentet: 28.02.2023].

Kristiansen, S. (2011) *Prosjektering i forhold til bruk av BIM og Lean Hvordan BIM kan bidra til en mer leanorientert prosjekteringsfase*. Masteroppgave. Fakultet for teknologi og realfag Institutt for ingeniørvitenskap i Universitetet i Agder, 2011 Tilgjengelig fra

<http://v1.prosjektnorge.no/files/pages/363/prosjektering-i-forhold-til-bruk-av-bim-og-lean.-masteroppgave-stian-kristiansen.pdf>

[Hentet: 02.03.2023].

Plannerly. (2023) *BIM and IFC – What are IFC models, and how do BIM and IFC relate?*

Tilgjengelig fra: <https://plannerly.com/bim-and-ifc-models/>

[Hentet: 03.03.2023].

DIBK. (2017). *Byggteknisk forskrift (TEK17) - Kapittel 11*. Tilgjengelig fra:

<https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/11/i/11-1>

[Hentet: 07.03.2023].

DIBK. (2017). Veiledning til byggt teknisk forskrift (TEK17). Tilgjengelig fra [https://www.regjeringen.no/contentassets/20503ddfe0664fac9e2185c1a6c80716/veiledning-til-byggt-teknisk-forskrift-tek17\\_01\\_07\\_2017.pdf](https://www.regjeringen.no/contentassets/20503ddfe0664fac9e2185c1a6c80716/veiledning-til-byggt-teknisk-forskrift-tek17_01_07_2017.pdf)  
[Hentet: 07.03.2023].

Lovdata. (2017). Forskrift om tekniske krav til byggverk (byggt teknisk forskrift) - § 11-1. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/forskrift/2017-06-19-840/%C2%A711-1>  
[Hentet: 07.03.2023].

Dibk. (u.å.) *Kapittel 11 – Sikkerhet ved brann*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/sok?q=Kapittel+11+%E2%80%93+Sikkerhet+ved+brannhttps://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-12-17-1710>  
[Hentet: 07.03.2023].

Siddiqui, A et al. (2021) *Building Information Modelling for performance-based Fire Safety Engineering analysis – A strategy for data sharing*. Journal of Building Engineering Volume 42, Page 102794.  
Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102794>  
[Hentet: 24.01.2023].

Novatr. (2022) *Using BIM in Civil Engineering / Everything You Need to Know (2023)*. Tilgjengelig fra: <https://www.novatr.com/blog/bim-in-civil-engineering>  
[Hentet: 03.05.2023].

Davidson, A og Gales, J. (2021). *BIM and Fire Safety Engineering - Overview of State of The Art*. International Journal of High-Rise Buildings, 10(4), 251-263. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.21022/IJHRB.2021.10.4.251>  
[Hentet: 27.01.2023].

Amaro, G.G et al. (2017). *A BIM-Based Approach Supporting Fire Engineering*. pp. 137-144. (Intervento presentato al convegno IFireSS 2017 2nd International Fire Safety Symposium tenutosi a Napoli (Italia) nel 7-9 June 2017).  
Tilgjengelig fra: [https://iris.polito.it/retrieve/handle/11583/2675119/155166/IFireSS-2017\\_A%20BIM%20Based%20Approach%20supporting%20Fire%20Engineering.pdf](https://iris.polito.it/retrieve/handle/11583/2675119/155166/IFireSS-2017_A%20BIM%20Based%20Approach%20supporting%20Fire%20Engineering.pdf)  
[Hentet: 27.01.2023].

Shino, G.K. (2013) *BIM and fire protection engineering*. Tilgjengelig fra: <https://www.csemag.com/articles/bim-and-fire-protection-engineering/>  
[Hentet: 12.02.2023].

Sabbaghzadeh, M et al. (2022). *A BIM-Based Solution for the Optimisation of Fire Safety Measures in the Building Design*. Sustainability, 14(3), 1626.  
<https://doi.org/10.3390/su14031626>  
[Hentet: 27.01.2023].

Yakhou, N et al. (2022). *The integration of building information modelling and fire evacuation models*. Journal of Building Engineering, 63(B), 105557.  
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105557>  
[Hentet: 27.01.2023].

Symetri. (u.å.) *REVIT - BUILT FOR BIM*. Tilgjengelig fra:  
<https://www.symetri.co.uk/products/revit/>  
[Hentet: 15.02.2023].

Bimfire. (u.å.) *DIGITAL FIRE SAFETY DESIGN*. Tilgjengelig fra:  
<https://www.bimfiretools.com/>  
[Hentet: 13.04.2023].

