



# Høgskulen på Vestlandet

## SIK350 - Bacheloroppgave

SIK350

### Predefinert informasjon

<b>Startdato:</b>	23-05-2022 09:00	<b>Termin:</b>	2022 VÅR
<b>Sluttdato:</b>	30-05-2022 14:00	<b>Vurderingsform:</b>	Norsk 6-trinns skala (A-F)
<b>Eksamensform:</b>	Bacheloroppgave		
<b>Flowkode:</b>	203 SIK350 1 O 2022 VÅR		
<b>Intern sensor:</b>	(Anonymisert)		

### Deltaker

<b>Kandidatnr.:</b>	408
---------------------	-----

### Informasjon fra deltaker

<b>Antall ord *:</b>	17529
----------------------	-------

Sett hake dersom Nei  
besvarelsen kan brukes  
som eksempel i  
undervisning?:

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

### Gruppe

<b>Gruppenavn:</b>	(Anonymisert)
<b>Gruppenummer:</b>	3
<b>Andre medlemmer i gruppen:</b>	Deltakeren har innlevert i en enkeltmannsgruppe

Jeg godkjenner autalen om publisering av bacheloroppgaven min \*

Ja

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

Nei

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

Nei

# **BÆREKRAFTIG BRUKSENDRING AV BYGG**

## **-BRANNTEKNISKE UTFORDRINGER VED ENDRET RISIKOKLASSE**



SARA ELISE AASEN BØ  
Høgskulen på Vestlandet  
Bacheloroppgave i Brannsikkerhet

Haugesund  
Mai 2022





Høgskulen  
på Vestlandet

**BÆREKRAFTIG BRUKSENDRING AV BYGG  
-BRANNTEKNISKE UTFORDRINGER VED ENDRET  
RISIKOKLASSE**

**Bacheloroppgave i Brannsikkerhet**

Forfatter: Sara Elise Aasen Bø	Forfatter sign. <i>Sara Elise Aasen Bø</i>
Veileder: Jon Arve Brekken Ekstern veileder: Tor-Erik Helgesen	Rapport: 70 sider + Vedlegg: 11 sider Haugesund, våren 2022
<p><b>Oppgavetekst:</b> Norge har gjennom Paris-avtalen forpliktet seg til å kutte klimagassutslipp. En viktig del av dette er å senke miljøbelastningen fra byggebransjen. Dette har ført til et større fokus på ombruk av bygg og materialer enn før. Samtidig har befolkningsvekst, endring i demografi og industri endret hvilke typer bygninger som er i etterspørsel. Ved ombruk av bygg vil det ofte oppstå søknadspliktig bruksendring av bygget. Bruksendring kan føre til krav om en forbedring av branntekniske tiltak, som igjen kan påvirke utformingen og materialbruket i bygget.</p> <p>Prosjektoppgaven skal se på hvilke branntekniske tiltak som er mer bærekraftige, og hvilke forutsetninger man må ha for å legge til rette for bærekraftig bruksendring. Hovedmålet med oppgaven er å se på hvordan bruksendring av bygg spiller en rolle i bærekraftig utvikling, og hvilken effekt risikoendring har for bærekraftigheten i bygget.</p>	
Dette arbeidet er gjennomført som ledd i bachelorprogrammet i brannsikkerhet ved Høgskulen på Vestlandet. Studenten står selv ansvarlig for metodene som er anvendt, resultatene som er fremkommet og konklusjoner og vurderinger i arbeidet.	

## Ekstrakt

Oppgaven beskriver spesifikke bygningsmaterialer og konstruksjoner som oppnår branntekniske krav til to ulike risikoklasser. Det potensielle oppvarmingspotensialet fra disse blir sammenlignet. Resultatet av miljøsammenligningene gir en indikasjon om at konstruksjoner som oppfyller ytelseskrav til en høyere risikoklasse har høyere utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter enn konstruksjoner som oppfyller kravet til en lavere risikoklasse.

Arbeidet med denne oppgaven tyder på at konstruksjoner i et lineært livsløp har høyere globalt oppvarmingspotensiale enn konstruksjoner i et sirkulært livsløp. I noen tilfeller vil byggematerialer i et sirkulært livsløp, med bruksendring til høyere risikoklasse, kunne gi en mer gunstig miljøpåvirkning enn bruk av mer miljøvennlige produkter i et lineært livsløp.

## Abstract

This report describes specific construction materials and constructions that meet the requirements from two different risk classes. Results of LCA comparisons of the two scenarios indicate that structures that meet pre-approved performance requirements in higher risk class, have higher emissions of CO<sub>2</sub> equivalents than structures that meet the requirements from a lower risk class.

The conclusion in this report suggests that the reuse of buildings and building materials in a circular economy, with change of use to a higher risk class, provides a more favorable environmental impact than the use of more environmentally friendly products in a linear economy.

## Forord

Forsidebildet på denne prosjektrapporten er tegnet av forfatteren.

Denne prosjektrapporten er en avsluttende bacheloroppgave i studiet Branningeniør ved Høgskulen på Vestlandet avd. Haugesund. Oppgaven tilsvarer 20 studiepoeng, og er skrevet under Institutt for sikkerheit, kjemi- og bioingeniørfag i samarbeid med Sweco Norge AS, avd. Steinkjer.

Rapporten henvender seg til studenter, ingeniører og andre personer med interesse for bærekraft og som har tidligere kjennskap til brannsikkerhet eller bygningsteknikk. Det er fordelaktig med noe forkunnskap fra teknologiske fag, men de fleste definisjoner er forklart i starten av rapporten.

Under arbeidet med denne rapporten er det flere nasjonale og internasjonale forslag rundt ombruk av byggemateriale til behandling og forhandling i sine respektive etater. Dette kan føre til at man får nye, konkrete krav eller forslag til hvordan produkter designes, monteres og gjenbrukes, som en del av overgangen til sirkulær økonomi. Oppgaven må derfor sees i sammenheng med krav til miljø, byggeteknikk og brannsikkerhet som er gjeldende våren 2022.

Det finnes veldig spennende og viktige forhold rundt brannsikkerhet, økonomi og bærekraft, og grensesjiktet der disse møtes. Oppgaven skruer så vidt i overflaten til problemstillinger rundt brannsikkerhet i bygninger som ombrukes og hvordan overgangen til sirkulær økonomi spiller en rolle i dette.

Takk til veiledere Tor-Erik Helgesen og Jon Arve Brekken som har kommet med gode innspill under prosjektperioden. Læringsutbyttet er mye større på grunn av dere.



Sara Elise Aasen Bø

Haugesund, 2022

## Innholdsfortegnelse

Ekstrakt.....	4
Abstract .....	4
Forord.....	I
Bildetekstliste .....	V
Tabelliste .....	V
Definisjoner .....	VI
Forkortelser .....	VII
Sammendrag .....	1
Summary .....	2
1 Innledning.....	3
1.1 Bakgrunn .....	3
1.2 Oppgavens mål.....	3
1.3 Avgrensninger.....	4
1.4 Leserveiledning.....	4
2 Metode.....	5
2.1 Kvalitative undersøkelser .....	5
2.2 Kvantitative undersøkelser.....	5
2.3 Metode benyttet i LCA-sammenligning .....	6
2.4 Bakgrunn for scenarioer: Det opprinnelige bygget.....	6
2.1 Scenario 1: Bruksendring fra bygningsbrannklasse 3 til risikoklasse 4 .....	7
2.2 Scenario 2: Bruksendring fra bygningsbrannklasse 3 til risikoklasse 6 .....	7
3 Teori.....	8
3.1 Bærekraftig utvikling i byggebransjen.....	8
3.1.1 Bærekraft – definisjon og påvirkning på byggebransjen.....	8
3.1.2 Utdrag fra nasjonal handlingsplan .....	8
3.1.3 Anskaffelsesloven .....	8
3.1.4 Sertifiseringer .....	9
3.1.5 Overgangen til sirkulær økonomi .....	9
3.2 Livsløpsanalyse .....	10
3.2.1 Faser ved LCA-analyse .....	10
3.2.2 Livsløpet til et bygg.....	11
3.2.3 Variasjoner av LCA-analyse .....	12



3.3	Negative miljøeffekter av bygningsbrann .....	13
3.3.1	Skader på helse og natur .....	13
3.3.2	Økt karbonutslipp .....	13
3.3.3	Vurderinger av branners miljøpåvirkning .....	14
3.4	Bruksendring av eksisterende bygg .....	15
3.4.1	Bruksendring .....	15
3.4.2	Krav til oppgradering av byggverk .....	16
3.4.3	Behov og etterspørsel for bruksendring .....	16
3.4.4	Hvor brenner det? .....	18
3.5	Forhold som bestemmer bygningsbrannklasse og risikoklasse .....	19
3.5.1	Forhold som bestemmer bygningsbrannklasser i Byggeforskrift 85 .....	19
3.5.2	Forhold som bestemmer risikoklasser i TEK17 .....	19
3.5.3	Krav til rømning ved endret risikoklasse .....	20
4	Konstruksjoner og produkter som oppnår ytelseskrav i Scenario 1 og Scenario 2 .....	22
4.1	Endring i ytelseskrav ved Scenario 1 og Scenario 2 .....	22
4.2	Produkter benyttet i LCA-sammenligning: Overflater og kledninger .....	24
4.3	Produkter benyttet i LCA-sammenligning: Isolasjon .....	25
4.4	Produkter benyttet i LCA-sammenligning: Bygningsmaterialer .....	26
4.5	Produktinnhold i produkter i miljøsammenligning .....	27
4.6	Oppbygging av branncellebegrensende konstruksjoner .....	28
4.7	Oppbygging av seksjoneringsvegg .....	34
5	Resultat av LCA-sammenligning .....	35
5.1	LCA-sammenligning av innvendige overflater og kledninger .....	35
5.2	LCA-sammenligning av isolasjon .....	37
5.3	LCA-sammenligning av konstruksjoner med brannmotstand .....	39
5.4	LCA-sammenligning av seksjoneringsvegg .....	41
6	Diskusjon .....	42
6.1	Vedlikehold og holdbarhet på produkter og bygg .....	42
6.2	Bygg i sirkulære livsløp .....	42
6.3	Dokumentasjon og informasjon om produkter .....	44
6.4	Bruk av kjemikalier .....	44
6.5	Krav til ombruk gjennom offentlige anskaffelser .....	45
6.6	Flere bygg med universell utforming .....	46

6.7	Økt fokus på brann i livsløpsanalyser .....	46
6.8	Endring av krav ved de to scenarioene .....	47
6.9	Vurdering av metode ved GWP-sammenligning .....	47
6.10	Vurdering av resultat ved GWP-sammenligning .....	48
7	Konklusjon .....	50
8	Fremtidig arbeid .....	51
9	Referanser .....	52
	Vedleggsliste.....	59
	Vedlegg A – Sammenligning av branntekniske krav i Scenario 1 .....	A
	Vedlegg B – Sammenligning av branntekniske krav i Scenario 2 .....	E
	Vedlegg C - GWP-beregninger .....	I

## Bildetekstliste

Figur 1: Skisse av fremgangsmåte og metode for bachelorprosjektet .....	5
Figur 2: Eksempel på systemgrenser oppgitt på EPD .....	6
Figur 3: Illustrasjon av bruksendring fra risikoklasse 2 til 4 .....	7
Figur 4: Illustrasjon av bruksendring fra risikoklasse 2 til 6 .....	7
Figur 5: Et produkts livsløp i sirkulær økonomi. [18].....	9
Figur 6: Faser ved LCA-analyse [20].....	10
Figur 7: Bygningers livsløp slik det blir benyttet i LCA-analyse [21].....	11
Figur 8: Sammenligning av karbonutslippet til et bygg med og uten branntilløp [26] .....	14
Figur 9: Bruk av et bygg er søknadspliktig om den er ulik tidligere bruk [37].....	15
Figur 10: Prosentendring i folketall og eksisterende bygningsmasse 2002-2022. Tall fra SSB [43].....	17
Figur 11: Statistikk over brann i ulike bygningstyper 2016-2022 [49]. .....	18
Figur 12: Aktive tiltak kan øke tilgjengelig rømningstid .....	21
Figur 13: Brannmotstand for vegger avhengig av funksjon og krav i henhold til TEK17 [78]. .....	28
Figur 14: Brannmotstand for massive murte eller støpte vegger [79].....	34
Figur 15: GWP for innvendig overflater og kledninger i fase A1-A3 .....	35
Figur 16: GWP for innvendig overflater og kledninger i fase A1-A5, B1, C1-C4 og D.....	36
Figur 17: GWP for isolasjon i fasene A1-A3 .....	37
Figur 18: GWP for isolasjon i fasene A1-A5, C1-C4 og D .....	38
Figur 19: GWP for vegger med brannbegrensende egenskaper ut fra veggtype.....	39
Figur 20: GWP for vegger med brannbegrensende egenskaper ut fra oppnåelse av ytelser .....	40
Figur 21: Sammenligning av GWP for seksjoneringsvegger .....	41
Figur 22: Sammenligning av lineære og sirkulære livsløp .....	43
Figur 23: Forholdet mellom påvirkningsmuligheter og kostnader [81]. .....	43
Figur 24: Antall bygningsbranner 2015-2021. Tall fra SSB [84].....	45
Figur 25: Skisse av livsløpet til vegg 3, vegg 5 og vegg 8 i lineære og sirkulære livsløp.....	49
Figur 26: Illustrasjon av vegg 3, 5 og 8. ....	49

## Tabelliste

Tabell 1: Definisjoner.....	VI
Tabell 2: Forkortelser .....	VII
Tabell 3: Varianter av LCA-analyser.....	12
Tabell 4: Forhold som bestemmer bygningsbrannklasse i BF85 [15].....	19
Tabell 5: Sammenligning av bakgrunn for risikoendringen i de to scenarioene. ....	20
Tabell 6: Krav fra BF85 sammenlignet med RKL4 og RKL6. ....	22
Tabell 7: Produkter og produkttyper benyttet i LCA-sammenligning for innvendige overflater og kledninger.....	24
Tabell 8: Produkter og produkttyper benyttet i LCA-sammenligning for isolasjon.....	25
Tabell 9: Bygningsmaterialer benyttet i LCA-sammenligning for konstruksjoner.....	26
Tabell 10: Produktinnhold i produkter benyttet i miljøsammenligning.....	27
Tabell 11: Veggkonstruksjoner benyttet til miljøsammenligning .....	29
Tabell 12: Produkter og produkttyper benyttet i LCA-sammenligning for seksjoneringsvegg .....	34
Tabell 13: Sammenligning av endrede krav fra BF85 til Scenario 1 og 2 .....	47

## Definisjoner

Tabell 1: Definisjoner

<b>Brannklasse</b>	Byggverk kan plasseres i ulike klasser, ut fra hvilken konsekvens en brann har for liv, helse, samfunnsmessige interesser og miljøet. Klassene består av 4 klasser, der 1 har lavest konsekvens [1].
<b>Bruksendring</b>	Å bruke/endre er å endre bruk av et rom eller et bygg fra en tillatt bruk til en annen [2].
<b>Bærekraft</b>	Å tilfredsstillere behovene til menneskene som lever nå, uten å ødelegge fremtidige generasjoners muligheter til å tilfredsstillere sine behov [3].
<b>Fluktvei</b>	Del av branncelle som brukes til rømning og evakuering fram til rømningsvei eller til sikkert sted [50].
<b>Gjenbruk</b>	Gjenbruk blir ofte brukt litt upresist om både ombruk, materialgjenvinning og energiutnyttelse [4].
<b>Gjenvinning</b>	En samlebetegnelse for materialgjenvinning og energiutnyttelse [4].
<b>Globalt oppvarmingspotensiale</b>	Det globale oppvarmingspotensialet (GWP) måler karbondioksid og andre klimagassutslipp tilknyttet produktet [5]. Brukes i denne sammenheng i utslipp ved livsløpsanalyse.
<b>Lineært livsforløp</b>	Et bygg med et lineært livsforløp er i denne sammenheng et bygg fra «start til slutt», uten gjenvunnede og ombrukte produkter i produksjon- og avhendingsfasen.
<b>Livsløpsanalyse</b>	Analyser av produkters livsløp gjennomføres for å evaluere miljømessige konsekvenser knyttet til et produkt, et produktsystem eller en aktivitet. Dette gjøres ved å identifisere og beskrive energi- og materialforbruket (kvantitativt og kvalitativt) samt avfall og forurensninger til miljøet, og ved å analysere konsekvensene av dette [6].
<b>Materialgjenvinning</b>	Avfall omdannes til nye produkter, for eksempel ved at et plastmateriale smeltes om til plastpellets som kan brukes til å lage nye plastprodukter. Dette blir ofte kalt for resirkulering [4].
<b>Nødvendig rømningstid</b>	Tiden fra brannstart til alle er på sikkert sted [7].
<b>Ombruk</b>	Produkter eller materialer brukes på nytt til samme formål som før, uten at de må bearbeides noe særlig. Dette kan for eksempel være bygningselementer som stålbjelker, murstein eller vinduer som brukes om igjen av andre [4].  I denne rapporten brukes begrepet «ombruk av bygg» om å bruke et eksisterende bygg på nytt, med lik eller endret bruk.
<b>Risikoklasse</b>	Risikoklassene tar hensyn til at ulike samfunnsgrupper har ulik risiko i forbindelse med brann. Hele eller deler av et bygg kan deles inn i risikoklasser mellom 1 og 6, der risikoklasse 1 har lavest risiko [8].
<b>Sirkulær økonomi</b>	I en sirkulær økonomi utnytter vi naturressurser og produkter effektivt og så lenge som mulig, i et kretsløp der minst mulig ressurser går tapt [4].

<b>Tilgjengelig rømningstid</b>	Tid fra brannstart til ett eller flere kritiske forhold har inntruffet [9].
<b>Universell utforming</b>	Planlegge produkter, omgivelser, programmer og tjenester slik at de kan brukes av så mange mennesker som mulig på en likeverdig måte. Hensikten er å oppnå like muligheter til samfunnsdeltakelse og motvirke diskriminering på grunnlag av nedsatt funksjonsevne [10].
<b>Ytelseskrav</b>	Myndighetenes tolkning og konkretisering av hva som skal til for å tilfredsstille funksjonskravene [11]. Funksjonskrav er minstekravet til overordnede formål eller oppgaver som skal oppfylles i det ferdige byggverket [11].

## Forkortelser

*Tabell 2: Forkortelser*

<b>BF85</b>	Byggeforskrift 1985. Opphevet
<b>BFO</b>	Brannfaglig fellesorganisasjon
<b>BKL</b>	Brannklasse
<b>BREEAM</b>	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
<b>CEEQUAL</b>	The Civil Engineering Environmental Quality Assessment & Award Scheme
<b>DFØ</b>	Direktoratet for Forvaltning og Økonomistyring
<b>DOK</b>	Forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk. Gjeldende fra 01.01.2014
<b>EPD</b>	Environmental Product Declaration
<b>EU</b>	Den Europeiske Union
<b>FN</b>	Forente Nasjoner
<b>GWP</b>	Global Warming Potential. Globalt oppvarmingspotensial.
<b>LCA</b>	Life Cycle Assessment
<b>NAF</b>	Norges Automobil-Forbund
<b>PBL</b>	Plan- og bygningsloven vedtatt 27.06.08
<b>RKL</b>	Risikoklasse
<b>SAK10</b>	Byggesaksforskriften gjeldende fra 01.07.10
<b>SSB</b>	Statistisk sentralbyrå
<b>TEK17</b>	Byggeteknisk forskrift gjeldende fra 01.01.17
<b>vTEK17</b>	Veiledning til TEK17, med preaksepterte ytelser

## Sammendrag

Endrede behov og etterspørsel til eksisterende bygningsmasse, kombinert med behov for å senke miljøutslipp fra byggebransjen, har gjort ombruk av bygg svært aktuelt. Ved ombruk av bygg vil det ofte oppstå søknadspliktig bruksendring av bygget. Bruksendring trer i kraft dersom bruken av bygget er forandret, med hensikt å ivareta personsikkerheten i bygget. En økt risiko i bygget, på grunn av endret funksjon hos brukere eller aktiviteter i bygget, kan gi høyere krav til brannsikkerhet.

I rapporten er det beskrevet to scenarier der et eldre bygg endrer risikoklasse. Funksjonen til bygget endres fra et sted der folk oppholder seg i våken tilstand, til et sted som er beregnet for overnatting. I det ene scenarioet kan ikke brukerne av bygget nødvendigvis rømme på egenhånd, noe som gir høyere krav til brannsikkerheten.

Oppgaven beskriver spesifikke bygningsmaterialer og konstruksjoner som oppnår branntekniske krav til de to scenarioene. Det potensielle oppvarmingspotensialet fra disse blir sammenlignet. Resultatet av miljøsammenligningene gir en indikasjon om at konstruksjoner som oppfyller ytelseskrav til en høyere risikoklasse har høyere utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter enn konstruksjoner som oppfyller krav til en lavere risikoklasse.

Arbeidet med denne oppgaven tyder på at konstruksjoner i et lineært livsløp har høyere globalt oppvarmingspotensiale enn konstruksjoner i et sirkulært livsløp. I noen tilfeller vil byggematerialer i et sirkulært livsløp, med bruksendring til høyere risikoklasse, kunne gi en mer gunstig miljøpåvirkning enn bruk av mer miljøvennlige produkter i et lineært livsløp.

## Summary

### **Sustainable Repurpose of Buildings - Change of Risk Class and Related Fire Safety Challenges**

Changes in use and demand for existing buildings, combined with the need to reduce environmental emissions from the construction industry, have made repurpose of buildings more relevant. In Norway “change of use” will take place if the use of the building is different than before, with the goal to ensure safety in the building. An increased risk to the building safety, due to the changed function of users or activities in the building, can result in stricter requirements to fire safety.

This report describes two scenarios where the risk class changes, from a place where people stay awake to a place intended for accommodation, and users of the building cannot necessarily escape on their own, which gives higher requirements for fire safety.

Specific construction materials and constructions that meet the requirements from two different risk classes is described. Results of LCA comparisons of the two scenarios indicate that structures that meet pre-approved performance requirements in higher risk class have higher emissions of CO<sub>2</sub> equivalents than structures that meet the requirements from a lower risk class.

The conclusion in this report suggests that the repurpose of buildings and building materials in a circular economy, with change of use to a higher risk class, provides a more favorable environmental impact than the use of more environmentally friendly products in a linear economy.

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Den 12. desember 2015 forpliktet Norge seg til FNs juridisk bindende Paris-avtale. Avtalen har som mål å kutte klimagassutslipp for å senke temperaturstigningen på jorda til «*godt under 2 °C, og helst til 1,5 °C* [12].» Gjennom avtalen er Norge forpliktet til å utarbeide utslippsmål, som hvert femte år fra og med 2021 skal oppdateres til et mer ambisiøst mål [12].

Nesten 10% av Norges klimagassutslipp kommer fra produksjon og transport av byggemateriale, noe som gjør at potensialet tilknyttet byggevirksomhet er stort [13]. Ombruk av bygg vil være en viktig del av et bærekraftig livsforløp,<sup>1</sup> og bruksendring et påfølgende tiltak av dette. Dette har ført til et større fokus på ombruk av bygg og materialer enn før.

Samtidig har befolkningsvekst, endring i demografi og industri endret hvilke typer bygninger som er i etterspørsel. Tall fra 2016 viser at omtrent 2 000 boliger blir ombygget fra eksisterende bygningsmasse hvert år, noe som utgjør mellom 6 og 7 prosent av alle nye boliger [14].

Denne rapporten ser på hvilke situasjoner bruksendring trer i kraft, og hvilke konsekvenser endring av brann- og risikoklasse får for miljøbelastning og personsikkerhet.

Oppgaven vil ta for seg bruksendring fra bygningsbrannklasse 3 til risikoklasse 4, og til risikoklasse 6. Miljøpåvirkningen fra produkter og konstruksjoner som oppnår ytelseskravene sammenlignes for å undersøke hvilke branntekniske tiltak som er mer bærekraftige. Prosjektoppgaven skal se på, og hvilke forutsetninger man må ha for å legge til rette for bærekraftig bruksendring.

## 1.2 Oppgavens mål

Hovedmålet med oppgaven er å se på hvordan bruksendring av bygg spiller en rolle i bærekraftig utvikling, og hvilken effekt risikoendring har for bærekraftigheten i bygget.

For å komme fram til hovedmålet skal følgende punkter undersøkes:

- Undersøke i hvilke situasjoner bruksendring trer i kraft.
- Undersøke hvilke konsekvenser endring av brann- og risikoklasse får for miljøbelastning og personsikkerhet.
- Undersøke hvilke branntekniske tiltak som er mer bærekraftige.
- Undersøke hvilke forutsetninger som skal ligge til grunn for at bærekraftige tiltak kan implementeres.

---

<sup>1</sup> Når denne oppgaven utarbeides behandler DiBK samtidig forslag om endring i TEK17 som går på klimabaserte energikrav til bygg og ombruk av byggevarer. [83]



### 1.3 Avgrensninger

For å begrense oppgavens omfang må noen avgrensninger innføres.

- Oppgaven tar for seg bruksendring med endring av risikoklasse i to ulike scenarier.
- Ved bruksendring kan bygget ligge i grenseskillet mellom bruksfasen og prosjekteringsfasen. Oppgaven tar for seg bygget i prosjekteringsfasen.
- Ved vurdering av risiko vil oppgaven ta hensyn til personsikkerhet, ikke andre former for sikkerhet.
- Vurderinger rundt bruksendring tar ikke for seg ubebygde deler av tomt/fellesarealer, påbygg eller tilbygg.
- Sammenligning av miljøpåvirkningen fra produkter vil være forenklet ved å kun ta for seg ett produkt for hver produkttype, ikke et gjennomsnitt av produkttypen.
- Kun passive brannsikringstiltak vil bli vurdert i forhold til miljøpåvirkning.
- Økonomiske kostnader ved de ulike branntekniske tiltakene i de to scenarioene vil ikke bli beregnet.

### 1.4 Leserveiledning

Rapporten er utformet som en teoretisk rapport, som presenteres på følgende måte:

Kapittel 2 beskriver metoder benyttet i teori, miljøsammenligning og scenarioene som er grunnlaget for sammenligningene.

Kapittel 3 er resultatet av litteraturstudie, og presenterer teori rundt bærekraft i byggebransjen, aspekter rundt miljøutslipp fra bygningsbranner, beskrivelse av hva bruksendring er, når det trer i kraft og hvilke konsekvenser det får for brannprosjekteringen av et bygg.

Kapittel 4 beskriver ytelseskravene som endres ved scenarioene, og materialene og konstruksjonene som oppfyller kravene.

Kapittel 5 presenterer resultatet av miljøsammenligningen gjort av materialene og konstruksjonene som oppfyller ytelseskravene ved de to scenarioene.

Kapittel 6 diskuterer emnet, oppgavens resultater og bruken av metoder i oppgaven.

Kapittel 7 presenterer en konklusjon på oppgavens problemstilling.

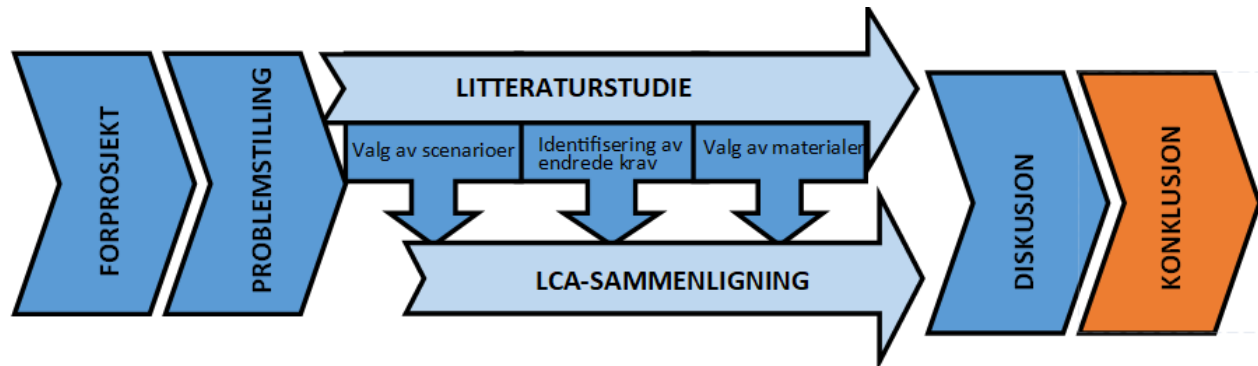
Kapittel 8 ser på videre arbeid som kan gjennomføres for å utdype emnet.

Avslutningsvis inneholder rapporten liste over referanser og vedlegg.

## 2 Metode

Rapporten baserer seg på litteraturstudie av tilgjengelige ressurser, vurdering av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter fra LCA-analyser og sammenligning av resultatene.

Et forprosjekt har resultert i en problemstilling og oppgavetekst som i hovedsak skal løses gjennom litteraturstudie. Litteraturstudie gir bakgrunn for hvilke scenarier som velges og hvilke materialer og konstruksjoner som skal sammenlignes i henhold til potensielt oppvarmingspotensial. Litteraturstudie og LCA-sammenligningen foregår parallelt, og diskuteres før en konklusjon blir presentert, som illustrert på Figur 1.



Figur 1: Skisse av fremgangsmåte og metode for bachelorprosjektet

### 2.1 Kvalitative undersøkelser

Litteraturstudie gjøres på bakgrunn av informasjon fra publiserte rapporter, samt nasjonale og internasjonale forskrifter. Relevant informasjon innhentes for å samle eksisterende kunnskap om emnet, slik at det kan sammenlignes med, og utdype funnene fra, de kvantitative undersøkelsene.

Arbeidet fra litteraturstudiet er grunnlaget for de kvantitative undersøkelsene. Teorien presenteres under kapittel 3.

### 2.2 Kvantitative undersøkelser

Kartlegging av behovet for ombruk av bygg og behovet for bygningstyper gjøres ved kvantitative undersøkelser fra statistikk fra Statistisk sentralbyrå.

Vurdering av bærekraft gjøres på bakgrunn av LCA-sammenligning, med vurdering av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter for deler av livsløpet.

LCA-sammenligning gjøres på bakgrunn av EPD-er fra EPD-Norge. EPD-ene er verifisert av og registrert av en tredjepart, og det standardiserte oppsettet på dokumentene gjør informasjonen sammenlignbar mellom ulike produkter og produsenter.

### 2.3 Metode benyttet i LCA-sammenligning

Miljøpåvirkningen i denne rapporten beregnes ut fra GWP, globalt oppvarmingspotensial, for hvert av produktene. GWP oppgis i kilo CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Oppgitt GWP omgjøres fra deklarerer enhet til m<sup>3</sup>, og mengden produkt fra kapittel 4 benyttes for å sammenligne valgte materialer og konstruksjoner. Beregninger finnes på Vedlegg C - *GWP-beregninger*.

For at miljøpåvirkningen skal være sammenlignbar tas kun deler av livsløpet til produktet med i beregningen, med noen unntak. Grunnen til dette er at ulike EPD-er oppgir ulike systemgrenser. Her markeres deklarererte systemgrenser, ikke deklarererte systemgrenser og systemgrenser som ikke har noen betydning eller relevans for analysen. Isolasjonsproduktene er oppgitt i en «vugge til port», og de fleste platematerialene er oppgitt i «vugge til grav-analyse,» men med bruksfasen utelatt, som vist på Figur 2.

Systemgrenser oppgis derfor sammen med hvert resultat i kapittel 5.

Systemgrenser (X = inkludert, MID = modul ikke deklarerert, MIR = modul ikke relevant)																
Produktfase			Konstruksjon installasjon fase		Bruksfase							Slutfase				Etter endt levetid
Råmaterialer	Transport	Tilvirkning	Transport	Konstruksjon installasjon fase	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskiftinger	Renovering	Operasjonell energibruk	Operasjonell vannbruk	Demontering	Transport	Avfallsbehandling	Avfall til sluttbehandling	Gjenbruk-gjenvinning-resirkulering-potensiale
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	X	X	MID	MID	MID	MID	MID	MID	MID	X	X	X	X	X

Figur 2: Eksempel på systemgrenser oppgitt på EPD

### 2.4 Bakgrunn for scenarier: Det opprinnelige bygget

Opgaven avgrenses til å ta for seg to scenarier med bruksendring. Scenarioene er valgt på bakgrunn av en forventet økt andel eldre befolkning og forventet økt behov for boliger.

Det opprinnelige bygget, som skal ombrukes, velges på bakgrunn av arbeid gjort gjennom denne oppgavens litteraturstudie. Et opprinnelig bygg benyttes for å ha et utgangspunkt for å undersøke hvordan kravene til brannsikkerhet endres. Det antas at det opprinnelige bygget har vært brukt til industri, fabrikk eller lager, og er oppført etter Byggeforskrift 85.

Andre antagelser og forutsetninger om bygget inkluderer:

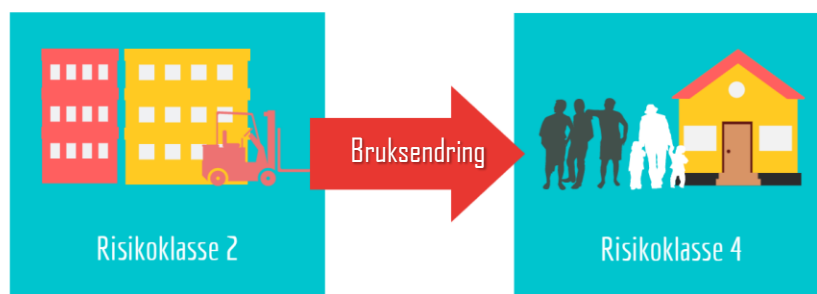
- Bygget oppnår opprinnelige krav i bygningsbrannklasse 3 fra BF85.
- Det antas at brannsikkerhetstiltak skal oppgraderes til TEK17.
- Bygget har 2 etasjer, og antall etasjer holdes konstant.
- Hver etasje har et bruttoareal på 1000 m<sup>2</sup>.
- Bygget har ikke loft.
- Ingen særskilt fare for eksplosjon i bygningen.
- Ingen brannfarlig virksomhet i bygningen.
- Spesifikk brannenergi per m<sup>2</sup> gulvflate i bygget har en verdi mellom 50-400 MJ.

## 2.1 Scenario 1: Bruksendring fra bygningsbrannklasse 3 til risikoklasse 4

Scenario 1 beskriver bruksendring av bygg som tidligere kan ha vært brukt til industri, fabrikk eller lager, men som skal endres til bolig, fritidsbolig, internat eller studentbolig.

Lager- og industribygg vil etter BF85 havne i bygningsbrannklasse 3 [15]. Dette vil tilsvare risikoklasse 2 i TEK17 [8]. Bolig, fritidsbolig, internat og studentbolig plasseres i risikoklasse 4 som preakseptert løsning fra vTEK17 [8]. Risikoen skal vurderes ut fra at personer skal overnatte i bygget. I risikoklasse 4 forutsettes det at mennesker i bygget kan bringe seg selv i sikkerhet [8].

Bruksendring fra risikoklasse 2 til risikoklasse 4 er illustrert på Figur 3.



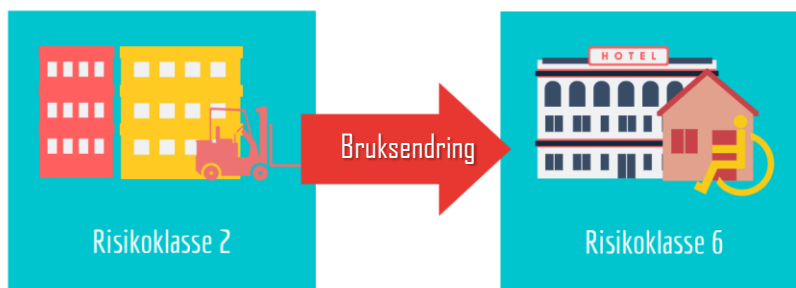
Figur 3: Illustrasjon av bruksendring fra risikoklasse 2 til 4

## 2.2 Scenario 2: Bruksendring fra bygningsbrannklasse 3 til risikoklasse 6

Scenario 2 beskriver bruksendring av bygg som tidligere kan ha vært brukt til industri, fabrikk eller lager, men som nå skal benyttes som asylmottak, seniorbolig, hotell, eller pleieinstitusjon.

Lager- og industribygg vil etter BF85 havne i bygningsbrannklasse 3 [15]. Dette vil tilsvare risikoklasse 2 i TEK17 [8]. Asylmottak, seniorbolig, hotell og pleieinstitusjon plasseres i risikoklasse 6 som preakseptert løsning fra vTEK17 [8]. Risikoen skal vurderes ut fra at personer skal overnatte i bygget. I risikoklasse 6 tas det hensyn til at personer ikke er kjent på stedet og/eller ikke kan bringe seg selv i sikkerhet [8]. Ettersom bygget har 2 etasjer, vil brannklassen være BKL2 [1].

Bruksendring fra risikoklasse 2 til risikoklasse 6 er illustrert på Figur 4.



Figur 4: Illustrasjon av bruksendring fra risikoklasse 2 til 6

## 3 Teori

### 3.1 Bærekraftig utvikling i byggebransjen

#### 3.1.1 Bærekraft – definisjon og påvirkning på byggebransjen

Ordet «bærekraft» kan benyttes i ulike sammenhenger, med ulik mening og vektning. FN definerer bærekraft som «En utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov [16].»

For byggebransjen betyr det at tilgjengelige ressurser må benyttes klokt, for at det i fremtiden også kan bygges i ønsket standard. Ombygging, rehabilitering og bruksendring av bygningsmasser vil gi eldre bygninger lenger levetid, mindre transport av bygningsmaterialer og mindre bygningsavfall.

For å etterfølge FNs bærekraftsmål har bygningers miljøpåvirkning blitt inkludert i nasjonal handlingsplan, og det er utarbeidet nye miljøsertifiseringer og miljøkriterier for anleggsanskaffelser [17].

#### 3.1.2 Utdrag fra nasjonal handlingsplan

I juni 2021 la regjeringen fram en nasjonal strategi for å nå FNs bærekraftsmål innen 2030. Her står det blant annet [13]:

*«Et bidrag til å redusere byers og lokalsamfunns miljøpåvirkning er å redusere energi- og ressursbruk i bygg. Norges 4,2 millioner bygninger står for om lag halvparten av Norges forbruk av elektrisitet, eller i underkant av 40 prosent av samlet energibruk. Klimagassutslippene fra selve bygningsmassen er relativt små i Norge, men aktivitet knyttet til byggevirksomhet konsumerer store mengder fossil energi.*

*Næringen står for rundt 15 prosent av Norges klimagassutslipp, og nesten to tredjedeler av dette er knyttet til produksjon og transport av materialer. Bygg- og anleggssektoren er en av sektorene med størst potensial for økt sirkularitet, blant annet på grunn av et høyt avfallsvolum.*

*Overgangen fra en lineær til en sirkulær økonomi er en del av løsningen for at byggenæringen skal bli mer bærekraftig. Forlenget levetid for bygg, ombruk av eksisterende bygg og materialgjenvinning bidrar til å minske råvarebruken, avfallsmengden, utslippene og energiforbruket. Regjeringen vil gjøre det lettere å bruke brukte byggevarer om igjen [13].»*

#### 3.1.3 Anskaffelsesloven

Anskaffelsesloven gjelder bygge- og anleggskontrakter over 100 000 kroner der stat, fylkeskommune, kommune og andre offentlige foretak er oppdragsgiver. Loven skal sikre effektiv og samfunnstjenestelig bruk av ressurser. «...anskaffelsespraksis[en skal innrettes] slik at den bidrar til å redusere skadelig miljøpåvirkning, og fremme klimavennlige løsninger der dette er relevant. Dette skal blant annet skje ved at oppdragsgiveren tar hensyn til livssyklus-kostnader [18].»

Direktoratet for forvaltning og økonomistyring (DFØ) har utarbeidet verktøyet «Kriterieveiviseren» som hjelper oppdragsgiver under anskaffelsesloven å stille krav og kriterier til miljø i anskaffelsene sine. Formålet er å gi et felles utgangspunkt for miljøkrav i kunngjøringer [19]. På den måten får

entreprenørene en tydelig oversikt over hvilke miljøkrav som gjelder prosjektet, og forutsigbarhet og trygghet til å ivareta disse kravene [20]. «Kriterieveiviseren» har kriteriesett for nybygg, anlegg og leie av eiendom, men per i dag ingen veiviser for ombygging eller bruksendring av eksisterende bygg, selv om deler av kriteriesettet for nybygg kan benyttes.

### 3.1.4 Sertifiseringer

Det vil for mange aktører være et konkurransefortrinn å markedsføre seg som miljøvennlig og bærekraftig. Sertifiseringer, som BREEAM, CEEQUAL og Svanemerket, kan bidra til å unngå at bedrifter markedsfører seg som dette dersom de kun følger minstekravet i lover og forskrifter [17].

### 3.1.5 Overgangen til sirkulær økonomi

Overgang til sirkulær økonomi blir av regjeringen foreslått som en løsning for at byggebransjen skal bli mer bærekraftig [13]. Sirkulær økonomi vil innebære å bruke produkter så lenge som mulig ved å reparere, oppgradere og bruke de på nytt [4]. Produkter som ikke kan ombrukes skal gjenvinnes til bruk av produksjon av nytt produkt. Mer effektiv utnytting av produkter reduserer klimagassutslipp, begrenser tapet av naturmangfold og reduserer behovet for å ta ut nye ressurser [4].

Det er fokus på sirkulær økonomi både i Norge og EU. «I tillegg til å ha stor positiv effekt på miljø og klima kan overgangen til en mer sirkulær økonomi bidra til nye arbeidsplasser. Begge deler er viktig årsak til at dette står høyt på EUs politiske agenda [4].» I EUs handlingsplan kommer det fram at det er ønskelig å sette krav til design av produkter, slik at gjenbruk og materialgjenvinning fremmes.

I Norge er en nasjonal handlingsplan med konkrete tiltak til sirkulær økonomi under utarbeidelse, og vil sannsynligvis være ferdig i 2023 [4].

Et viktig aspekt for sirkulær økonomi er å se på hele livssyklusen til et produkt. Livssyklusen starter allerede med ressursene som trengs for å finne og hente ut råvarer, og ender når produktet ikke lenger kan gjenbrukes eller resirkuleres, og er avfall. I et sirkulært livsløp skal mest mulig resirkuleres og gjenbrukes. Et sirkulært livsløp er vist på Figur 5.



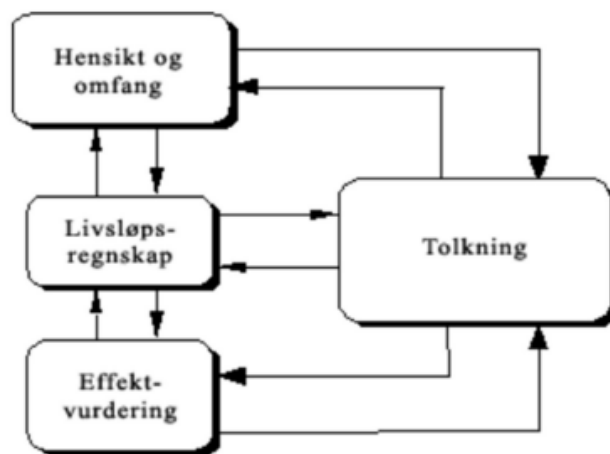
Figur 5: Et produkts livsløp i sirkulær økonomi. [21]

## 3.2 Livsløpsanalyse

En metode for å vurdere et produkts miljøpåvirkning kan gjøres gjennom livsløpsanalyse, også kalt LCA. En slik analyse av et produkt gjennomføres for å kartlegge de miljømessige konsekvensene av produksjon, bruk, vedlikehold, transport, resirkulering og kassering av produktet. LCA er en av mange metoder for å kartlegge miljøpåvirkningen av et produkt. Formålet med denne typen analyse er å sammenligne ulike produkter og løsninger, slik at den helhetlige miljøpåvirkningen kommer fram [6].

En LCA er delt inn i fire faser som vist på Figur 6 iht. standarden NS-EN ISO 14040 2006 [22].

- Fastsettelse av hensikt og omfang
- Livsløpsregnskap
- Effektvurdering
- Tolkning



Figur 6: Faser ved LCA-analyse [23]

### 3.2.1 Faser ved LCA-analyse

Den første fasen i en LCA er å beskrive hensikten, omfanget og målet med å gjennomføre analysen. Mottaker av analysen skal beskrives, samt hvorvidt resultatet skal offentliggjøres [22].

Produkter og systemer kan ha en rekke ulike funksjoner. Analysens funksjonelle enhet skal derfor defineres. Ved sammenligning av produkter er det spesielt viktig at de har samme funksjonelle enhet slik at analysen blir gjort på felles basis og er rettferdig og sammenlignbar. Et eksempel på dette er sammenligning av en søyle i tre med en søyle i stål. Begge søylene skal tåle en gitt last. Funksjonen er å bære denne lasten. For å gjøre en sammenligning, må det derfor ses på mengde, i f.eks. m<sup>3</sup> som trengs for hver av produktene for å tilfredsstille funksjonen [22].

Systemgrenser defineres for at resultatet fra livsløpsregnskapet skal bli korrekt og sammenlignbart. Disse beskriver detaljeringsgraden på analysen av produktsystemet, hvilke trinn i livsløpet som skal inkluderes og hvilke miljøpåvirkningskategorier som skal vurderes. Når man definerer omfanget av analysen skal også krav til datakvalitet, forutsetninger og begrensinger beskrives [22].