Norén, J. (u.å.) *Briab Bimfire Tools™ for Revit - now available*. Tilgjengelig fra:  
<https://briab.se/en/aktuellt/nyheter/briab-bimfire-tools-available-now/>  
[Hentet: 13.04.2023].

Symetri. (u.å.) *BIMFIRE TOOLS™ A Revit plugin for BIM integrated fire safety information. Easier, faster, safer*. Tilgjengelig fra:  
<https://www.symetri.co.uk/products/bimfire-tools/>  
[Hentet: 15.02.2023].

Shi, J et al. (2019). *Research on IFC- and FDS-Based Information Sharing for Building Fire Safety Analysis*. Advances in Civil Engineering, Volume 2019, Article ID 3604369, 18 pages.  
<https://doi.org/10.1155/2019/3604369>  
[Hentet: 27.01.2023].

Solibri. (u.å.) *Comply with Fire safety requirements using Solibri*. Tilgjengelig fra:  
<https://www.solibri.com/fire-safety>  
[Hentet: 17.04.2023].

Solibri. (2014). *SOLIBRI MODEL CHECKER V9.5*. Tilgjengelig fra:  
<https://solibri-assets.s3.amazonaws.com/old-site/2014/12/Getting-Started-v9.5.pdf>  
[Hentet: 27.01.2023].

FDS Tutorial. (2023) *FDS Tutorial – Welcome*. Tilgjengelig fra:  
<https://fdstutorial.com/>  
[Hentet: 17.04.2023].

Chen, X., Liu, C., og Wu, I. (2018). *A BIM-based visualization and warning system for fire rescue*. Advanced Engineering Informatics, 37, 42-53.  
<https://doi.org/10.1016/j.aei.2018.04.015>  
[Hentet: 20.01.2023].

Thunderhead Engineering. (u.d.) *Faster FDS modeling with professional results*. Tilgjengelig fra  
<https://www.thunderheadeng.com/pyrosim>  
[Hentet: 25.02.2023].

Wehbe, R. og Shahrour, I. (2021) *A BIM-Based Smart System for Fire Evacuation*. Future Internet, 13(9), 221.  
<https://doi.org/10.3390/fi13090221>  
[Hentet: 27.01.2023].



Harrington Group. (u.å.) Fire Dynamics Simulator (FDS) and Smokeview (SMV) – Bringing Fire Analysis to Life. Tilgjengelig fra: <https://hgi-fire.com/fire-dynamics-simulator-fds-and-smokeview-smv-bringing-fire-analysis-to-life/> [Hentet: 27.01.2023].

AGACAD. (u.å.) *BIM Software for Fire Protection Design and Integration*. Tilgjengelig fra: <https://agacad.com/products/bim-solutions/mep-engineering-smart-sprinklers/features> [Hentet: 17.03.2023].

MagiCAD Group. (u.å.) *MagiCAD Sprinkler Designer A powerful, fully integrated specialised sprinkler calculations to a wide range of globally renowned sprinkler standards*. Tilgjengelig fra: [https://www.magicad.com/en/mc\\_software/magicad-sprinkler-designer/#features-for-revit-mep](https://www.magicad.com/en/mc_software/magicad-sprinkler-designer/#features-for-revit-mep) [Hentet: 22.03.2023].

Nordic BIM Group. (u.å.) *ARCHICAD*. Tilgjengelig fra: [https://www.nordicbim.com/no/loesninger/archicad?utm\\_term=archicad&utm\\_campaign=FI+%7C+Archicad+%7C-2023+%7C+Search&utm\\_source=adwords&utm\\_medium=ppc&hsa\\_acc=7057528380&hsa\\_cam=19822814159&hsa\\_grp=147863456638&hsa\\_ad=651267673591&hsa\\_src=g&hsa\\_tgt=kwd-380642353581&hsa\\_kw=archicad&hsa\\_mt=p&hsa\\_net=adwords&hsa\\_ver=3&gclid=CjwKCAjw3POhBhBQEiwAqTCuBrjabYqZtXshQeoVuiUUtMLFNEviqyphZtalAs7hWwQVb6jJP4NR5xoC1RIQAvD\\_BwE](https://www.nordicbim.com/no/loesninger/archicad?utm_term=archicad&utm_campaign=FI+%7C+Archicad+%7C-2023+%7C+Search&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=7057528380&hsa_cam=19822814159&hsa_grp=147863456638&hsa_ad=651267673591&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-380642353581&hsa_kw=archicad&hsa_mt=p&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gclid=CjwKCAjw3POhBhBQEiwAqTCuBrjabYqZtXshQeoVuiUUtMLFNEviqyphZtalAs7hWwQVb6jJP4NR5xoC1RIQAvD_BwE) [Hentet: 22.03.2023].