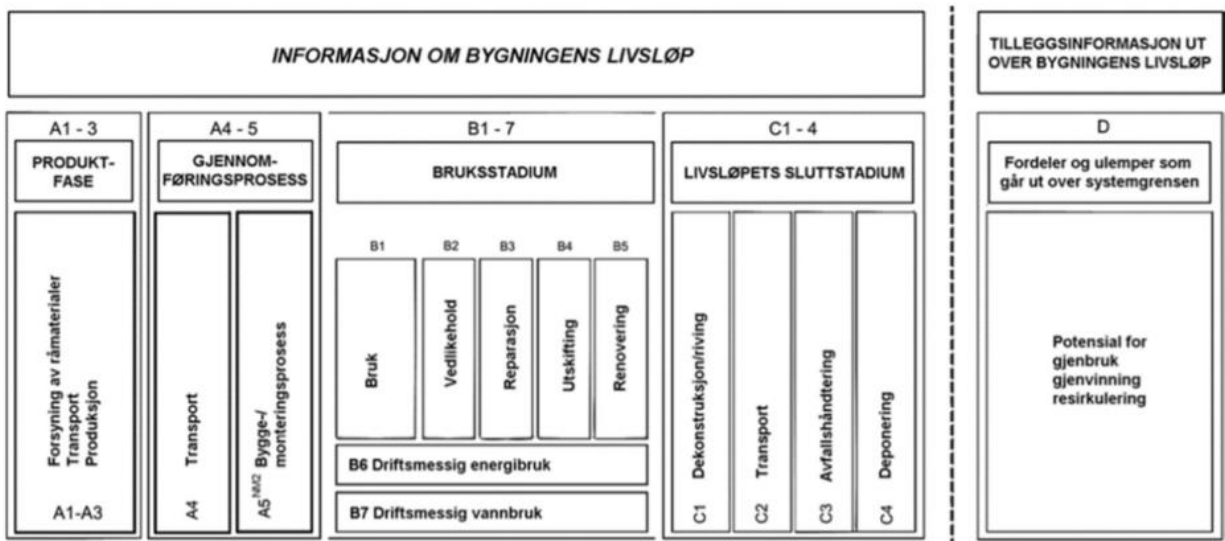
Livsløpsregnskapet innebærer innsamling av data for de aktuelle produktene og beregningsprosedyrer. Relevante inn- og utgangsfaktorer i produktets livsløp samles inn og kvantifiseres [22].

Fasen for effektvurdering klassifiserer miljøpåvirkningene basert på resultatene fra livsløpsregnskapet. Potensielle miljøpåvirkninger for et produkt blir vurdert på de ulike trinnene i livsløpet [22].

Det er viktig med tolkning av resultatene fra livsløpsanalysen for å forstå og presentere resultatene. Tolkingsfasen er den fasen av LCA der funnene fra livsløpsregnskapet og effektvurderingen vurderes. Tolkingsfasen skal levere resultater som er i samsvar med definert hensikt, omfang og mål og som gir konklusjoner, forklarer begrensninger og gir anbefalinger [22].

### 3.2.2 Livsløpet til et bygg

Livsløp til bygninger kan deles inn i fem faser; Produktfase (A1-A3), gjennomføringsprosess (A4-A5), bruksstadium (B1-B7), livsløpets sluttstadium (C1-C4) og potensial for gjenbruk, gjenvinning og resirkulering (D). En illustrasjon av de fem fasene er vist på Figur 7.



Figur 7: Bygningers livsløp slik det blir benyttet i LCA-analyse [24]

Fasen A1-A3 tar for seg produksjon av produktet, A4-A5 beskriver transport fra fabrikk til byggeplass samt installasjon av produkt. Fase B1-B7 er bruksfasen og representerer energiforbruk til blant annet drift, VVS-systemer og vedlikehold. Fase C1-C4 omfatter miljøbelastninger knyttet til avvikling av bygget. Etter endt levetid for bygget, beskriver fase D miljøpåvirkninger og miljøgevinster ved resirkulering og ombruk av produkter [25].



### 3.2.3 *Variasjoner av LCA-analyse*

En LCA-analyse kan gjøres på flere ulike måter, og med ulik faseinkludering. Det er opp til hver enkelt å vurdere hva som skal inkluderes i sin vurdering. De mest vanlige variantene ved analyse av et produkt er vist i Tabell 3.

*Tabell 3: Varianter av LCA-analyser*

<b>Variant</b>	<b>Beskrivelse</b>
<b>«Vugge til grav» (A1-D)</b>	En analyse som inneholder alle fasene i livsløpet betegnes som en «vugge til grav»-analyse, der alle inn- og utdata gjennom hele livsløpet skal inkluderes. Det er den mest fullstendige livssyklusvurderingen, og den inneholder analyse av ressursene fra utvinning («vugge») til avhending («grav») [26]. Analysen kan også vise ulike versjoner for avhending, for eksempel om produktet havner på søppelfylling eller resirkuleres.
<b>«Vugge til port» (A1-A3)</b>	En LCA som inneholder fasene A1-A3 betegnes som en «vugge til port»-analyse, denne tar for seg produksjonsfasen fra råmaterialekstraksjon til produktet er ferdig produsert og klart til levering til forbruker. Analysen inkluderer ikke bruksfasen og avhendingsfasen [27].
<b>«Vugge til vugge» (A1-A1)</b>	En «vugge til vugge»-analyse er en variant av «vugge til grav»-analyse, der produktet i stedet for å bli deponert, blir benyttet til produksjon av nytt produkt [28].

### 3.3 Negative miljøeffekter av bygningsbrann

#### 3.3.1 Skader på helse og natur

En brann vil ha negative miljøkonsekvenser i form av utslipp av giftig røyk, stort vannforbruk for å kontrollere brannen, avrenning av forurenset vann til naturen, økt mengde avfall til deponi og økt klimagassutslipp tilknyttet frakt av både nytt og ødelagt bygningsmateriale [29].

Utslippene fra en bygningsbrann består som regel av nitrogenoksider, svoveloksider, metaller, halogenerte syrer og svevestøv, som kan ha negative korttids- og langtidseffekter i omkringliggende natur [29].

Inhalasjon av nitrogen- og svoveloksider kan hos mennesker gi svekket lungefunksjon, forverring av astma, KOLS, bronkitt og hjerte- og karsykdommer [30] [31]. Svevestøv fra bygningsbrann kan inneholde metaller, som i form av svevestøv kan føres over store områder, og kan gjennom opptak i mat og drikke berøre en stor andel av befolkningen [32]. Metaller som arsen, bly, kadmium, krom, mangan og nikkel kan i høye konsentrasjoner være kreftfremkallende og skade nervesystemet [32].

I tillegg til utslipp av skadelige stoffer vil slokking av en bygningsbrann forbruke en stor mengde vann. I en typisk bygningsbrann brukes det 138 liter vann pr m<sup>2</sup> [29]. Dette blir i overkant 15 000 liter vann for å slokke en hel, gjennomsnittlig bolig. Avrenning av forurenset slokkevann kan føre til miljøfarlige stoffer i grunnvann og vassdrag [33].

Slokkeskum brukes i økende grad i Norge til både førsteinnsats og røykdykking. Mange typer av slokkeskum beregnet for væskebranner (B-skum) inneholder høyflourerte stoffer som vil gjøre drikkevann forurenset [33]. I naturen vil disse stoffene ha potensiale til å bli stabile og langlivet. I tillegg til å være forurensende i seg selv vil slokkeskummet ha en utvaskende effekt på andre miljøfarlige stoffer på branntomten, og føre disse med seg ut i naturen. Denne effekten har også slokkeskum beregnet for brann i fibermaterialer, som tre og tekstil (A-skum) [33].

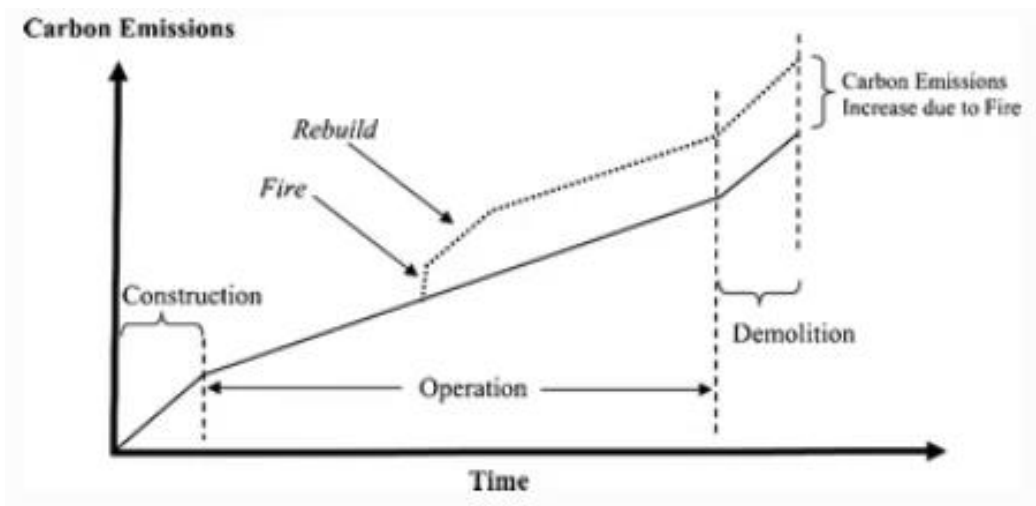
Om bruk av A-skum sier miljøkjemiker Anna Kärrman ved Universitetet i Örebro:

*«De har den effektive vaskeeffekten og det er ikke en god egenskap i denne forbindelsen. Hvis A-skum kommer ned i grunnvannet sammen med forbrenningsprodukter, så er det et like stort miljøproblem som med B-skum. Grunnvannet er sterilt, og det finnes ingen mikroorganismer der som kan bryte ned kjemikaliene [33].»*

#### 3.3.2 Økt karbonutslipp

I tillegg til direkte utslipp i brannforløpet, vil ødelagt materiale måtte fraktes som avfall til avhending, uten å kunne ombrukes. Oppbygging av hele eller deler av bygningen vil gi mer transport, og produksjon av nye byggematerialer kan føre til økt potensielt utslipp.

Figur 8 viser karbonutslippet til et bygg i et lineært livsforløp, der den stiplede linjen viser hvordan et brannforløp skaper en økning i karbonutslipp [29]. Økningen kommer både fra selve brannen, slokkearbeidet og gjenoppbygging av bygningen.



Figur 8: Sammenligning av karbonutslippet til et bygg med og uten brantilløp [29]

### 3.3.3 Vurderinger av branners miljøpåvirkning

En vanlig LCA-analyse tar ikke hensyn til en branns potensielle miljøutslipp. *SP Swedish National Testing and Research Institute* foreslo i 2004 en modell der utslipp fra brann blir inkludert i livsløpsanalysen LCA [34]. «Brann-LCA»-modellen tilsvarer i hovedsak en tradisjonell LCA-tilnærming med inkludering av utslipp fra branner som den viktigste modifikasjonen. Denne modellen inkluderer moduler for å beskrive brannatferden for forskjellige typer branner [34].

Denne måten å gjennomføre en LCA på medregner fordeler et produkt har ved økt brannmotstandsevne gjennom bruk av tilsetningsstoffer. I konvensjonelle LCA-analyser er tilsetningsstoffer og mer komplekse produksjonsprosesser bare oppført som en miljøkostnad [34]. Det vil si at miljøfordelen i forhold til begrensning av en brann ikke tas i betraktning [34].

Vurderinger av hvordan miljøpåvirkning fra branner skal vurderes er et pågående arbeid. For å bedre kunne kartlegge og identifisere miljøskader etter brann i tråd med FNs bærekraftsmål ble det i 2019 laget ISO retningslinjer for hva som bør vurderes ved fastsettelse av miljøpåvirkning fra branner [35].

ISO 26367-1:2019 [35] angir retningslinjer for vurdering av negativ miljøpåvirkning av brann, herunder branner i næringslokaler og boliger, lukkede næringsanlegg og industri- og landbruksanlegg. Det er ment å fungere som et verktøy for utvikling av standarder for å vurdere negative kort- og langtidseffekter på miljøet fra en brann, samle data for fremtidige miljøvurderinger og definere hensiktsmessige forebyggende tiltak [35].

## 3.4 Bruksendring av eksisterende bygg

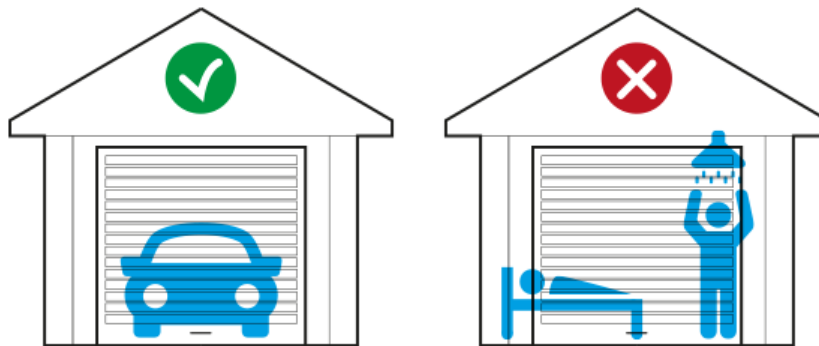
### 3.4.1 Bruksendring

Bruksendring er en endring i bruken av hele eller deler av et eksisterende bygg, eller endring av karakter i forhold til hva bygget opprinnelig ble bygget for. Dette kan skje ved rehabilitering eller planlagt endring av byggets bruk, men også gradvis og «skjult», for eksempel ved økt lagring av brennbart materiale eller ved funksjonstap hos beboere [36].

Dersom byggets utforming ikke lenger dekker brukernes behov vil det ofte bygges om. BFO (Brannfaglig fellesorganisasjon) sier følgende om bruksendring med tanke på brann sikkerhet:

*«Ombygging av vegger, trapper, etasjeskiller og bygningens konstruksjoner kan svekke bygningens opprinnelige sikkerhetsnivå i tilfelle brann. For å sikre at det blir valgt og utformet gode løsninger som ivaretar hele bygningens sikkerhet, har myndighetene stilt minimumskrav [37].»*

Endring av byggets bruk kan føre til andre behov og krav til bygningen eller området rundt, slik at nye forskrifter gjelder, som for eksempel til brannsikkerhet dersom byggets risiko- og brannklasse endres. Det er *Plan- og Bygningsloven* [38] med utdypning i *Byggesaksforskriften* [39], som legger føringer for bruksendring. Tiltak vil være søknadspliktig dersom bruken av bygget er ulik tidligere bruk, eller dersom bruken av bygget er annerledes enn områdetets reguleringsplan tilsier. Et eksempel på ulik bruk er illustrert på Figur 9.



Figur 9: Bruk av et bygg er søknadspliktig om den er ulik tidligere bruk [40].

SAK10 [41] oppgir grunnen til at bruksendringer er søknadspliktige:

*«Søknadspliktig bruksendring defineres for at tiltakshavere lettere skal forstå at de endringer de ønsker å gjennomføre kan bli berørt av plan- og bygningslovgivningens krav, og at de derfor må søke om tillatelse til bruksendring [41].»*

### 3.4.2 Krav til oppgradering av byggverk

Ved søknadspliktig bruksendring er oppgradering av byggets brannsikringstiltak noe som må vurderes. Dersom byggets bruk eller forutsetningene bygget fikk ferdigattest på har endret seg, kan kravene til brannsikringstiltakene ha endret seg. I tillegg har man minstekrav til oppgradering av brannsikringstiltak. Tilbakevirkende kraft på lovverk som omhandler brannsikkerhet gjør at alle bygg har et minstekrav om å minst oppnå BF85 for bygg fra før 1985 [42]. For andre bygg gjelder forskriften som var gjeldende da bygget ble søkt om [42].

Kravene framkommer i Forskrift om brannforebygging [43] fra 2016:

#### *«§ 8. Oppgradering av byggverk*

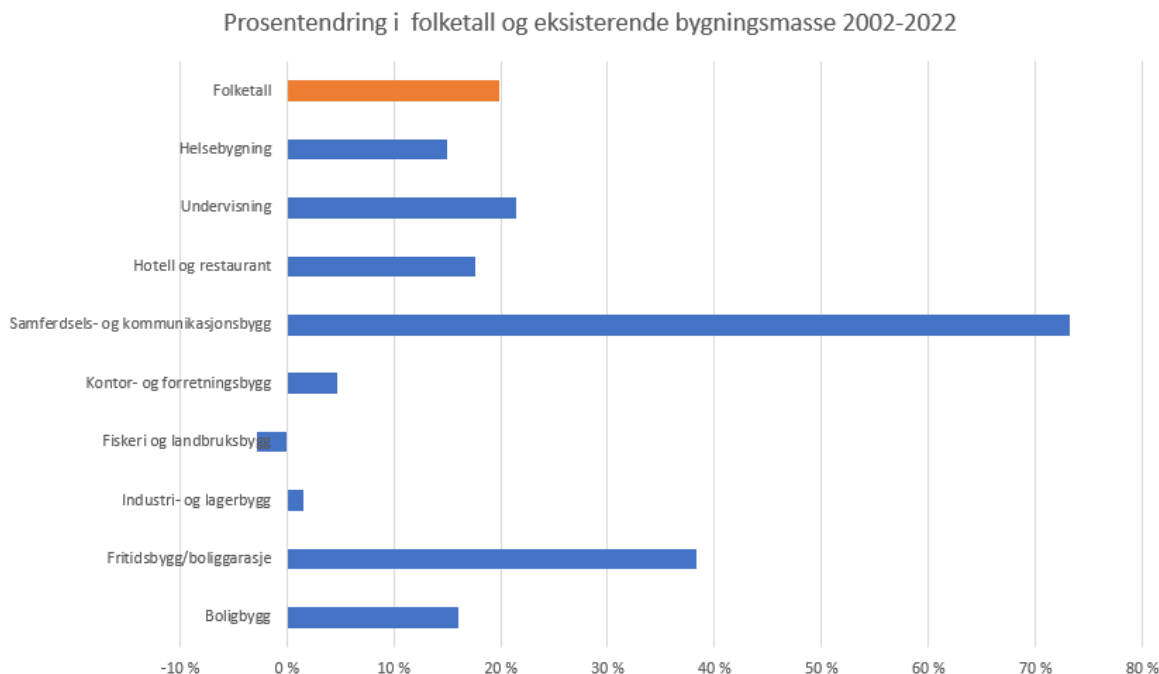
*Eieren av et byggverk skal sørge for å oppgradere sikkerhetsnivået i byggverket slik at det minst tilsvarer nivået som fremkommer av de samlede kravene gitt i byggeforskrift 15. november 1984 nr. 1892 eller senere byggeregler. Oppgraderingen kan skje ved bygningstekniske tiltak, andre risikoreduserende tiltak eller ved en kombinasjon av slike. Oppgraderingsplikten gjelder så langt den kan gjennomføres innenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme [43].»*

Oppgraderingsplikten tillater valgfrihet mellom sikkerhetstiltak, så lenge det kan dokumenteres at sikkerhetsnivået er minst like høyt som ved bruk av preaksepterte løsninger [44]. Oppgraderingsplikten gjelder dersom bygget kan oppgraderes uten uforfarlige kostnader [44].

### 3.4.3 Behov og etterspørsel for bruksendring

I løpet av 20 år har det vært en befolkningsvekst på 20 % ifølge tall fra SSB [45]. I løpet av samme periode har det vært en økning av de fleste bygningstyper, særlig bygg benyttet til fritidsbolig og samferdsel og kommunikasjon [45]. Det er mer behov for steder å bo; boliger og eldreboliger og hotell, og mindre behov for kontor og lager, som vist på Figur 10.

Tjenesteutsetting av industri og produksjon til utlandet har ført til tomme fabrikker og lagerbygg. Antall bygg til landbruks- og fiske næring har sunket 3 % de siste 20 årene, og kontor og industri- og lagerbygg har hatt den minste økningen av alle typer bygg, som vist på Figur 10 [46]. Tallene gjenspeiler ikke om byggene er nye eller har endret bruk.



Figur 10: Prosentendring i folketall og eksisterende bygningsmasse 2002-2022. Tall fra SSB [46].

Covid19-pandemien førte til at store deler av samfunnet hadde hjemmekontor i hele og deler av perioden 2020-2022. Effekter i etterkant av pandemien har vist at hjemmekontor har hatt positive effekter på produktivitet, økonomi og miljø. Beregninger gjennomført av NAF i 2022 har kommet fram til at samfunnet kan spare 10 milliarder kroner i året dersom alle som kan ha hjemmekontor jobber hjemmefra en dag i uken [47]. Besparelsene går på mindre tidsbruk på reiser, lavere reisekostnader og redusert utslipp fra trafikk.

En undersøkelse gjennomført av OsloMET viser at 65 % ønsker å ha hjemmekontor minst en dag i uken<sup>2</sup>, og at kun 5 % av ansatte aldri ønsker hjemmekontor [48]. Ved hyppigere bruk av hjemmekontor kan det bli redusert behov for antall kontorer, eller behov for mindre kontorareal.

Den lenge omtalte og forventede «Eldrebølgen» vil inntreffe innen 10 år, ifølge Sintef-forsker Trond Halvorsen; «Innen få år vil det være dobbelt så mange 80-åringer som i Norge i dag [49].» Uavhengig om man ønsker flere sykehjem, omsorgsboliger eller hjemmeboende eldre blir behovet for tilpassede boliger større.

Gjennom krav om universell utforming ved bruksendring er nyere bygninger bedre tilpasset funksjonsnedsettelse som alder kan medføre. Ifølge Norsk brannvernforening har de over 70 år «fire til

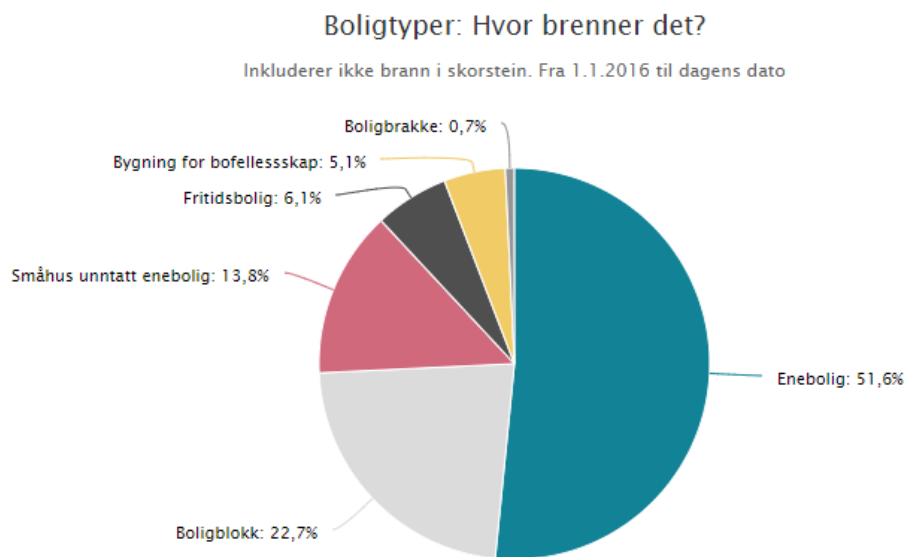
<sup>2</sup> 30% ønsker hjemmekontor 2 dager i uker, 21% ønsker hjemmekontor 1 dag i uken og 14% ønsker hjemmekontor 3-4 dager i uken av 5000 spurte [44].

*fem ganger høyere risiko for å omkomme i brann sammenlignet med resten av befolkningen [50].»*  
Antallet personer i risikoutsatte grupper ser dermed ut til å starte å øke innen 2030 [49].

I bygninger med krav til universell utforming skal også krav om likestilt mulighet for rømning ved brann oppfylles. Ettersom det ved brann ikke vil være mulighet for å rømme via heis må andre tiltak implementeres. Dette kan være evakueringsplan med assistert rømning i større bygninger eller påvirkning av tilgjengelig rømningstid ved bruk av slokkeanlegg. Krav om varslings- og slokkeanlegg er derfor innført i boligbygninger med heis [51].

#### 3.4.4 Hvor brenner det?

Siden 1979 har det i gjennomsnitt omkommet 61 personer hvert år i Norge [52]. Flesteparten av disse har omkommet i brann i bolig. Antallet boligbranner er høyere enn branner i andre typer boligtyper, som vist på Figur 11.



Figur 11: Statistikk over brann i ulike bygningstyper 2016-2022 [52].

Ved å endre funksjon på et bygg fra et som er ment for sporadisk opphold til et bygg ment som permanent bosted, kan man argumentere for at sannsynligheten for å oppleve brann øke, da personer oppholder seg lenger i bygget og lager mat i bygget. «*Brann- og redningsvesenet rykket i 2019 ut til 4 323 boligbranner i private hjem, hele 1 847 av disse var branner og branntilløp på komfyren (44 prosent) [53].»*

En brann på nattetid har potensiale for større konsekvenser, da tid før oppdagelse og varsling av brann kan være lengre, sovende personer i bygget vil ha lengre reaksjonstid. «*Redusert bevissthetstilstand og oppfattelsesevne kan medføre svært lang reaksjonstid ved alarm [54].»* Det kan også være færre personer til stede som kan bistå med assistert rømning. Økende risiko for skade på liv og helse må kompenseres for, slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet ved brann [55].

## 3.5 Forhold som bestemmer bygningsbrannklasse og risikoklasse

### 3.5.1 Forhold som bestemmer bygningsbrannklasser i Byggeforskrift 85

Byggeforskrift 85 har ikke risiko- og brannklasser slik som TEK17. I BF85 bestemmes nødvendige brannsikringstiltak etter bygningsbrannklasser [15]. Disse klassene er delt inn i 4 nivåer, der nivå 1 har det høyeste kravet til brannsikring og nivå 4 det laveste [15]. Bygningsbrannklassene gir videre krav til blant annet bygningsdelers brannmotstand og brannteknisk klasse til materialer [15].

Bygningsbrannklassene bestemmes etter ulike forhold for ulike bygninger. En oversikt over hvilke forhold som var grunnlag for risikovurdering i BF85 vises på Tabell 4 [15]. Skur, arbeidsbrakke, boligbrakke, trelastopplag og haller av duk eller folie, og driftsbygninger for jordbruket er ikke inkludert i oversikten.

Tabell 4: Forhold som bestemmer bygningsbrannklasse i BF85 [15].

Bygningstype	Forhold som bestemmer bygningsbrannklasse					
	Antall etasjer	Størrelse på brannseksjoner	Brannenergi MJ/m <sup>2</sup>	Brannalarm-anlegg	Utforming	Byggets formål
Boliger	X	X				
Skoler, barnehager og fritidshjem	X	X				
Forsamlingslokaler	X	X				
Industri, handverk og lager	X		X			
Kontorer	X			X		
Garasje	X	X			X	X
Salgslokaler	X	X				X
Overnattingssteder	X	X				
Sykehus og pleieantalter	X	X				

### 3.5.2 Forhold som bestemmer risikoklasser i TEK17

Et byggverk deles inn i risikoklasser ut fra risikoen for skade på liv og helse, og er grunnlaget for prosjektering og utførelse for å sikre trygg rømning fra bygget [56]. TEK17 forklarer definisjonen av risikoklasse: «Bruken av byggverket og brukernes evne til å ta seg ut ved egen hjelp har stor betydning for sikkerheten ved rømning, og dette har gitt grunnlag for definisjonen av risikoklasser [56].»

Risikoklassene består av 6 klasser, og kan finnes preakseptert i en liste fra bygningstyper i vTEK17 [8]. Risikoklassen bestemmes med utgangspunkt i om det er brannfarlige aktiviteter i bygget, lengde på opphold i bygget, om personer i bygget er kjent med rømningsveier, om de sover eller ikke, og om de er i stand til å bringe seg selv i sikkerhet [8].

Et bygg benyttet til industri, fabrikk, lager eller kontor vil etter vTEK17 havne i risikoklasse 2 [8]. En antagelse som at bruken av bygget i bygningsbrannklasse 3 tilsvarer bruken i risikoklasse 2, gir sammenligningen av risikoendringen ved de to scenarioene vist i Tabell 5.



Tabell 5: Sammenligning av bakgrunn for risikoendringen i de to scenarioene.

Risikoklasse	Byggverk kun beregnet for sporadisk personopphold	Personer i byggverk kjenner rømningsforhold, herunder rømningsveier, og kan bringe seg selv i sikkerhet	Byggverk beregnet for overnatting	Forutsatt bruk av byggverk medfører liten brannfare
2	Ja/Nei	Ja	Nei	Nei
4	Nei	Ja	Ja	Ja
6	Nei	Nei	Ja	Ja
<b>Scenario 1:</b>				
<b>Bruksendring fra bygningsbrannklasse 3 til risikoklasse 4</b>	Personer oppholder seg like mye eller mer i bygget.	Personer i bygget har lik mulighet til å rømme bygget som før.	Bygget endres fra et sted der folk oppholder seg i våken tilstand, til et sted som er beregnet for overnatting.	Den forutsatte bruken har lik eller mindre fare for brann.
<b>Scenario 2:</b>				
<b>Bruksendring fra bygningsbrannklasse 3 til risikoklasse 6</b>	Personer oppholder seg like mye eller mer i bygget.	Personer i bygget er ikke kjent med rømningsveier eller er ikke i stand til å bringe seg selv i sikkerhet.	Bygget endres fra et sted der folk oppholder seg i våken tilstand, til et sted som er beregnet for overnatting.	Den forutsatte bruken har lik eller mindre fare for brann.

### 3.5.3 Krav til rømning ved endret risikoklasse

Hensikten med risikoklasser er å sørge for at det er gode nok rømningsforhold i bygget ut fra dets bruk og hvem som bruker det. Når risikoen endres som følge av bruksendring, vil kravene til bygningsdeler og forhold som påvirker rømning og redning i de fleste tilfeller også endres [36].

Dersom bruken av bygget tilsier at rømning og redning kan ta lang tid, skal den tilgjengelige rømningstiden økes ved bruk av aktive tiltak [56], som automatisk slukkesystem, illustrert på Figur 12.



Figur 12: Aktive tiltak kan øke tilgjengelig rømningstid

Byggverk i risikoklasse 4 med krav om heis, og alle bygg i risikoklasse 6 har krav om automatisk brannsløkkeanlegg eller andre tiltak som gir tilsvarende sikkerhet [57]. I BF85 er det kun krav til sprinkleranlegg dersom det er store brannceller i byggene industri, handverk og lager, kontor, garasjer og salgslokale [15].

For bygg i bygningsbrannklasse 3 etter BF85 er det krav om at fri bredde i rømningsvei skal være minst 1 cm per person og ikke mindre enn 90 cm [15]. Rømningsvei i BF85 defineres som forbindelsen mellom en branncelle og det fri [15]. I TEK fremgår det at rømningsvei må være minst 86 cm i risikoklasse 4, og minst 116 cm i risikoklasse 6 [58]. Dersom det er for eksempel bruk av sykesenger i bygget, må bredden være tilstrekkelig for dette [58].

For bygg i bygningsbrannklasse 3 etter BF85 er det krav om at avstanden til nærmeste rømningsvei ikke skal være lengre enn 50 meter [15]. For risikoklasse 4 er det ingen krav til maksimal lengde på fluktvei. For risikoklasse 6 er maksimal lengde på fluktvei 25 meter [59].

I BF85 er det åpent for å rømme via vindu i alle bygningstyper og bygningsbrannklasser [15]. For bygg i risikoklasse 6 er ikke rømning via vindu en godkjent løsning [59]. I bygg med risikoklasse 4 kan vinduer benyttes som rømningsvei, og minst annethvert rom for varig opphold skal ha rømningsvindu [59].

Kravene til bygningsdelers brannmotstand endres også ved endring av risikoklasse. Det vil bli strengere krav til overflater og kledninger ved økt risikoklasse [60]. I TEK17 fremgår det at:

*«Bruken av innvendige og utvendige overflater og kledninger har betydning for utvikling og spredning av brann. Det er de innvendige, synlige overflatene som har størst betydning for personsikkerheten. Disse overflatene kan bli involvert tidlig i et brannforløp [60].»*

## 4 Konstruksjoner og produkter som oppnår ytelseskrav i Scenario 1 og Scenario 2

### 4.1 Endring i ytelseskrav ved Scenario 1 og Scenario 2

Veiledning til TEK17 oppgir preaksepterte ytelseskrav til bygningsdeler ut fra brann- og risikoklasse. En oversikt over preaksepterte ytelser der de får økte krav finnes i Tabell 6. En fullstendig sammenligning finnes i Vedlegg A – *Sammenligning av branntekniske krav i Scenario 1* og i Vedlegg B – *Sammenligning av branntekniske krav i Scenario 2*.

Ytelseskravene til bygningsdelers brannmotstand vil i stor grad være uendret ved scenario 1, bruksendring til RKL4, ettersom bygget kun har to etasjer. Dersom bygget endres til scenario 2, risikoklasse 6 vil flere av kravene øke, som vist i Tabell 6.

De branntekniske kravene til bygningsdelene ved scenario 2 har høyere brannkrav på blant annet overflater og kledninger, branncellebegrensende vegger og seksjoneringsvegg sammenlignet med Scenario 1.

Tabell 6: Krav fra BF85 sammenlignet med RKL4 og RKL6.

Område	Krav i BF85	Ytelseskrav RKL4/BKL1 Scenario 1	Ytelseskrav RKL6/BKL2 Scenario 2
Bærende hovedsystem	A 10 eller B 30	R 30 [B 30]	R 60 [B 60]
Sekundære bærende bygningdeler, etasjeskiller som ikke har stabiliserende funksjon for hovedbæring	A 10 eller B 30	R 30 [B 30]	R 60 [B 60]
Trappeløp	A 10 eller B 30	-	R 30 [B 30]
Bærende bygningsdel under øverste kjeller	A 60	R 60 A2-s1,d0 [A 60]	R 90 A2-s1,d0 [A 90]
Utvendig trapp	-	-	R 30 [B 30] eller A2-s1,d0 [ubrennbart]
Branncellebegrensende konstruksjon	B 30	EI 30 [B 30]	EI 60 [B 60]
Bygningsdel som omslutter trapperom og heissjakt	B 30	EI 30 [B 30]	EI 60 [B 60]
Trapperom	A 10 eller B 30	EI 30 [B 30]	EI 60 [B 60]
Brannseksjonering	Avhengig av bruttoareal	-	Vertikal brannseksjonering for sykehus, sykehjem og andre pleieinstitusjoner, med A2-s1,d0 og må kunne motstå mekanisk påkjenning.
Brannmotstand for seksjoneringsvegg	Alle brannvegger: minst A 120	Under 400 MJ/m <sup>2</sup> : REI 90-M A2-s1,d0 [A 90]	Under 400 MJ/m <sup>2</sup> : REI 120-M A2-s1,d0 [A 120]

Ytterkledning	K2		D-s3,d0 [Ut 2]		B-s3,d0 [Ut 1]	
	Overflater	Kledninger	Overflater	Kledninger	Overflater	Kledninger
Brannceller (inntil 200 m <sup>2</sup> )	In3	K2	D-s2,d0 [In 2]	K <sub>2</sub> 10 D-s2,d0 [K2]	B-s1,d0 [In 1] + gulv: D <sub>fi</sub> -s1 [G]	K <sub>2</sub> 10 B-s1,d0 [K1]
Brannceller (over 200 m <sup>2</sup> )	In2	K2	D-s2,d0 [In 2]	K <sub>2</sub> 10 D-s2,d0 [K2]	B-s1,d0 [In 1]	K <sub>2</sub> 10 B-s1,d0 [K1]
Rømningsvei	In1	K1	B-s1,d0 [In 1] + gulv: D <sub>fi</sub> -s1 [G]	K <sub>2</sub> 10 B-s1,d0 [K1]	B-s1,d0 [In 1] + gulv: D <sub>fi</sub> -s1 [G]	K <sub>2</sub> 10 A2-s1,d0 [K1-A]

De videre kapitlene viser noen konstruksjoner og bygningsmaterialer som oppnår noen av disse branntekniske kravene til overflater, kledninger og branncellebegrensende vegger. De ulike veggkonstruksjonene inkluderer typene bindingsverk, betong, tegl, massivtre og lettklinker. Det gjennomføres også LCA-sammenligning for isolasjon av steinull, treull og glassull, ulike betong og murprodukter til seksjoneringsvegger. LCA-sammenligningene vises i kapittel 5.

## 4.2 Produkter benyttet i LCA-sammenligning: Overflater og kledninger

Overflater og kledninger skal oppfylle krav til brennbarhet og dråpespredning ved brann. Ulike plateprodukter er valgt på bakgrunn av oppnåelse av ytelseskravene for risikoklasse 6: B-s1,d0 [In 1] og K<sub>2</sub>10 B-s1,d0 [K1], og ytelseskravene for risikoklasse 4: D-s<sub>2</sub>,d0 [In 2] og K<sub>2</sub>10 D-s<sub>2</sub>,d0 [K2]. Alle produktene som kan benyttes i risikoklasse 6 kan benyttes i risikoklasse 4, men ikke omvendt.

Spesifikke produkter og produsenter er vilkårlig valgt blant anerkjente produsenter med tredjeparts verifiserte EPD-er. Potensielt oppvarmingspotensial for de ulike plateproduktene sammenlignes i Kapittel 5.1. Plateprodukter benyttet i sammenligning av miljøpåvirkning er vist i Tabell 7.

Tabell 7: Produkter og produkttyper benyttet i LCA-sammenligning for innvendige overflater og kledninger

Overflater og kledninger	Innvendige overflater	Produkt	Referanse-levetid	EPD
<b>Risikoklasse 6</b> B-s1,d0 [In 1] K <sub>2</sub> 10 B-s1,d0 [K1]	Treulitt	Semullit – White Natural	60 år	[61]
	Trebetongplater	Troldtekt Natural Wood umalt	50 år	[62]
	Gips	Norgips Standard type A	60 år	[63]
	Fibergips	Fermacell fibergips	Ikke oppgitt	[64]
	Sementsponplater	CETRIS cement-bonded particleboards	Ikke oppgitt	[65]
	Fibersementskiver	CEMBRIT solid	Ikke oppgitt	[66]
<b>Risikoklasse 4</b> D-s <sub>2</sub> ,d0 [In 2] K <sub>2</sub> 10 D-s <sub>2</sub> ,d0 [K2]	Kryssfiner	Vänerply kryssfinér av gran	60 år	[67]
	Sponplater	Arbor Sponplater Gulv, Vegg og Tak Standard	60 år	[68]

### 4.3 Produkter benyttet i LCA-sammenligning: Isolasjon

Brennbar isolasjon kan benyttes dersom den er tildekket slik at den ikke blir involvert i en eventuell brann og ikke bidrar til brannspredning [69]. Isolasjon er ubrennbar om den oppnår minimum A2-s1,d0 [69]. Ved miljøvurdering av konstruksjoner, i kapittel 5.3, benyttes kun ubrennbar isolasjon, mens trefiberisolasjon inkluderes i sammenligning av isolasjonstyper, i kapittel 5.2.

Spesifikke produkter og produsenter er vilkårlig valgt blant anerkjente produsenter med tredjeparts verifiserte EPD-er. Isolasjonsprodukter benyttet i sammenligning av miljøpåvirkning er vist i Tabell 8.

*Tabell 8: Produkter og produkttyper benyttet i LCA-sammenligning for isolasjon*

Isolasjonstype	Brannmotstand	Produkt	Referanse-levetid	EPD
<b>Steinull</b>	Euroklasse A eller B A1, A2-s1,d0	ROCKWOOL stone wool thermal insulation	60 år	[70]
<b>Glassull</b>	Euroklasse A eller B A1, A2-s1,d0	Glava glassull	60 år	[71]
<b>Trefiberisolasjon</b>	Brennbart materiale. Euroklasse E	Hunton trefiberisolasjon plate	60 år	[72]

#### 4.4 Produkter benyttet i LCA-sammenligning: Bygningsmaterialer

Bygningsmaterialer benyttet i ulike veggkonstruksjoner, beskrevet i Kapittel 4.6 og Kapittel 4.7, er vist i Tabell 9. Spesifikke produkter og produsenter er vilkårlig valgt blant anerkjente produsenter med tredjeparts verifiserte EPD-er.

Tabell 9: Bygningsmaterialer benyttet i LCA-sammenligning for konstruksjoner

Bygningsmateriale	Produkt	Referanse-levetid	Deklarerte faser	EPD
<b>Stender til bindingsverk</b>	Trelast furu og gran fra Bergene Holm	60 år	A1, A2, A3, A4, A5, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, C1, C2, C3, C4, D	[73]
<b>Plasstøpt betong</b>	Ferdigbetong B30 M60, Dmax 16 mm, 25% red. St.Fa fra Helgeland Betong	Ikke oppgitt	A1, A2, A3, A4	[74]
<b>Plasstøpt lavkarbonbetong</b>	Lavkarbonbetong kl.B. B35-M45 D.16 Uredusert, Synk 260mm, Silica, Standard FA fra Helgeland Betong	Ikke oppgitt	A1, A2, A3, A4	[75]
<b>Massiv teglstein</b>	Gule og sandfarvede teglstein - Wienerberger	150 år	A1, A2, A3, A4, A5, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, C1, C2, C3, C4, D	[76]
<b>Teglstein med hull</b>	Gule og sandfarvede teglstein – Wienerberger LESS	150 år	A1, A2, A3, A4, A5, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, C1, C2, C3, C4, D	[76]
<b>Massivtre</b>	Krysslimt tre Splitcon AS	60 år	A1, A2, A3, A4, A5, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, C1, C2, C3, C4, D	[77]
<b>Lettklinkerblokk</b>	Leca® Universalblokk 15 cm	> 50 år	A1, A2, A3, A4	[78]
<b>Porebetong-blokk</b>	Ytong Autoclaved Aerated Concrete (ACC) - Porebetong	Ikke oppgitt	A1, A2, A3	[79]
<b>Hullblokk</b>	Systemblokk fra Systemblokk AS	60 år	A1, A2, A3, A4	[80]

#### 4.5 Produktinnhold i produkter i miljøsammenligning

Produktinnhold fra konstruksjonsmateriale beskrevet i kapittel 4.4, isolasjon beskrevet i kapittel 4.3 og plateprodukter beskrevet i kapittel 4.2 er vist i Tabell 10. Produktinnholdet er hentet fra de respektive EPD-ene, og oppgitt i prosentandel per kilo sluttprodukt.

Tabell 10: Produktinnhold i produkter benyttet i miljøsammenligning

Produkt	Produktinnhold	Referanse
Sponplater	Trevirke (82,65%), Lim (12,85%), Vann (3,61%)	[68]
Kryssfiner	Trevirke (85,77%), Lim (9,09%), Vann (5,15%)	[67]
Fibergips	Gips (80-85%), trefiber (15-20%)	[64]
Gipsplater	Gips (82,41%), papp (3,59%), glassfiber (0,11%), vann (12,95%)	[63]
Trebetongplater	Treull (32,6%), Portland sement (60,6%), vann (5,4%)	[62]
Sementsponplater	Trevirke (63%), portland sement (25%), vann (10%), hydration additives (2%)	[65]
Treulitt	Treverk (34%), portland sement (50%), kalkstein (10,3%), vann (5,7%)	[61]
Fibersementskiver	Sement (40-85%), kalkstein (0-15%) Silica sand (0-40%) Wollastonite (0-15%) Trefiber (4-15%) Fargepigmenter (1-4%)	[66]
Steinull	Mineralull (95%), bindemiddel (5%), støvbinderolje (1%)	[70]
Glassull	Resirkulert materiale (52%), sand og mineraler (36%), bindemiddel (10%), støvbinderolje (1%)	[71]
Trefiberisolasjon	Trefiber (81,2%), ammoniumfosfat (8,1%), vann (8%), polyolefin fiber (2,7%)	[72]
Stender til bindingsverk	Trevirke (82%), vann (18%)	[73]
Plasstøpt betong	Tilslag (77,85%), sement (15,62%), vann (6,41%), kjemikalier (0,12%)	[74]
Plasstøpt lavkarbonbetong	Tilslag (74,24%), sement (15,45%), vann (8,42%), kjemikalier (1,9%)	[75]
Massiv teglstein	Leire (83%), sand (14%), manganoksid (0,8%) chamotte (0,076%)	[76]
Teglstein med hull	Leire (83%), sand (14%), manganoksid (0,8%) chamotte (0,076%)	[76]
Massivtre	Trevirke (88,03%), vann (10,57%), lim (1,17%)	[77]
Lettklinkerblokk	Tilslag, sement, vann og bindemiddel (mengder ikke oppgitt)	[78]
Porebetong-blokk	Sand (60-70%), sement (15-30%), kalkstein (10-20%), gips (2-5%), aluminium (0,05-01%)	[79]
Hullblokk	Tilslag (83,37%), sement (11,17%), vann (5,46%)	[80]



## 4.6 Oppbygging av branncellebegrensende konstruksjoner

I kapittel 5.3 sammenlignes det globale oppvarmingspotensialet for ulike veggkonstruksjoner som oppnår krav til bæreevne, integritet og isolasjonsevne i risikoklasse 4 og 6. Veggkonstruksjonene er valgt ut fra Byggforskblad 520.322 [81] som angir veggkonstruksjoner med beregnede verdier for brannmotstand og tabellverdier fra standarder. Tabellverdiene for betong og mur er basert på NS-EN 1992-1-2 (betong), NS-EN 1996-1-2 (mur) [81]. Verdiene for trevegger er basert på forenklete beregninger fra blant annet NS-EN 1995-1-2 [81].

Ved bruksendring vil det kunne være behov for flere brannceller i bygget, og derfor velges innvendige vegger som er bærende og branncellebegrensende. Veggene skal oppnå REI 60 for scenario 2 (brannklasse 2) og REI 30 for scenario 1 (brannklasse 1), som beskrevet i Tabell 6. Krav til brannmotstand begrunnes også i Figur 13, der det vises at bærende, branncellebegrensende vegger også skal oppnå kriteriet til R - bæreevne.