Zheng, H., Zhang, S., Zhu, J., Zhu, Z., Fang, X. (2022) *Evacuation in Buildings Based on BIM: Taking a Fire in a University Library as an Example*. Int J Environ Res Public Health 5;19(23):16254. doi: 10.3390/ijerph192316254. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36498326/> [Hentet: 26.01.2023].

Yang, Y et al. (2022) *Platform Development of BIM-Based Fire Safety Management System Considering the Construction Site*. Journals Buildings, 12(8) 10.3390/buildings12081268. <https://doi.org/10.3390/buildings12081268> [Hentet: 27.01.2023].

Kincelova, K et al. (2020). *Fire Safety in Tall Timber Building: A BIM-Based Automated Code-Checking Approach*. Journals Buildings, 10(7), 10.3390/buildings10070121 <https://doi.org/10.3390/buildings10070121> [Hentet: 27.01.2023].

Deng, H et al. (2021). *BIM and Computer Vision-Based Framework for Fire Emergency Evacuation Considering Local Safety Performance*. Journals Sensors, 21(11). 10.3390/s21113851. <https://doi.org/10.3390/s21113851> [Hentet: 27.01.2023].

Sun, Q., og Turkan, Y. (2020). *A BIM-based simulation framework for fire safety management and investigation of the critical factors affecting human evacuation performance*. Advanced Engineering Informatics. Volume 44, 101093. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101093> [Hentet: 22.01.2023].

VirtualBuilding Studio. (u.å.) 5 Benefits of using BIM for Fire Safety in Construction. Tilgjengelig fra: <https://www.virtualbuildingstudio.com/5-benefits-of-using-bim-for-fire-safety-in-construction/> [Hentet: 27.04.2023]

# 9 Vedlegg

## Intervjuguid

### Introduksjon

Velkommen

Presentasjon av prosjekt

Rammer: intervjuet tas opp med diktafon (mobil) og notater

### Grunnleggende spørsmål

Din stilling i bransjen?

Hva er din rolle i bransjen?

### Intervjuspørsmål for fagpersoner som har erfaring med brannprosjektering og BIM

1. Hvordan brannvernplanlegging foregår i dag?
2. Hva mener dere er årsaken til at BIM- bruk i brannprosjektering ligger litt etter i forhold til de andre fagene?
3. Hvordan kan du Bruke BIM i brannevakueringsledelse (røykspredning, evakueringsplan, sprinklerdesignere, nød lys) for å forbedre sikkerhet for mennesker og bygning
4. Hvordan kan BIM-bruk hjelpe brannvesenet?
5. Hva kan være fordelene med å implementere BIM i større grad i brannsikkerhetsfeltet?
6. Hvilke ideer har du for forbedringer av brannsikkerheten i norsk byggprosjekt?

### Ekstra spørsmål

Jeg stilte følgende spørsmål, i henhold til svarene i den første delen.

1. Er prosjektering av brannsikring skjer i BIM-programmer og hvorfor eller hvorfor dette ikke gjøres?
2. Hvordan brukes BIM innen brannsikkerhet i dag? (Hvis dette gjøres)?
3. Har byggherren noen gang krevd 3D-planlegging fra de som utfører brannvernplanleggingen?

### **Intervjuspørsmål til brannvesenet**

1. Hvordan dere får informasjon når det er brann?
2. Hvordan har BIM påvirket deres evne til å utføre branninspeksjoner og evaluere bygningssikkerhet?
3. Hva slags verktøy eller programvare bruker dere til å implementere BIM i deres brannsikkerhetsplanlegging?
4. Har BIM ført til mer nøyaktige brannsikkerhetsanalyser, og hvordan har det forbedret deres arbeidsprosesser?
5. Har dere merket en reduksjon i antall branner eller skader etter at dere begynte å bruke BIM? Hvis ja, kan dere gi noen eksempler?
6. Hvordan bruker dere BIM i deres opplæringsprogrammer for brannsikkerhet?
7. Hvordan har BIM endret måten dere samarbeider med andre avdelinger, som bygningsplanlegging eller konstruksjon, for å sikre brannsikkerhet?