Brannmotstand for vegger avhengig av funksjon og krav i henhold til TEK17

Veggens funksjon og bruksområde		Krav til brannmotstand
Bærende	– Yttervegg	R (ensidig)
	– Innervegg i en branncelle	R (tosidig)
Bærende og branncellebegrensende	Mellom to brannceller	REI (ensidig)
Branncellebegrensende	Mellom to brannceller	EI (ensidig)

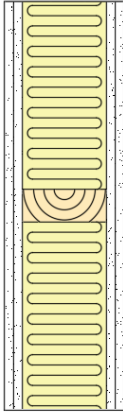
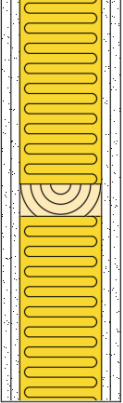
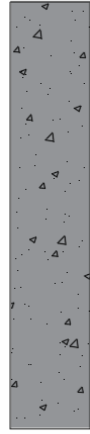
Figur 13: Brannmotstand for vegger avhengig av funksjon og krav i henhold til TEK17 [81].

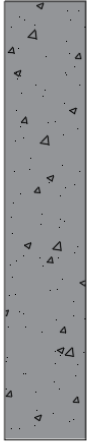


Det antas at veggene har en symmetrisk oppbygging og blir utsatt for ensidig branneksposering. Bindingsverk antas å være enkle. Veggtypene som er oppgitt er beregnet konservativt og er ikke produktspesifikk [81]. Produktene som er valgt til LCA-sammenligning er tilfeldig valgt, og vil kunne oppnå like eller høyere brannkrav som oppgitt i Byggforskblad 520.322 [81].

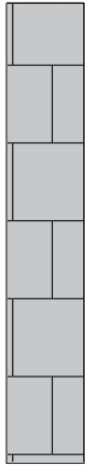
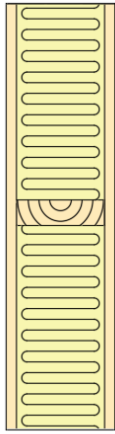
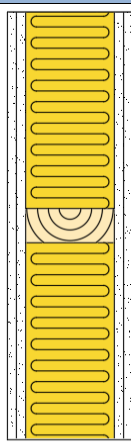
For mengdeberegning velges det en del av en vegg med lengde 600 cm og 2,4 m høyde. Bredden varierer fra konstruksjon til konstruksjon. Ved beregning av mengde treverk i bindingsverk, tas en hel stender med, men ikke påforing, utlekting eller topp- eller bunnsvill. For massivtre-, mur- og betongkonstruksjoner beregnes disse som uisolerte.

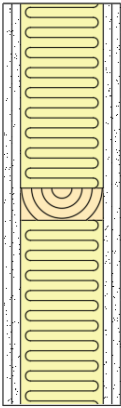
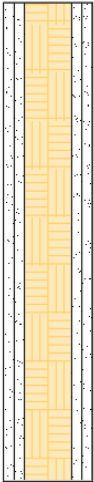
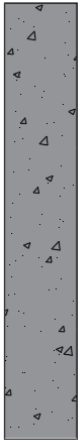
En oversikt over veggkonstruksjonene er vist i Tabell 11. Skissene av konstruksjonene er tegnet i sammenheng av denne rapporten.


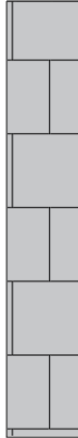
Tabell 11: Veggkonstruksjoner benyttet til miljøsammenligning

Vegg 1				
 Vegg 1	Enkelt isolert bindingsverk av treverk med gipskledning på begge sider. Isolasjon av steinull. Oppnår REI 60 [B 60] som bærende og branncellebegrensende innervegg.			
	Oppbygging av vegg		Produkt	Mengde [m <sup>3</sup> ]
	Kledning	2x gips 13 mm på begge sider	Norgips Standard type A	0,075
	Stender	48x123 mm	Trelast furu og gran fra Bergene Holm	0,014
	Isolasjon	125 mm steinull	Rockwool stone wool thermal insulation	0,18
Vegg 2				
 Vegg 2	Enkelt isolert bindingsverk av treverk med gipskledning på begge sider. Isolasjon av glassull. Oppnår REI 60 [B 60] som bærende og branncellebegrensende innervegg.			
	Oppbygging av vegg		Produkt	Mengde [m <sup>3</sup> ]
	Kledning	Gips 13 mm og gips 15 mm på begge sider	Norgips Standard type A	0,081
	Stender	48x123 mm	Trelast furu og gran fra Bergene Holm	0,014
	Isolasjon	125 mm glassull	Glava glassull	0,18
Vegg 3				
 Vegg 3	Massiv, plasstøpt betongvegg fra ferdigbetong. Oppnår REI 60 [B 60] som bærende og branncellebegrensende innervegg.			
	Oppbygging av vegg		Produkt	Mengde [m <sup>3</sup> ]
	Vegg	110 mm støpt betong	Ferdigbetong B30 M60, Dmax 16 mm, 25% red. St.Fa fra Helgeland Betong	0,158

Vegg 4				
 <p>Vegg 4</p>	Massiv, plasstøpt betongvegg fra lavkarbonbetong. Oppnår REI 60 [B 60] som bærende og branncellebegrensende innervegg.			
	Oppbygging av vegg		Produkt	Mengde [m <sup>3</sup> ]
	Vegg	110 mm støpt betong	Lavkarbonbetong kl.B. B35-M45 D.16 Uredusert, Synk 260mm, Silica, Standard FA fra Helgeland Betong	0,158
Vegg 5				
 <p>Vegg 5</p>	Uisolert murt teglvegg av solide stein. Oppnår REI 60 [B 60] som bærende og branncellebegrensende innervegg.			
	Oppbygging av vegg		Produkt	Mengde [m <sup>3</sup> ]
	Vegg	90 mm murt teglvegg	Gule og sandfarvede teglstein - Wienerberger	0,13
Vegg 6				
 <p>Vegg 6</p>	Uisolert murt teglvegg av stein med hull og produsert av biogass. Oppnår REI 60 [B 60] som bærende og branncellebegrensende innervegg.			
	Oppbygging av vegg		Produkt	Mengde [m <sup>3</sup> ]
	Vegg	90 mm murt teglvegg	Gule og sandfarvede teglstein – Wienerberger LESS	0,13

Vegg 7				
 <p>Vegg 7</p>	Usiolert, murt vegg av lettklinkerblokker. Oppnår REI 60 [B 60] som bærende og branncellebegrensende innervegg.			
	Oppbygging av vegg		Produkt	Mengde [m <sup>3</sup> ]
	Vegg	100 mm lettklinkervegg	Leca® Universalblokk 15 cm	0,144
Vegg 8				
 <p>Vegg 8</p>	Enkelt isolert bindingsverk av treverk med trekledning på begge sider. Isolasjon av steinull. Oppnår REI 30 [B 30] som bærende og branncellebegrensende innervegg.			
	Oppbygging av vegg		Produkt	Mengde [m <sup>3</sup> ]
	Kledning	Kledning av kryssfiner 15 mm	Vänerply kryssfinér av gran	0,043
	Stender	36x123 mm	Trelast furu og gran fra Bergene Holm	0,011
Isolasjon	125 mm steinull	Rockwool stone wool thermal insulation	0,18	
Vegg 9				
 <p>Vegg 9</p>	Enkelt isolert bindingsverk av treverk med gipskledning på begge sider. Isolasjon av glassull. Oppnår REI 30 [B 30] som bærende og branncellebegrensende innervegg.			
	Oppbygging av vegg		Produkt	Mengde [m <sup>3</sup> ]
	Kledning	2 x gips 13 mm på begge sider	Norgips Standard type A	0,075
	Stender	48x123 mm	Trelast furu og gran fra Bergene Holm	0,014
Isolasjon	125 mm glassull	Glava glassull	0,18	

Vegg 10				
 <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">Vegg 10</p>	<p>Enkelt isolert bindingsverk av treverk med gipskledning på begge sider. Isolasjon av steinull. Oppnår REI 30 [B 30] som bærende og branncellebegrensende innervegg.</p>			
	Oppbygging av vegg		Produkt	Mengde [m <sup>3</sup> ]
	Kledning	2 x gips 13 mm på begge sider	Norgips Standard type A	0,075
	Stender	48x123 mm	Trelast furu og gran fra Bergene Holm	0,014
	Isolasjon	125 mm steinull	Rockwool stone wool thermal insulation	0,18
Vegg 11				
 <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">Vegg 11</p>	<p>Usiolert massivtrevegg med gipskledning på begge sider. Oppnår REI 30 [B 30] som bærende og branncellebegrensende innervegg.</p>			
	Oppbygging av vegg		Produkt	Mengde [m <sup>3</sup> ]
	Vegg	60 mm krysslimt tre	Krysslimt tre Splitkon AS	0,086
	Kledning	2 x Gips 13 mm på begge sider	Norgips Standard type A	0,075
Vegg 12				
 <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">Vegg 12</p>	<p>Massiv, plasstøpt betongvegg fra ferdigbetong. Oppnår REI 30 [B 30] som bærende og branncellebegrensende innervegg.</p>			
	Oppbygging av vegg		Produkt	Mengde [m <sup>3</sup> ]
	Vegg	100 mm støpt betong	Ferdigbetong B30 M60, Dmax 16 mm, 25% red. St.Fa fra Helgeland Betong	0,144

Vegg 13				
 <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">Vegg 13</p>	Usolert murt teglvegg av solide stein. Oppnår REI 30 [B 30] som bærende og branncellebegrensende innervegg.			
	Oppbygging av vegg		Produkt	Mengde [m <sup>3</sup> ]
	Vegg	80 mm murt teglvegg	Gule og sandfarvede teglstein - Wienerberger	0,115
Vegg 14				
 <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">Vegg 14</p>	Usolert, murt vegg av lettklinkerblokker. Oppnår REI 60 [B 60] som bærende og branncellebegrensende innervegg.			
	Oppbygging av vegg		Produkt	Mengde [m <sup>3</sup> ]
	Vegg	100 mm lettklinkervegg	Leca® Universalblokk 15 cm	0,144

## 4.7 Oppbygging av seksjoneringsvegg

I kapittel 5.4 sammenlignes det globale oppvarmingspotensialet for ulike konstruksjoner som oppnår krav til REI 120-M A2-s1,d0 [A 120] og som kan benyttes som seksjoneringsvegg i scenario 2. Veggmaterialet er valgt på bakgrunn av Byggforsklad 520.306 [82], der er brannmotstand for seksjoneringsvegger er oppgitt, som vist på Figur 14.

Sammenheng mellom brannmotstand og veggykkelse for massive murte eller støpte vegger

Veggmateriale	Densitet kg/m <sup>3</sup>	Veggykkelse (mm)			
		Ikke-bærende vegger		Bærende vegger <sup>1)</sup>	
		EI 120	EI 240	REI 120	REI 240
Porebetong	500–600	90	130	120	145
Lettklinkerbetong	770–900	100	150	120	145
Betongblokk – hullblokk		145	220	190	280
Tegl					
– massiv	1 900	105	160	130	195
– 25 % hull		120	180	150	230
Plasstøpt betong	2 400	120	175	160 <sup>2)</sup>	240 <sup>2)</sup>

1) Gjelder for vegger hvor forholdet mellom høyde og tykkelse er mindre enn 20

2) Forutsetter minst 30 mm armeringsoverdekning

Figur 14: Brannmotstand for massive murte eller støpte vegger [82].

Spesifikke produkter og produsenter er vilkårlig valgt blant anerkjente produsenter med tredjeparts verifiserte EPD-er. Konstruksjon, produkt og mengder benyttet i sammenligning av miljøpåvirkning er vist i Tabell 12. Mengden er beregnet ut fra en del av en seksjoneringsvegg med lengde 600 cm og 3 m høyde. Bredden varierer fra konstruksjon til konstruksjon.

Tabell 12: Produkter og produkttyper benyttet i LCA-sammenligning for seksjoneringsvegg

	Seksjoneringsvegg	Produkt	Mengde [m <sup>3</sup> ]
Oppnår REI 120-M A2-s1,d0 [A 120]	120 mm porebetong	Ytong Autoclaved Aerated Concrete (ACC) - Porebetong	0,216
	190 mm betongblokk/hullblokk	Systemblokk fra Systemblokk AS	0,342
	130 mm tegl massiv	Gule og sandfarvede teglstein - Wienerberger	0,234
	150 mm tegl 25% hull	Gule og sandfarvede teglstein – Wienerberger LESS	0,27
	160 mm plasstøpt betong	Ferdigbetong B30 M60, Dmax 16 mm, 25% red. St.Fa fra Helgeland Betong	0,288

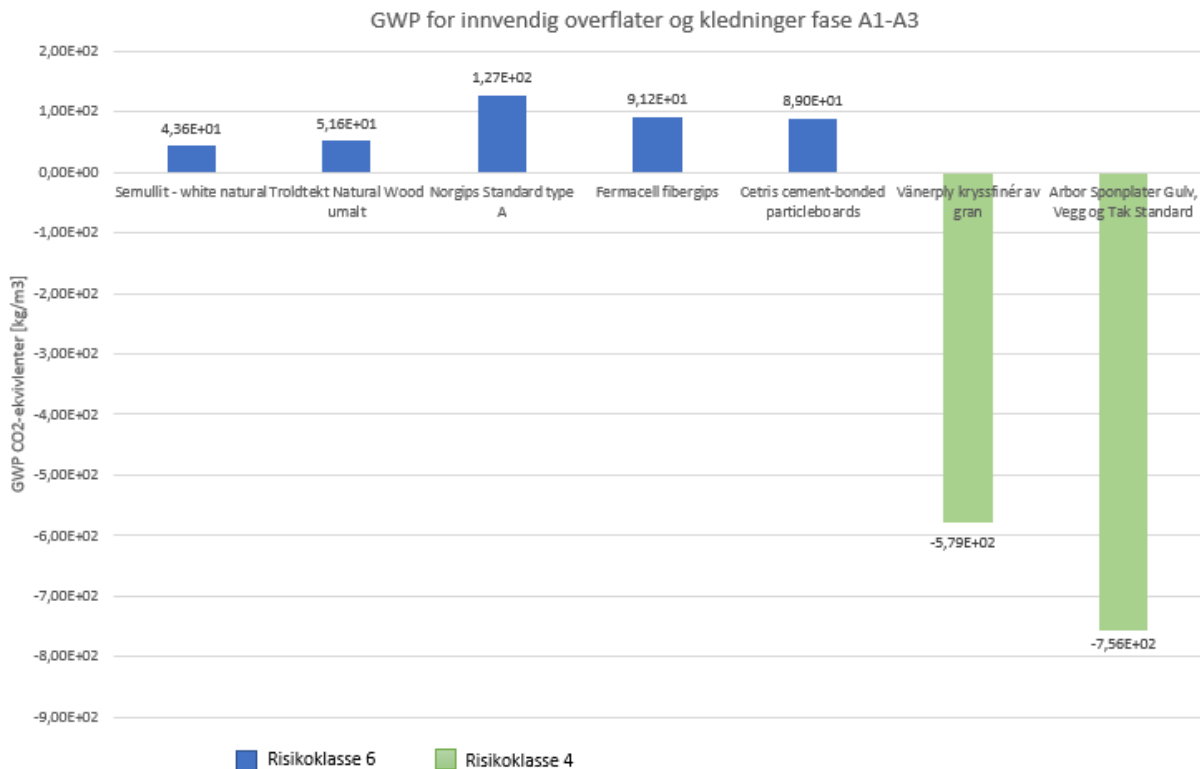
## 5 Resultat av LCA-sammenligning

### 5.1 LCA-sammenligning av innvendige overflater og kledninger

Sammenligning av overflater og kledninger inkluderer råmaterialer, tilvirkning og transport til tilvirkning, installasjon, demontering, avfallsbehandling og resirkuleringspotensiale. Dette vil i EPD-ene tilsvare systemgrensene A1, A2, A3, A5, C1, C3, C4 og D.

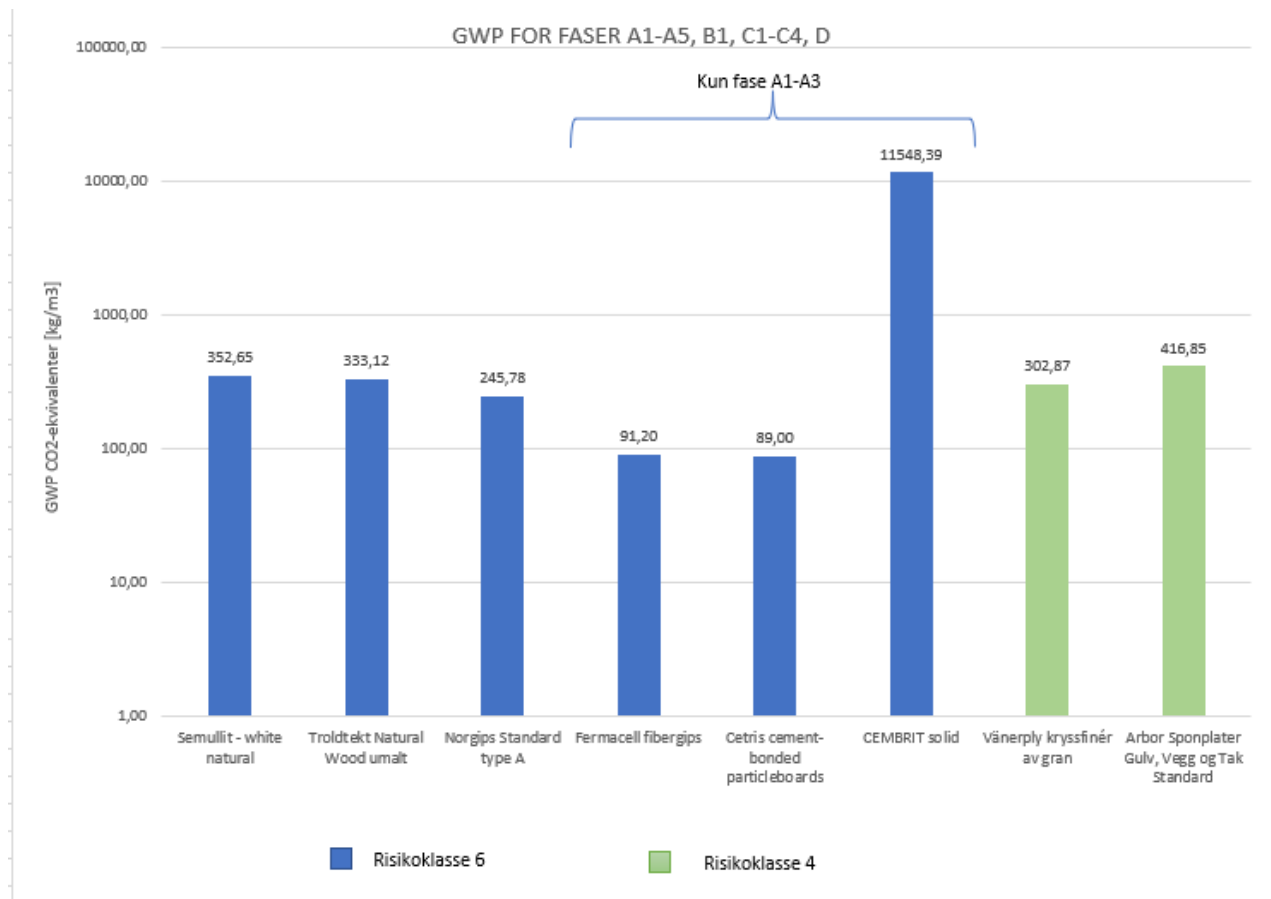
For risikoklasse 6 sammenlignes GWP fra treulitt, trebetongplater, gips, fibergips, sementsponplater og fibersementskiver. Disse produktene oppnår ytelseskravene til overflater og kledninger i brannceller i risikoklasse 6. For risikoklasse 4 sammenlignes GWP fra kryssfiner og sponplater. Alle produktene som kan brukes i risikoklasse 6 kan også benyttes i risikoklasse 4, men ikke motsatt.

Resultatet av GWP-sammenligningen for produksjonsfasen A1-A3 vises på Figur 15, og resultatet av produksjon, slutfase og resirkuleringsfase vises på Figur 16. Produsentene av fibergips, sementsponplater og fibersementskiver hadde kun inkludert fasene A1-A3 i sine EPD-er, og dette er markert på Figur 16.



Figur 15: GWP for innvendig overflater og kledninger i fase A1-A3





Figur 16: GWP for innvendig overflater og kledninger i fase A1-A5, B1, C1-C4 og D

Resultatet viser globalt oppvarmingspotensiale i  $\text{kg/m}^3$  for kledninger og overflater. Sammenligningen er produktspesifikk, og store variasjoner innenfor produkttyper vil forekomme. Resultatet for produksjonsfasen viser at produkter av tre har lavest GWP per  $\text{m}^3$  produkt, og gipsplater har høyest.

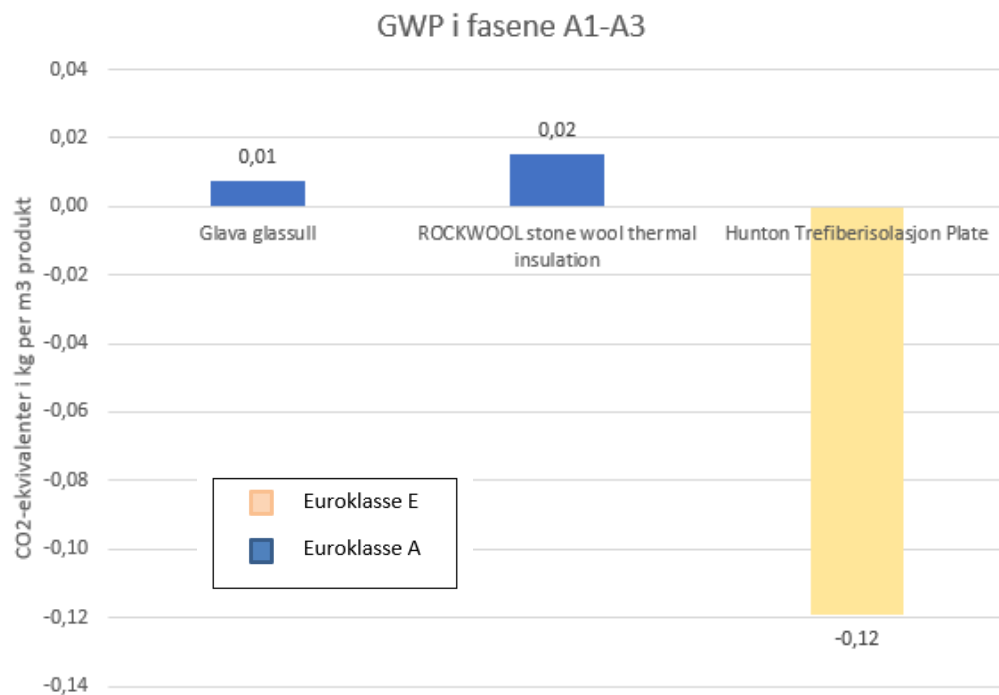
Sammenligning av livsforløpet inkludert råmaterialer, tilvirkning og transport til tilvirkning, installasjon, demontering, avfallsbehandling og resirkuleringspotensiale viser at fibergips og sementsponplater hadde lavest GWP per  $\text{m}^3$  produkt, mens fibersementskiver hadde høyest GWP.

## 5.2 LCA-sammenligning av isolasjon

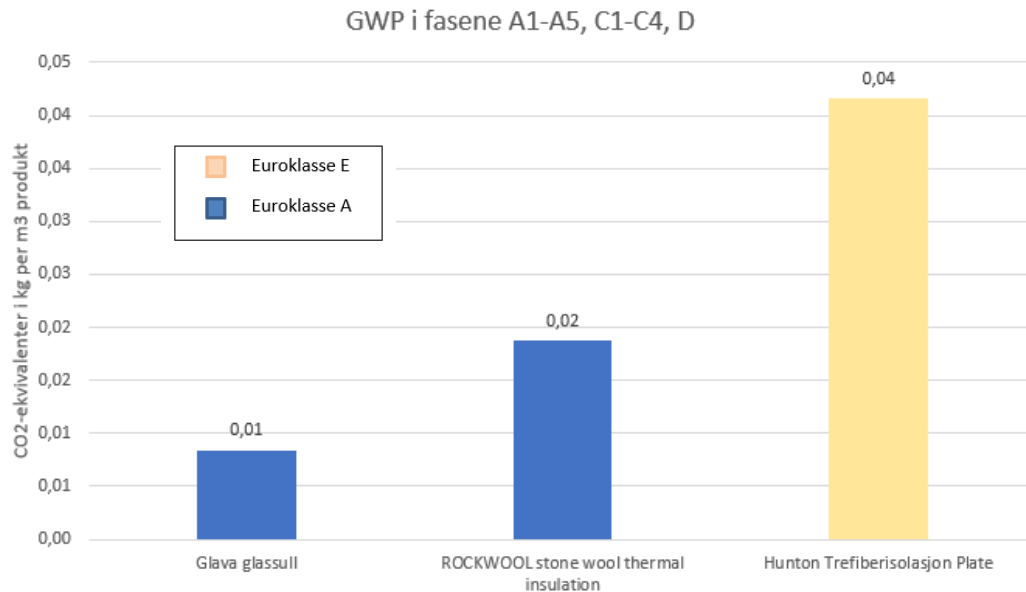
Sammenligning av isolasjonsproduktene inkluderer råmaterialer, tilvirkning og transport til tilvirkning, installasjon, demontering, avfallsbehandling og resirkuleringspotensiale. Dette vil i EPD-ene tilsvare systemgrensene A1, A2, A3, A5, C1, C2, C3, C4 og D.

Produkttypene glassull og steinull oppnår Euroklasse A, ubrennbart materiale. Disse sammenlignes med trefiberisolasjon, som oppnår Euroklasse E. Konstruksjoner som kan benytte Euroklasse E-isolasjon kan også benytte Euroklasse A-isolasjon, men ikke omvendt. Trefiberisolasjon er et brennbart materiale, benyttes ikke i scenarioene oppgitt i denne oppgaven.

Resultatet av produksjonsfasen A1-A3 vises på Figur 17, og resultatet av produksjon, slutfase og resirkuleringsfase vises på Figur 18.



Figur 17: GWP for isolasjon i fasene A1-A3



Figur 18: GWP for isolasjon i fasene A1-A5, C1-C4 og D

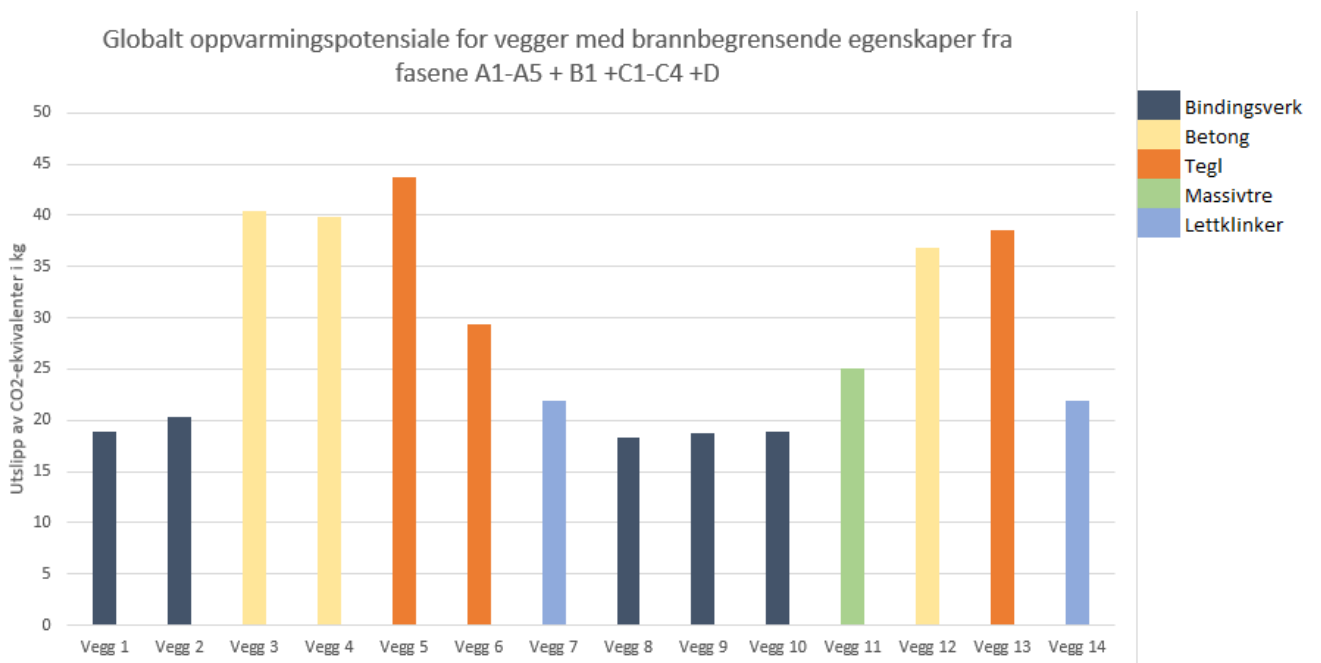
Resultatet viser globalt oppvarmingspotensiale i kg per m<sup>3</sup> isolasjon. Sammenligningen er produktspesifikk, og store variasjoner innenfor lignende produkttyper kan forekomme. Forskjellen mellom de ulike produktene er liten, men resultatet viser at trefiberisolasjon har lavere GWP i produksjonsfasen, men høyere i et fullstendig livsløp, sammenlignet med de to andre isolasjonsproduktene.

### 5.3 LCA-sammenligning av konstruksjoner med brannmotstand

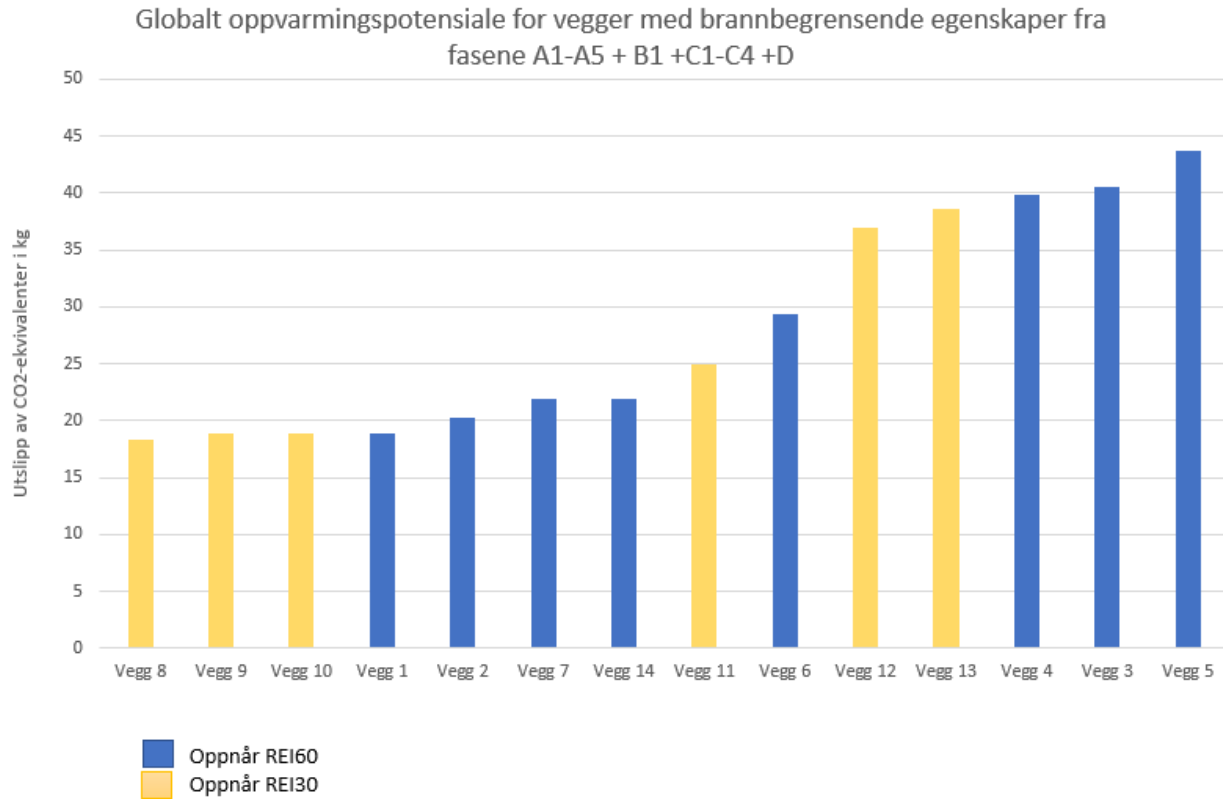
Sammenligningen av isolasjonsproduktene inkluderer råmaterialer, tilvirkning og transport til tilvirkning, installasjon, bruk, demontering, avfallsbehandling og resirkuleringspotensiale. Dette vil i EPD-ene tilsvare systemgrensene A1, A2, A3, A5, B1, C1, C2, C3, C4 og D.

Veggene er nummerert som vist i kapittel 4.6, og oppbygging og mengder kan sees der. Vegger med nummer 1-7 oppnår REI60, og vegger med nummer 8-14 oppnår REI30. Resultatet av GWP-sammenligningen for de ulike veggkonstruksjonene er vist på Figur 19 og Figur 20.

På Figur 19 er veggtypene listet etter nummerering, og markert med farge ut fra hva slags type vegg konstruksjonen er, og på Figur 20 er veggene listet etter mengde GWP, og markert med farge ut fra hvilket ytelseskrav de oppnår.



Figur 19: GWP for vegger med brannbegrensende egenskaper ut fra veggtype



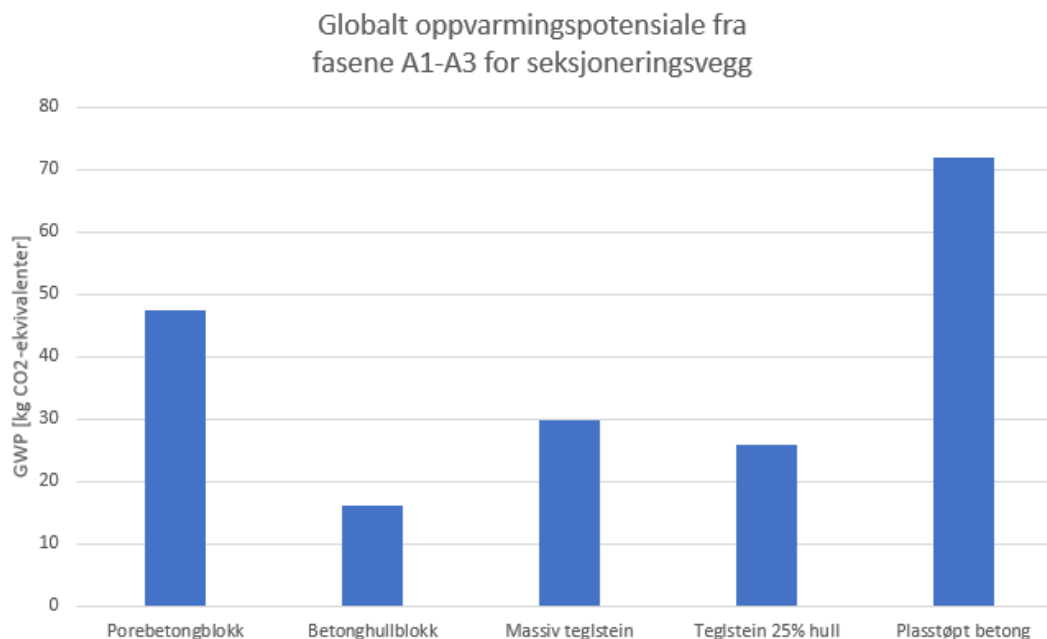
Figur 20: GWP for vegger med brannbegrensende egenskaper ut fra oppnåelse av ytelser

Sammenligningen viser globalt oppvarmingspotensiale (GWP) for veggkonstruksjoner, 60 cm brede og 2,4 meter høye, som oppnår enten REI60 eller REI30. Sammenligningen viser at konstruksjoner av bindingsverk har lavest GWP og at konstruksjoner av betong og teglstein har høyest GWP. De konstruksjonene som har lavest GWP oppnår REI30. Konstruksjonene av bindingsverk har lavest GWP uansett brannsikringsnivå.

Sammenligningen er produktspesifikk, og store variasjoner innenfor lignende produkttyper kan forekomme.

#### 5.4 LCA-sammenligning av seksjoneringsvegg

Sammenligningen av produkter til seksjoneringsvegg inkluderer råmaterialer, tilvirkning og transport til tilvirkning. Dette vil i EPD-ene tilsvare systemgrensene A1, A2 og A3. Produsentene av betonghullblokk og plasstøpt betong hadde også inkludert fase A4 i sine EPD-er, men disse er ikke tatt med i beregningen.



Figur 21: Sammenligning av GWP for seksjoneringsvegger

Figur 21 viser globalt oppvarmingspotensiale i kg for 60 cm brede og 3 meter høye seksjoneringsvegger som oppnår REI 120-M A2-s1,d0 [A 120]. Sammenligningen viser at veggen av betonghullblokk har minst GWP, mens plasstøpt betong har mest. Sammenligningen er produktspesifikk, og store variasjoner innenfor lignende produkttyper kan forekomme.

## 6 Diskusjon

### 6.1 Vedlikehold og holdbarhet på produkter og bygg

Oslo har 106 kommunalt eide bygninger som ikke er i bruk [83]. Etterslep på vedlikehold kan føre til at det i tilfeller vil lønne seg økonomisk å rive bygget og sette opp et nytt, fremfor å oppgradere bygget til dagens standard. Dette gir store miljøpåvirkninger, gjennom transport og produksjon av materialer.

Manglende vedlikehold av konstruksjoner vil kunne gi et lavere brannsikkerhetsnivå, for eksempel at bygningsdeler ikke lenger har den ytelsen dokumentasjonen skulle tilsi. Et eksempel på dette er armeringsoverdekning på en seksjoneringsvegg. Avskaling, med eksponering av armering, på en vegg med brannbegrensende egenskaper kan føre til at veggens bæreevne, mekanisk motstandsevne og integritet svikter før forventet tid ved brann. Manglende vedlikehold kan også føre til at kostnader ved ombruk blir så store at det vil lønne seg å bygge nytt.

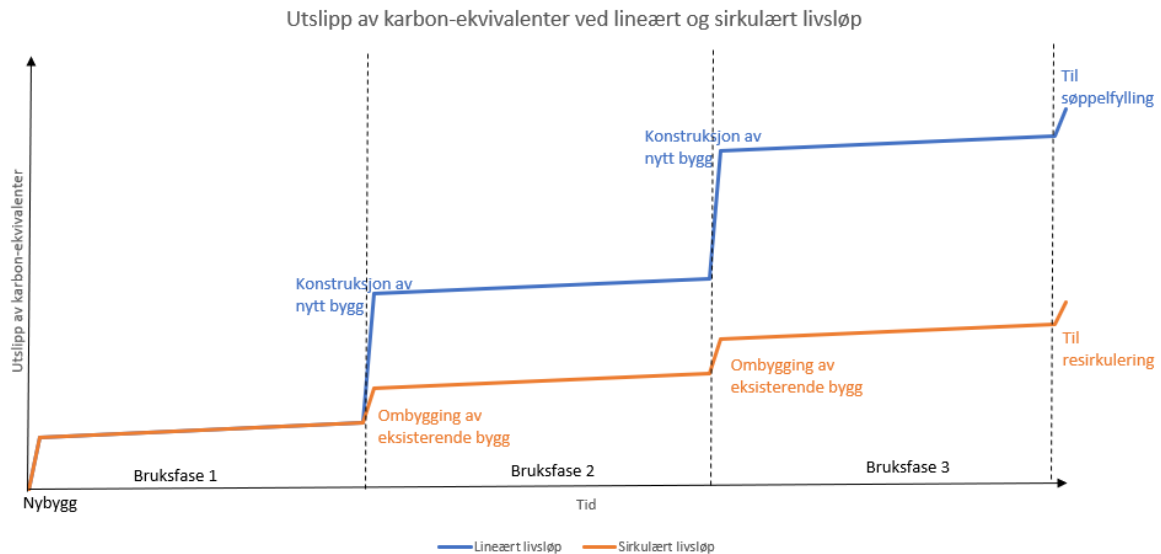
For å fremme et mer bærekraftig produktlivsløp kan man velge å hente ut færre råmateriale, og å produsere færre nye produkter. Strengere krav til produkters levetid og dets mulighet til å oppgraderes og vedlikeholdes før det avhendes vil begrense produksjon av nye produkter og tilhørende transport. Økt holdbarhet til produkter og økt mengde materialgjenvunnet råvare vil kunne bidra til at dette kan gjennomføres.

Om et produkt kan ombrukes i en tilsvarende funksjon eller kan resirkuleres til et annet produkt vil det kunne bidra til et sirkulært livsforløp. Overgangen til en sirkulær økonomi er en måte å imøtegå det økende behov for en mer bærekraftig byggenæring [13].

Lenger levetid på bygg kan også skape utfordringer for brannsikkerheten i fremtiden. Det krever gode kontroller og oppfølging av vedlikehold for å sørge for at brannsikkerhetstiltakene opprettholder sine egenskaper.

### 6.2 Bygg i sirkulære livsløp

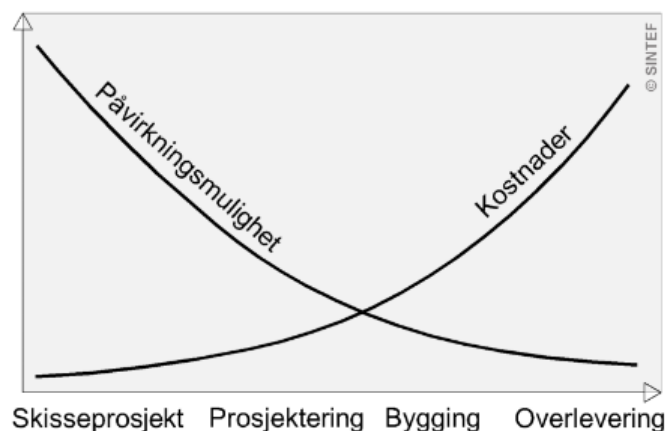
Sirkulære livsløp vil over tid ha store miljøbesparelser. Figur 22 viser et konstruksjonsmateriales tenkte potensielle oppvarmingspotensial over tre bruksfaser, der et lineært livsløp og et sirkulært livsløp sammenlignes. Figuren viser tenkte miljøbesparelser dersom man ombruker produktet ved hver ombygging i stedet for å avhende det gamle og produsere et nytt.



Figur 22: Sammenligning av lineære og sirkulære livsløp

Sirkulære livsløp forutsetter at produkter er designet slik at vedlikehold og demontering kan skje uten unødvendig ressursbruk og skade på produkter, samt at produkter må ha en levetid beregnet for dette. For å sikre at produktet oppfyller sine egenskaper gjennom levetiden og gjennom demontering og ombygging må det være god nok kunnskap og dokumentasjon om produktene.

Ved nybygging bør det tas hensyn til at bygget skal kunne ombrukes i fremtiden, og at risikoklassen i bygget kan øke. Tidlig i et byggeprosjekt har man stor påvirkningsmulighet, og store deler av miljøpåvirkning kan begrenses i designfasen av et bygg. Ved å tidlig i prosjektet tenke på bærekraftige løsninger, har man mulighet til å planlegge for hvordan bygget skal kunne ombrukes i fremtiden. Et byggs påvirkningsmuligheter gjennom prosjektering- og byggefasen er vist på Figur 23.



Figur 23: Forholdet mellom påvirkningsmuligheter og kostnader [84].



### 6.3 Dokumentasjon og informasjon om produkter

Forskrift om Dokumentasjon av byggevarer (DOK) styrer i dag regler for dokumentasjon og omsetning av produkter til byggverk [85]. DOK oppgir både krav til CE-merkede produkter, gjennom Byggevareforordningen, og krav om dokumentasjon til produkter som ikke er CE-merkede [85].

Gjennom Byggevareforordningen blir regler for hvordan byggevarers ytelse skal uttrykkes opprettholdt. Dersom et produkt skal være CE-merket skal produsent oppgi en ytelseserklæring, som produsent påtar seg ansvaret for at stemmer. [85] I DOK fremgår det at:

*«Dersom en byggevare omfattes av en harmonisert standard eller er i overensstemmelse med en europeisk teknisk bedømmelse som er utstedt for den, skal produsenten utarbeide en ytelseserklæring når en slik vare bringes i omsetning eller gjøres tilgjengelig på markedet [85].»*

Ytelseserklæringen skal blant annet inneholde systemer for vurdering og verifisering av byggevarens ytelse og egenskaper relevante for byggevarens angitte bruksområde, men det er ingen krav til å oppgi produkters miljøpåvirkning eller mulige bidrag til sirkulær økonomi [85]. Godt testede ytelser, informasjon om et produkt gjennom hele dets levetid, hvilke deler av et produkt som kan gjenbrukes er nødvendig informasjon for å kunne ombruke byggevarer.

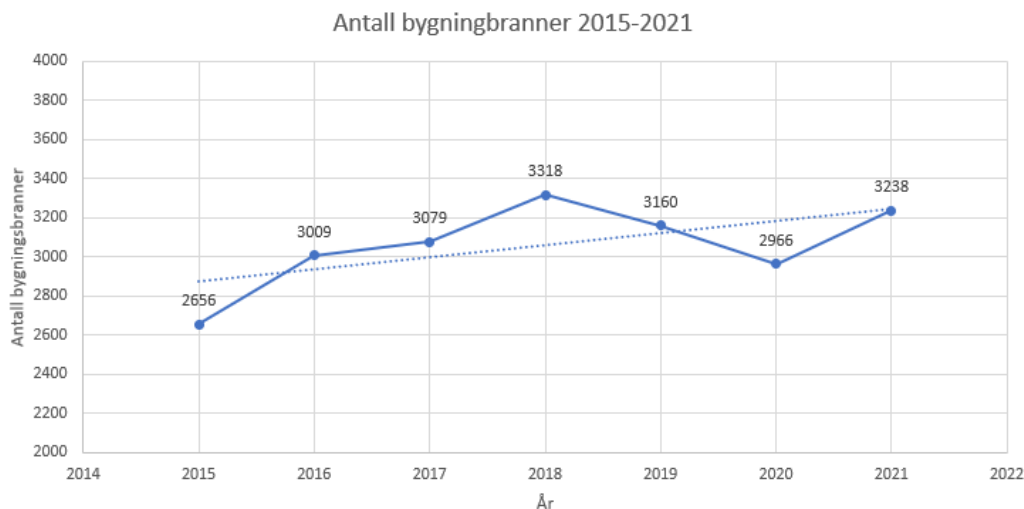
For å sikre at et produkt egenskaper opprettholdes må det finnes tilstrekkelig dokumentasjon av produktet eller informasjon om testing av produktets ytelser. Produsent bør oppgi på hvilken måte et produkt kan testes for å sikre at dets ytelser er opprettholdt, selv etter produktets deklarererte levetid.

### 6.4 Bruk av kjemikalier

For å sikre muligheten for ombruk av produkter må det benyttes mindre bruk av kjemikalier som forringer produktet eller på andre måter hindrer at produktet kan benyttes om igjen. Potensielle reaksjoner ved sammenblanding av kjemikalier, en «cocktail-effekt», ved resirkulering av byggemateriale til nye produkter må tas hensyn til.

Materiale med brannhemmende egenskaper inneholder ofte tilleggsstoffer som kan ha en negativ miljøpåvirkning [34]. I 2020 publiserte EU «*Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment*» som har som mål å beskytte samfunnet og øke innovasjonen for bærekraftige kjemikalier [86]. Ved mindre bruk av kjemikalier i produkter, eller økt bruk av bærekraftige kjemikalier kan man sørge for at produkter har større forutsetning for å kunne resirkuleres og ombrukes.

Antall bygningsbranner er rundt 3000 hvert år [87], med svakt økende trend, som vist på Figur 24. Trenden kan tyde på at slokkearbeid, og dermed også bruken av slokkeskum ikke er avtagende. Bruk av slokkeskum ved brann kan bidra til skader på mikroorganismer i grunnvann, som beskrevet i kapittel 3.3.1.



Figur 24: Antall bygningbranner 2015-2021. Tall fra SSB [87]

Effekten til slokkeskum er svært god, sammenlignet med vann [33]. Forsøk gjennomført av Anna Kärrman ved Universitetet i Ørebro har vist at rask slokking gir færre forbrenningsprodukter [33]. Samtidig nevner forfatteren av studien at utslipp av forbrenningsprodukter er gunstigere enn kjemikalier i vassdrag, og at nedbrenning i noen tilfeller er bedre enn slokking.

*«Man kan alltid diskutere om det er bra at alt forbrennes, går opp i luften og regner ned et annet sted, men hvis vi skal velge mellom pest og kolera så er punktutslipp i vassdrag og i grunnvannet det absolutt verste. [33]»*

For å beskytte grunnvannet i fremtiden, vil videre utvikling av slokkeskum være interessant å se på. En annen mulighet for mer bærekraftig slokkesystem er bruk av grå- og regnvann til slokking.

Bruken av grå- og regnvann i automatiske slokkesystemer er spesielt aktuelt i land med tørkeperioder eller begrenset vanntilførsel. Tilgang til slokkevann er ikke et problem i Norge, og bruk av slokkeskum gir et mindre behov for vann. Det vil likevel være proaktivt og i Norge også vurdere slokkeløsninger som krever mindre tilgang på vann, spesielt om man øker byggets levetid.

## 6.5 Krav til ombruk gjennom offentlige anskaffelser

Det er utfordringer rundt bruksendringer. Forhold rundt brannsikkerheten i et bygg ved risikoendring må i første omgang oppdages. Eier er ansvarlig for at bygget er oppgradert i forhold til brannsikkerheten. Hvilket brannsikkerhetsnivå bygget skal oppgraderes til spiller en rolle for hvordan brannrisikoen blir håndtert.

Økonomi spiller en rolle i oppgradering av sikkerhetsnivået. Forskrift om brannforebyggende tiltak oppgir at sikkerhetsnivået må oppfylles med mindre det medfører urimelig høye kostnader [43]. Flytting av vegger og andre store bygningstekniske inngrep er kostnadmessig dyre, samtidig som utforming og bredde på rømningsveier kan være svært viktig for rømning fra et bygg.

Anskaffelsesloven, beskrevet i kapittel 3.1.3, skal fremme klimavennlige løsninger. For offentlige bygg kan mer fokus på miljøpåvirkning fra et bygg, og byggets mulighet for å ombrukes, sørge for at nybygg

oppføres på en bærekraftig måte. En mulighet er å implementere minstekrav til byggets og materialenes mulighet for ombruk som tildelingskriterier for offentlige anskaffelser. Tildelingskriterier er konkurransekriteriene som oppdragsgiveren skal vurdere tilbudene etter.

Ved strengere krav ved offentlige anskaffelser må det ta hensyn til at markedskonkurransen blir begrenset. En bærekraftig økonomisk utvikling må også inkludere små og mellomstore produsenter og entreprenører.

## 6.6 Flere bygg med universell utforming

Rømningsforhold skal være gode for alle brukere av bygget, uavhengig av funksjonsnedsettelse. Et bygg med universell utforming oppfyller krav til utforming som gjør at flere kan benytte det. Dette gjør at dersom et bygg endrer funksjon og får høyere risikoklasse, vil likevel mange av de eksisterende løsningene oppfylle det nye ytelseskravet.

For eksempel skal et bygg med universell utforming ha korridorer med fri bredde på minimum 1,2 meter for korte strekninger, og ellers minimum 1,5 meter [88]. Sammenligner man dette med fri bredde i rømningsvei er denne for risikoklasse 1, 2 og 4 minimum 0,86 meter, og for risikoklasse 3, 5 og 6 minimum 1,16 meter [58]. Et bygg designet for å enkelt kunne orientere seg *i*, som et universell utformet bygg, vil da også være enklere å orientere seg *ut av* ved rømning.

Krav til universell utforming gjelder for publikumsbygg med offentlig tilgang og arbeidsplasser der personer med funksjonsnedsettelse kan arbeide [89]. Universell utforming i boliger skjer gjennom krav om tilgjengelig boenhet. Det vil være krav om tilgjengelig boenhet i en bygning dersom alle byggets hovedfunksjoner, det vil si stue, kjøkken, soverom og bad, ligger på inngangsplanet, eller dersom bygget har krav på heis [89].

Ved å planlegge flere bygg med universell utforming eller som tilgjengelig boenhet vil man kunne oppføre bygg som på noen områder oppfyller høyere brannkrav enn nødvendig. Brannsikkerheten ved ombruk av bygget kan derfor tilfredsstilles uten å måtte gjøre store tiltak, som å flytte vegger for å oppnå minimumsbredde i rømningsveier.

## 6.7 Økt fokus på brann i livsløpsanalyser

Preventive branntiltak vil på lang sikt være gunstig for miljøet. Ved å unngå brann vil man kunne forhindre utslipp av nitrogenoksider, svoveloksider, metaller, halogenerte syrer og svevestøv fra brannen, utvasking av disse fra slokkeinnsats, utslipp tilknyttet transport av skadede og nye bygningsdeler, samt produksjon av nytt bygningsmateriale, som nevnt i kapittel 3.3.

Brann-LCA, beskrevet i kapittel 3.3.3, inkluderer potensielle utslipp ved brann. Dermed kan produkter som bidrar til å begrense brannspredning få en positiv effekt i livsløpsanalyser. Bruk av brann-LCA kan se på brannsikkerhetstiltak og deres effekt på potensielle miljøutslipp slik at brannsikkerheten kan opprettholdes uten at det går på bekostning av miljøbelastningen.

En annen problemstilling som kan plukkes opp i brann-LCA er begrensning av utslipp av kjemikalier ved brann, for eksempel fra maling. Dette krever at produsenter må teste og oppgi miljøbelastning fra produktet dersom det blir utsatt for høy varme eller brenner opp.

## 6.8 Endring av krav ved de to scenarioene

Litteraturstudiet har sett på noen forhold i bygg som blir påvirket av risikoendring. Ved endring fra bygningsbrannklasse 3 til risikoklasse 4 er det relative små endringer i krav til byggets brannsikringstiltak. Ved endring fra bygningsbrannklasse 3 til risikoklasse 6 er det derimot nødvendig med tiltak for å bedre forhold som går på rømning og redning. Blant annet sikre kortere fluktvei eller kompensere for økt nødvendig rømningstid med andre tiltak. En oversikt over noen krav som endres i forhold til rømningssikkerhet er vist i Tabell 13.

Tabell 13: Sammenligning av endrede krav fra BF85 til Scenario 1 og 2

	Scenario 1	Scenario 2
Krav til automatisk slokkeanlegg?	Nei	Ja
Er det tilfredsstillende maksimal lengde på fluktvei?	Ja	Nei
Er det nødvendig bredde i rømningsvei?	Ja	Nei
Er det godkjent med rømning via vindu?	Ja	Nei
Strengere krav til materialer	Nei	Ja

Ved bruksendring er brannmotstanden på bygningsdeler spesielt viktig å vurdere for å kunne sørge for rømningssikkerhet for brukerne som har dårligere forutsetninger for å rømme bygget. Byggets helhet, med avstander, rømningsveier, mulighet for brannspredning via installasjoner og gjennomføringer, røykhåndtering ved for eksempel ventilasjonsanlegg må vurderes for å sikre tilstrekkelig brannsikkerhet.

Resultatet av miljøsammenligningene gir en indikasjon om at konstruksjoner som oppfyller ytelseskrav til en høyere risikoklasse har høyere utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter enn konstruksjoner som oppfyller kravet til en lavere risikoklasse.

## 6.9 Vurdering av metode ved GWP-sammenligning

Produktene blir sammenlignet i kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per m<sup>3</sup> produkt. Dette blir ikke nøyaktig, da produktene har ulike egenskaper, og kan oppnå samme ytelser med ulik mengdebruk av produktet. Vurderingen i denne oppgaven sammenligner ikke ytelser, annet enn de som er nødvendige for å oppfylle de to scenarioene. Konstruksjonene kunne oppnådd en annen ytelse om de hadde blitt detaljprosjektert. «EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med

*NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst [73].» EPD-ene oppgir også ikke alltid fullstendig livsløp, og inkluderer ikke hvordan produktet kan ombrukes.*

Veggene som er benyttet som grunnlag for sammenligningen er forenklete, slik at de i noen tilfeller ikke er dekkende for slik de ville vært oppført. De oppgitte konstruksjonene kunne fått høyere brannklassifisering ved beregning og/eller testing. Det er ikke tatt hensyn til effekten av et automatisk slokkeanlegg hadde hatt for dimensjoneringen av konstruksjonene. Det er heller ikke gjennomført GWP sammenligning av konstruksjoner med og uten automatisk slokkeanlegg eller andre aktive brannsikringstiltak.

Det er også mange flere produkter og konstruksjoner som oppnår ytelseskravene til de to scenarioene som ikke er sammenlignet her. For en mer nøyaktig sammenligning skulle det ha blitt gjennomført et mer omfattende forprosjekt for å få oversikt over de mest benyttede konstruksjonene og materialene. Et gjennomsnitt av GWP for tilsvarende produkter ville gitt et mer nøyaktig resultat, da ulike produsenter kan ha ulikt utslipp på grunn av produksjonsmetode og plassering av produksjonssted.

Konstruksjonene og materialene har ulik referanselevetid, noe som ikke tas hensyn til ved sammenligningen. For eksempel har teglstein høyere GWP enn flere av de sammenlignede materialene, men teglsteinen har en oppgitt levetid på 150 år, mens de fleste andre har 60 år.

## 6.10 Vurdering av resultat ved GWP-sammenligning

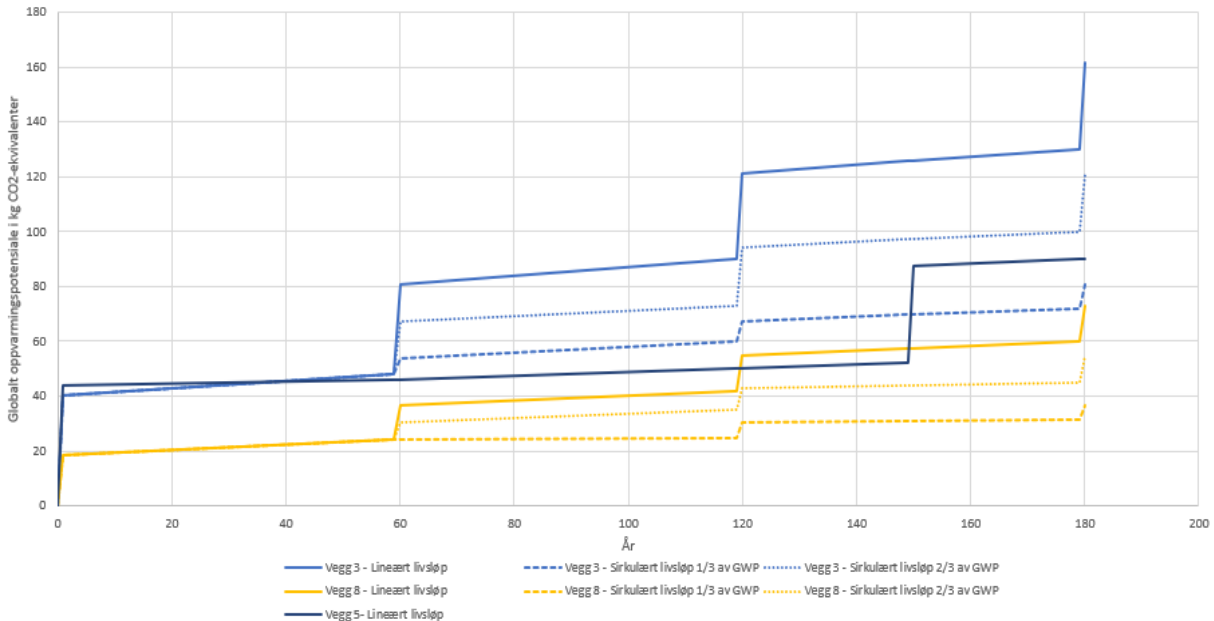
GWP-sammenligningene gjort i denne oppgaven kan gi en indikasjon på at brennbare produkter og konstruksjoner har et lavere potensielt miljøutslipp enn de som er ubrennbare.

Sammenligningene viser at veggkonstruksjoner som oppnår REI60 i de fleste tilfeller har høyere GWP enn konstruksjoner som oppnår REI30. Produkter som inneholder sement har generelt et høyt utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, slik GWP sammenligningene i denne oppgaven også viser. Dermed vil høyere risikoklasse potensielt gi større miljøutslipp.

Av de undersøkte veggene hadde Vegg 8 lavest GWP og Vegg 5 høyest. Vegg 5 har en referanselevetid på 150 år og vegg 8 har en referanselevetid på 60 år. Noen produkter hadde ikke oppgitt referanselevetid.

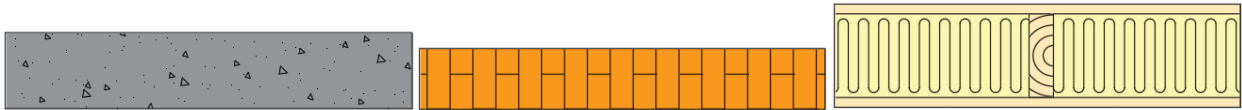
Ved antagelse om at plasstøpt betong har en levetid på 60 år, og antar at ombruk av en vegg kan gjøres med 1/3 eller 2/3 av GWP til en ny konstruksjon vil man få en livsløpssammenligning for vegg 3, vegg 5 og vegg 8 som vist på Figur 25.

Skisse av vegg 3, vegg 5 og vegg 8 i lineære og sirkulære livsløp



Figur 25: Skisse av livsløpet til vegg 3, vegg 5 og vegg 8 i lineære og sirkulære livsløp

Vegg 3 er massiv, plasstøpt betongvegg fra ferdigbetong. Oppnår REI 60 [B 60] som bærende og branncellebegrensende innervegg. Vegg 5 er en uisolert murt teglvegg av solide stein. Oppnår REI 60 [B 60] som bærende og branncellebegrensende innervegg. Vegg 8 er et enkelt isolert bindingsverk av treverk med trekledning på begge sider og isolasjon av steinull. Oppnår REI 30 [B 30] som bærende og branncellebegrensende innervegg. Illustrasjon av veggene er vist på Figur 26.



Figur 26: Illustrasjon av vegg 3, 5 og 8.

Dersom man ser på veggens første 60 år i Figur 25, og antar at hele veggen rives, vil konstruksjonen med lavest GWP lønne seg i forhold til miljøpåvirkning. Etter hvert som tiden går, vil GWP være mer avhengig av andelen gjenbrukt materiale gjennom sirkulært livsløp.

Fra Figur 25 kan man se at en konstruksjon med høyere GWP fra produksjon og konstruksjon kan ha en totalt lavere GWP enn konstruksjoner som i utgangspunktet har lav GWP, men som ikke er en del av et sirkulært livsløp. For eksempel vil en teglvegg etter 150 år kunne ha lavere GWP enn en bindingsvegg produsert tre ganger. Beregningene som er gjort her er basert på antagelser, og mer nøyaktige analyser er nødvendig for å komme med en tydelig konklusjon på hvilke konstruksjoner som er mer bærekraftige.

Ved å se på livsløpet til et bygg som lineært vil miljøvennlige produkter ha høy miljøpåvirkning, sammenlignet med sirkulært livsløp. Overgang til sirkulær økonomi, gjennom forlenget levetid og ombruk av bygg og materialer, kan i noen tilfeller gi lavere miljøpåvirkning enn et bygg i et lineært livsløp.

## 7 Konklusjon

Bruksendring av bygg er viktig for bærekraftig utvikling og for overgangen til sirkulær økonomi. Ombruk av bygg vil i de fleste tilfeller gi behov for ny risikovurdering av bygget.

For å imøtegå mulig fremtidig bruksendring og økning av risikoklasse bør bygg oppføres med tanke på ombruk av både bygg og materialer. Det bør gjøres miljø-vurderinger av byggets brannsikkerhetstiltak, og innføres kontroll av bygningsmaterialer som har branntekniske egenskaper. Vurderingen av tiltakets bærekraftighet bør ta hensyn til hele byggets livsløp, miljøeffekten av en brann og fordeler fra produkter som begrenser et branntilløp.

Sammenligninger av globalt oppvarmingspotensiale fra konstruksjoner som oppnår branntekniske krav i to ulike risikoklasser kan tyde på at konstruksjoner som oppnår høyere ytelseskrav har høyere globalt oppvarmingspotensiale. Konstruksjonens levetid og mulighet for ombruk har stor påvirkning på det totale oppvarmingspotensialet.

Arbeidet med denne oppgaven tyder på at konstruksjoner i et lineært livsløp har høyere globalt oppvarmingspotensiale enn konstruksjoner i et sirkulært livsløp. I noen tilfeller vil byggematerialer i et sirkulært livsløp, med bruksendring til høyere risikoklasse, kunne gi en mer gunstig miljøpåvirkning enn bruk av mer miljøvennlige produkter i et lineært livsløp.

## 8 Fremtidig arbeid

Økonomi er et viktig insentiv for hvilke løsninger som blir valgt. Hvor er grenseskillet mellom risiko og kostnader ved bærekraftige tiltak? Hvor skal grensen gå for hva som er økonomisk forsvarlig, bærekraftig og god nok brannsikkerhet? Det kan være aktuelt for fremtidige bachelorstudenter å undersøke dette.

Hvordan kan røykventilasjon og eldre ventilasjonsanlegg kan være et hinder for god brannsikkerhet? Hvordan har aktive tiltak endret seg i bygg som skal ombrukes? Effekten av automatiske slokkeanlegg gjennom et byggs livsløp er også interessant å undersøke videre.

Hvordan endres brannprosjektering av et bygg dersom man tar hensyn til en brann i livsløpsperspektivet til et bygg? Det kan være aktuelt for en prosjektgruppe å se på bruken av brann-LCA, og sammenligne en livsløpsanalyse med brann-LCA mot en standard LCA. Kan nedbrenning av et bygg begrunnes med lavere utslipp, kontra miljøpåvirkningen slokking påfører grunnvann og lokal natur?

Brannsikkerhet kan i noen tilfeller være grunnlaget for høyden på bygget. Når man ser på miljøpåvirkningen fra et bygg tar man sjelden med i betraktningen areal som ikke er utnyttet. Kan høyhus, med mindre miljøvennlige produkter, være totalt en mer bærekraftig løsning fordi man får bedre tomteutnyttelse og plass til flere?

Det er ikke utenkelig at fremtidige lover og regler setter høyere krav til miljøvennlige produkter. Mange av disse er trebaserte og dermed brennbare. Hva skjer med brannsikkerheten i et bygg ved bruk av mer brennbart materiale?

Hvordan vil ytelsene til produkter med brannegenskaper endre seg over tid? Vil produkter med brannhemmende eller kjemiske egenskaper endres over tid? Hvem har ansvaret for verifisering av produktet ved ombruk?

Bærekraftige branntekniske tiltak er et relevant tema for fremtiden som trenger videre undersøkelser.



## 9 Referanser

- [1] Direktoratet for byggkvalitet, «§ 11-3. Brannklasser,» TEK17, [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/11/i/11-3/>. [Funnet 19 April 2022].
- [2] Direktoratet for byggkvalitet, «Hva er bruksendring?,» dibk.no, 21 August 2018. [Internett]. Available: <https://dibk.no/bygge-selv/bruksendring-i-boliger---sporsmal-og-svar/>. [Funnet 5 April 2022].
- [3] A. Tjernshaugen, «Bærekraft,» Store Norske Leksikon, 29 Mars 2022. [Internett]. Available: <https://snl.no/b%C3%A6rekraft>. [Funnet 5 April 2022].
- [4] Miljødirektoratet, «Sirkulær økonomi,» 31 Mars 2022. [Internett]. Available: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/sirkular-okonomi/>. [Funnet 20 April 2022].
- [5] United States Environmental protection Agency, «Understanding Global Warming Potentials,» EPA, [Internett]. Available: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>. [Funnet 27 Mai 2022].
- [6] I. Nestaas og S. Grønmo, «Livsløpsanalyse,» Store Norske Leksikon, 7 Desember 2020. [Internett]. Available: <https://snl.no/livsl%C3%B8psanalyse>. [Funnet 14 Februar 2022].
- [7] Kollegiet for brannfaglig terminologi, «Faguttrykk: Nødvendig rømningstid,» kbt.no, [Internett]. Available: <http://www.kbt.no/faguttrykk.asp?Uttrykk=n%F8dvendig%20r%F8mningstid>. [Funnet 27 Mai 2022].
- [8] Direktoratet for byggkvalitet, «§ 11-2. Risikoklasser,» TEK17, [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/11/i/11-2/>. [Funnet 18 April 2022].
- [9] Kollegiet for brannfaglig terminologi, «Faguttrykk: Tilgjengelig rømningstid,» kbt.no, [Internett]. Available: <http://www.kbt.no/faguttrykk.asp?Uttrykk=tilgjengelig%20r%F8mningstid>. [Funnet 27 Mai 2022].
- [10] I. M. Lid, «Universell utforming,» Store Norske Leksikon, 27 Desember 2021. [Internett]. Available: [https://snl.no/universell\\_utforming](https://snl.no/universell_utforming). [Funnet 29 Mars 2022].
- [11] Direktoratet for byggkvalitet, «Slik leser du byggteknisk forskrift,» 29 Juni 2017. [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/alt-om-tek/slik-leser-du-tek17/>. [Funnet 18 Mai 2022].
- [12] I. U. Jakobsen, S. Kallbekken og B. Lahn, «Parisavtalen,» Store Norske Leksikon, 29 November 2021. [Internett]. Available: <https://snl.no/Parisavtalen>. [Funnet 6 Januar 2022].
- [13] Kommunal og moderniseringsdepartementet (Regjeringen Solberg), «Meld. St. 40 (2020-2021),» 23 Juni 2021. [Internett]. Available:

<https://www.regjeringen.no/contentassets/bcbcac3469db4bb9913661ee39e58d6d/no/pdfs/stm2020210040000dddpdfs.pdf>. [Funnet 06 Januar 2022].

- [14] A. Holtung, «Statistisk sentralbyrå,» 3 November 2016. [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/vi-bygger-om>. [Funnet 24 Februar 2022].
- [15] Kommunal- og arbeidsdepartementet, *Byggeforskrift 1985*, FOR 1984-11-15 nr 1892.
- [16] FN-sambandet, «Bærekraftig utvikling,» 28 Oktober 2021. [Internett]. Available: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling>. [Funnet 07 Februar 2022].
- [17] Larhammer Aarseth Advokatfirma AS, «Miljø, klima og ordet bærekraft - konsekvenser for byggebransjen,» 27 Oktober 2021. [Internett]. Available: <https://www.larhammeraarseth.no/index.php/2021/10/27/miljo-klima-og-ordet-baerekraft-konsekvenser-for-byggebransjen/>. [Funnet 07 Februar 2022].
- [18] *Lov om offentlige anskaffelser (anskaffelsesloven)*, LOV-2016-06-17-73.
- [19] Direktoratet for forvaltning og økonomistyring, «Kriterieveiviseren - Veiviser for bærekraftige offentlige anskaffelser,» [Internett]. Available: <https://kriterieveiviseren.difi.no/nb>. [Funnet 07 Februar 2022].
- [20] DFØ Anskaffelser, «Anleggsbransjen får nye miljøkriterier,» 26 November 2020. [Internett]. Available: <https://anskaffelser.no/nyhetsarkiv/2020/11/anleggsbransjen-far-nye-miljokriterier>. [Funnet 07 Februar 2022].
- [21] RawMaterials, co-funded by the European Union, «Circular economy,» [Internett]. Available: [https://eitrawmaterials.eu/02\\_23\\_ce-final-4/](https://eitrawmaterials.eu/02_23_ce-final-4/). [Funnet 21 April 2022].
- [22] NS-EN ISO 14040, *Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk*, 2006.
- [23] Stiftelsen Østfoldforskning, «LCA-kurs - en innføring i livsløpsvurderinger,» 2002. [Internett]. Available: <http://www.sto-projects.com/lcakurs/index3.asp>. [Funnet 21 April 2022].
- [24] A. Borg, «Reduksjon av klimagassutslipp - et innblikk på livsløpsanalyser,» 16 Januar 2019. [Internett]. Available: <https://d21dbafykdck9.cloudfront.net/1548339712/reduksjon-av-klimagassutslipp-et-innblikk-paa-livsloepsanalyser-asplan-viak-16-01-19.pdf>. [Funnet 21 April 2022].
- [25] NS-EN 15978:2011, *Bærekraftige byggverk - vurdering av bygningers miljøpåvirkning - beregningsmetode*, 2011.
- [26] A. Bhatt, A. Bradford og B. E. Abbassi, «Cradle-to-grave life cycle assessment (LCA) of low-impact-development (LID) technologies in southern Ontario,» ScienceDirect, Ontario, 2018.

- [27] M. Kamali, K. Hewage og R. Sadiq, «Conventional versus modular construction methods: A comparative cradle-to-gate LCA for residential buildings,» University of British Columbia, Kelowna, 2019.
- [28] Y. Huang, R. N. Bird og O. Heidrich, «A review of the use of recycled solid waste materials in asphalt pavements,» Newcastle University, Newcastle upon Tyne, 2007.
- [29] B. C. Roberts, M. E. Webber og O. A. Ezekoye, «Why and How the Sustainable Building Community Should Embrace Fire Safety,» *Curr Sustainable Renewable Energy Rep* 3, 121-137, 2016.
- [30] Folkehelseinstituttet, «Nitrogendioksid,» fhi.no, 12 Oktober 2020. [Internett]. Available: <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/temakapitler/nitrogendioksid2/>. [Funnet 18 Mars 2022].
- [31] Folkehelseinstituttet, «Svoveldioksid,» fhi.no, 31 Januar 2019. [Internett]. Available: <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/temakapitler/svoveldioksid/>. [Funnet 18 Mars 2022].
- [32] Folkehelseinstituttet, «Metaller,» fhi.no, 13 Februar 2018. [Internett]. Available: <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/temakapitler/metaller---luftkvalitetskriterier/>. [Funnet 18 Mars 2022].
- [33] Brann & redning, «Alle slokkevæsker er farlige for miljøet,» *brannredning.no*, 24 Juli 2015. [Internett]. Available: <https://brannredning.com/diverse/slokkevaesker-farlige-miljoet/>. [Funnet 18 Mars 2022].
- [34] P. Andersson, M. Simonson og H. Stripple, «Life-Cycle Assessment Including Fires (Fire-LCA),» *Springer Series in Materials Science; Vol. 97*, 2007. [Internett]. Available: <https://portal.research.lu.se/sv/publications/life-cycle-assessment-including-fires-fire-lca>. [Funnet 5 April 2022].
- [35] ISO 26367-1:2019, «Guidelines for assessing the adverse environmental impact of fire effluents — Part 1: General,» ISO, 2019. [Internett]. Available: <https://www.iso.org/standard/72536.html>. [Funnet 28 April 2022].
- [36] Brannfaglig fellesorganisasjon, «Bruksendring - endret bruk i hele eller deler av bygget,» [Internett]. Available: <https://www.bfobrann.no/prosesser/bruksendring>. [Funnet 09 Februar 2022].
- [37] Brannfaglig fellesorganisasjon, «Ombygging og tilbygg,» *bfobrann.no*, [Internett]. Available: <https://www.bfobrann.no/prosesser/ombygging-og-tilbygg>. [Funnet 12 Mai 2022].
- [38] *LOV-2008-06-27-71. Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)*, Kommunal- og distriktsdepartementet, 2008.
- [39] *Forskrift om byggesak (byggesaksforskriften)*, Kommunal- og distriktsdepartementet, 2010.
- [40] Direktoratet for byggkvalitet, «Bygg uten å søke: Bruk av bygningen,» *dibk.no*, [Internett]. Available: <https://dibk.no/verktoy-og-veivisere/bygg-uten-a-soke-garasje/>. [Funnet 19 April 2022].

- [41] Direktoratet for Byggkvalitet, «Byggesaksforskriften Kapittel 2 Tiltak som krever søknad og tillatelse,» 2010. [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/sak/2/2/2-1/>. [Funnet 8 Februar 2022].
- [42] Brannfaglig fellesorganisasjon, «Oppgradering,» bfobrann.no, [Internett]. Available: <https://www.bfobrann.no/prosesser/oppgradering/>. [Funnet 12 Mai 2022].
- [43] Justis- og beredskapsdepartementet, *Forskrift om brannforebygging*, FOR-2015-12-17-1710, 2016.
- [44] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, «Veiledning til forskrift om brannforebygging,» 2020. [Internett]. Available: <https://www.dsb.no/lover/brannvern-brannvesen-nodnett/veiledning-til-forskrift/veiledning-til-forskrift-om-brannforebygging/>. [Funnet 25 Mai 2022].
- [45] ssb.no, «Folketallet,» Statistisk sentralbyrå, [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/befolkning/faktaside/befolkningen/>. [Funnet 25 April 2022].
- [46] ssb.no, «Bygningsmassen,» Statistisk sentralbyrå, 9 Februar 2022. [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/bygg-og-anlegg/statistikk/bygningsmassen/>. [Funnet 25 April 2022].
- [47] NAF, «Hjemmekontor kan spare samfunnet 10 milliarder i året,» 14 Februar 2022. [Internett]. Available: <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/hjemmekontor-kan-spare-samfunnet-10-milliarder-i-aret?publisherId=2126680&releaseId=17926299>. [Funnet 14 Februar 2022].
- [48] M. H. Ingelsrud og V. H. Bernstrøm, «Hjemmekontor: Utbredelse og sentrale kjennetegn våren 2021,» Arbeidsforskningsinstituttet, OsloMet – storbyuniversitetet, Oslo, 2022.
- [49] T. Halvorsen, «Nå skyter eldrebølgen fart på alvor,» SINTEF, 09 November 2020. [Internett]. Available: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/na-skyter-eldrebolgen-fart-pa-alvor/>. [Funnet 15 Februar 2022].
- [50] Norsk Brannvernforening, «Dødsbrannstatistikk i bedring,» NTB Kommunikasjon, 10 Januar 2017. [Internett]. Available: <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/dodsbrannstatistikk-i-bedring?publisherId=17847131&releaseId=17872869>. [Funnet 19 April 2022].
- [51] Direktoratet for byggkvalitet, «Om universell utforming,» dibk.no, 2013. [Internett]. Available: <https://dibk.no/saksbehandling/kommunalt-tilsyn/temaveiledninger/tilsyn-universell-utforming-bokmal/6.-om-universell-utforming/om-universell-utforming/>. [Funnet 05 Mai 2022].
- [52] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, «Brannstatistikk,» dibk.no, 2022. [Internett]. Available: [https://www.brannstatistikk.no/brus-ui/search?searchId=B1699E7C-76BB-455A-A9FB-1303DDDCDF06&type=SEARCH\\_DEFINITION](https://www.brannstatistikk.no/brus-ui/search?searchId=B1699E7C-76BB-455A-A9FB-1303DDDCDF06&type=SEARCH_DEFINITION). [Funnet 05 Mai 2022].
- [53] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, «Brannstatistikk 2019,» dsb, 2020. [Internett]. Available: <https://www.dsb.no/reportasjearkiv/brannstatistikk-2019/>. [Funnet 25 Mai 2022].

- [54] SINTEF byggforsk, «Byggforskblad 520.385,» Mai 2016. [Internett]. Available: [https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/322/noedvendig\\_roemningstid\\_ved\\_brann](https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/322/noedvendig_roemningstid_ved_brann). [Funnet 25 Mai 2022].
- [55] Byggt teknisk forskrift (TEK) med veiledning, «Sikkerhet ved brann,» 2017. [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/byggt teknisk-forskrift-tek17/11/i/11-1/>. [Funnet 25 Mai 2022].
- [56] «§ 11-11. Generelle krav om rømning og redning,» Byggt teknisk forskrift (TEK17) med veiledning, 2017. [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/byggt teknisk-forskrift-tek17/11/iv/11-11/>.
- [57] Direktoratet for byggkvalitet, «§11-12. Tiltak for å påvirke rømnings- og redningstider,» Byggt teknisk forskrift (TEK17) med veiledning, 2017. [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/byggt teknisk-forskrift-tek17/11/iv/11-12/>. [Funnet 25 Mai 2022].
- [58] Byggt teknisk forskrift (TEK17) med veiledning, §11-14. Rømningsvei, 2017.
- [59] «§11-13. Utgang fra branncelle,» Byggt teknisk forskrift (TEK17) med veiledning, 2017. [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/byggt teknisk-forskrift-tek17/11/iv/11-13/>.
- [60] «§11-9. Materialer og produkters egenskaper ved brann,» Byggt teknisk forskrift (TEK17) med veiledning, 2017. [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/byggt teknisk-forskrift-tek17/11/iii/11-9/>.
- [61] The Norwegian EPD Foundation, «NEPD-1554-595-EN Semullit/Träullit/Baux - White Natural,» 2018.
- [62] Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), «Environmental Product Declaration Troldekt A/S - Troldekt Natural Wood - unpainted,» 2021.
- [63] Norgips Norge AS, «ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION: Norgips Standard type A (STD),» 2020.
- [64] Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), «Environmental Product Declaration Fermacell GmbH - Gypsum Fibreboard,» 2016.
- [65] CENIA - Czech Environmental Information Agency, «Environmental Product Declaration in accordance with ISO 14025 and EN 15804 for: Cement-bonded particleboards CETRIS CIDEM Hranice, a.s.,» 2015.
- [66] Cembrit Holding A/S, «VERIFIED ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION Cembrit Solid, Cembrit Express+, Cembrit Cover, Cembrit Patina,» 2018.
- [67] Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner, «ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION: Vänerply kryssfinér av gran. Moelven Wood AB,» 2018.
- [68] Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner, «ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION Arbor Sponplater Gulv, Vegg og Tak Standard. Arbor AS,» 2017.

- [69] Direktoratet for byggkvalitet, «§11-9. Materialer og produkters egenskaper ved brann,» Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning, 2017. [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/11/iii/11-9/>. [Funnet 10 Mai 2022].
- [70] The Norwegian EPD foundation, «Environmental Product Declaration ROCKWOOL® stone wool thermal insulation,» 2022.
- [71] Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner, «ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION Glava glassull,» 2019.
- [72] Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner, «ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION Hunton Trefiberisolasjon Plate,» 2020.
- [73] Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner, «ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION Trelast av furu og gran fra Bergene Holm AS,» 2021.
- [74] Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner, «ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION Ferdigbetong B30 M60, Dmax 16 mm, 25% red. St.Fa Helgeland Betong,» 2020.
- [75] Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner, «ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION Lavkarbonbetong kl.B. B35-M45 D.16 Uredusert, Synk 260mm, Silica,Standard FA Helgeland Betong,» 2020.
- [76] Danish Technological Institute, «VERIFIED ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION “yellow” bricks (yellow and sand-colored bricks),» 2021.
- [77] Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner, «ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION Krysslimt tre Splitkon AS,» 2020.
- [78] The Norwegian EPD Foundation, «ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION Leca® Universalblokk 15 cm Leca International,» 2021.
- [79] Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), «ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION Ytong® Autoclaved Aerated Concrete (AAC) Xella Baustoffe GmbH,» 2012.
- [80] Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner, «ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION Systemblokk - Systemblokk AS,» 2017.
- [81] SINTEF Byggforsk, «Byggforskblad 520.322: Brannmotstand for vegger av tre, mur og betong,» Februar 2021. [Internett]. Available: [https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/1539/brannmotstand\\_for\\_vegger\\_av\\_tre\\_mur\\_og\\_betong](https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/1539/brannmotstand_for_vegger_av_tre_mur_og_betong). [Funnet 10 Mai 2022].
- [82] SINTEF Byggforsk, «Byggforskblad 520.306: Brann- og seksjoneringsvegger i større bygninger,» 2005. [Internett]. Available: [https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/3233/brann\\_og\\_seksjoneringsvegger\\_i\\_stoerre\\_bygninger](https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/3233/brann_og_seksjoneringsvegger_i_stoerre_bygninger). [Funnet 13 05 2022].

- [83] M. T. Pettrém og Ø. T. Drabløs, «Oslos 106 ubrukte eiendommer,» Schibsted, 18 Desember 2021. [Internett]. Available: <https://www.aftenposten.no/oslo/i/Orlvgb/oslos-106-ubrukte-eiendommer>. [Funnet 14 Februar 2022].
- [84] SINTEF Byggforsk, «Byggforskblad 321.025: Brannsikkerhet. Prosjektering, utførelse og kontroll,» November 2021. [Internett]. Available: [https://www.byggforsk.no/dokument/2998/brannsikkerhet\\_prosjektering\\_utfoerelse\\_og\\_kontroll](https://www.byggforsk.no/dokument/2998/brannsikkerhet_prosjektering_utfoerelse_og_kontroll). [Funnet 25 Mai 2022].
- [85] Direktoratet for byggkvalitet, «Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK),» 1 Januar 2014. [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/dok/>. [Funnet 14 Mai 2022].
- [86] The European Commission, «Chemicals strategy,» 14 Oktober 2020. [Internett]. Available: [https://ec.europa.eu/environment/strategy/chemicals-strategy\\_en](https://ec.europa.eu/environment/strategy/chemicals-strategy_en). [Funnet 14 Mai 2022].
- [87] Statistisk sentralbyrå, «12058: Brann- og ulykkesvern - grunnlagstall og nøkkeltall, etter region, statistikkvariabel og år,» 2022. [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/statbank/table/12058/tableViewLayout1/>. [Funnet 14 Mai 2022].
- [88] Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning, «§ 12-6. Kommunikasjonsvei,» Direktoratet for byggkvalitet, 2017. [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/12/ii/12-6/>. [Funnet 14 Mai 2022].
- [89] Direktoratet for byggkvalitet, «Spørsmål og svar om universell utforming og tilgjengelighet,» [Internett]. Available: <https://dibk.no/verktoy-og-veivisere/universell-utforming/sporsmal-og-svar-om-universell-utforming-og-tilgjengelighet/>. [Funnet 14 Mai 2022].
- [90] Direktoratet for Byggkvalitet, «Høringer,» DiBK.no, 9 September 2021. [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/horinger/hoyringar/>. [Funnet 6 Januar 2022].
- [91] SINTEF, «Byggforskblas 520.322 Brannmotstand for vegger av tre, mur og betong,» Byggforskserien, Februar 2021. [Internett]. Available: [https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/1539/brannmotstand\\_for\\_vegger\\_av\\_tre\\_mur\\_og\\_betong#i4](https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/1539/brannmotstand_for_vegger_av_tre_mur_og_betong#i4). [Funnet 29 April 2022].
- [92] Direktoratet for byggkvalitet, «Sjekk brannveggen!,» [Internett]. Available: <https://dibk.no/globalassets/sikkerhet/sjekk-brannveggen-nettet.pdf>. [Funnet 24 Februar 2022].
- [93] Kollegiet for brannfaglig terminologi, «Faguttrykk,» 2009. [Internett]. Available: <http://www.kbt.no/faguttrykk.asp?Uttrykk=fluktvei>. [Funnet 09 Mai 2022].
- [94] Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning, §11-12. *Tiltak for å påvirke rømnings- og redningstider*, 2017.

## Vedleggsliste

Vedlegg A – Sammenligning av branntekniske krav i Scenario 1.....	side A
Vedlegg B – Sammenligning av branntekniske krav i Scenario 2.....	side E
Vedlegg C – GWP-beregninger .....	side I



## Vedlegg A – Sammenligning av branntekniske krav i Scenario 1

### Endring i branntekniske krav ved Scenario 1

Tekniske krav (Bygningsbrannklasse 3 til risikoklasse 4, brannklasse 1). Det antas spesifikk brannenergi per m<sup>2</sup> golvflate etter NS-EN 1991-1-2: 948 MJ/m<sup>2</sup>. Det antas en verdi på mellom 50-400 MJ per m<sup>2</sup> omhyllingsflate. Etasjeantall er uendret.

### Bæreevne og stabilitet

Område	Ytelseskrav i bygningsbrannklasse 3 (Byggeforskrift 85)	Ytelseskrav i RKL4/BKL 1 (TEK17 med veiledning)	Økt krav
Bærende hovedsystem	A 10 eller B 30	R 15 [B 15]	Nei
Sekundære bærende bygningdeler, etasjeskiller som ikke har stabiliserende funksjon for hovedbæring	A 10 eller B 30	R 15 [B 15]	Nei
Trappeløp	A 10 eller B 30	-	Nei
Bærende bygningsdel under øverste kjeller	A 60	R 60 A2-s1,d0 [A 60]	Nei
Utvendig trapp	-	-	Nei
Takkonstruksjon	Taktekning på brennbart underlag skal være i klasse Ta. Taktekning direkte på ubrennbart materiale skal være av materiale som ikke medvirker til spredning av brann.	Uten spesifisert brannmotstand, forutsatt at alle materialer tilfredsstillers A2-s1,d0 [ubrennbart materiale] eller takkonstruksjon som er beskyttet nedenfra med kledning K <sub>2</sub> 10 D-s2,d0 [K2]	Nei

### Overflater og kledninger

Område	Ytelseskrav i bygningsbrannklasse 3		Ytelseskrav i RKL4/BKL 1		Økt krav
	Overflater	Kledninger	Overflater	Kledninger	
Brannceller (inntil 200 m <sup>2</sup> )	In 2	K2	D-s2,d0 [In 2]	K <sub>2</sub> 10 D-s2,d0 [K2]	Nei
Brannceller (over 200 m <sup>2</sup> )	In 2	K2	D-s2,d0 [In 2]	K <sub>2</sub> 10 D-s2,d0 [K2]	Nei
Rømningsvei	In 1 + gulv: G	K1	B-s1,d0 [In 1] + gulv: Dfl-s1 [G]	K <sub>2</sub> 10 B-s1,d0 [K1]	Nei

Sjakter og hulrom	Skal utføres slik at bygningsdelens brannskillende funksjon opprettholdes.	B-s1,d0 [In 1]	K <sub>2</sub> 10 B-s1,d0 [K1]	Nei
Ytterkledning	Ut 2	D-s3,d0 [Ut 2]		Nei
Nedforet himling i rømningsvei	Skal utføres slik at de kan utføre sin funksjon som del av brannskillet.	<p>Dersom det er nedforet himling i rømningsvei, må denne ha overflater som for trapperom tilfredsstillende A2-s1,d0, med opphengssystem med brannmotstand min. 10 minutter, eller himlingen må bestå av kledning som tilfredsstillende klasse K210 A2-s1,d0 [K1-A].</p> <p>Overflater og kledninger i hulrom over himlingen må ha minst like gode branntekniske egenskaper som overflatene og kledningene i rømningsveien for øvrig.</p>		Nei

### Taktekking og isolasjonsmaterialer

Område	Ytelseskrav i bygningsbrannklasse 3	Ytelseskrav i RKL4/BKL 1	Økt krav
Taktekking	Ta	B <sub>ROOF</sub> (t2) [Ta]	Nei
Isolasjonsmateriale	-	A2-s1,d0	Ja

### Brannceller

Område	Ytelseskrav i bygningsbrannklasse 3	Ytelseskrav i RKL4/BKL 1	Økt krav
Branncellebegrensende konstruksjon	B 30	EI 30 [B 30]	Nei
Følgende rom er egne brannceller	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rømningsvei</li> <li>• Trapperom</li> <li>• Tekniske rom</li> <li>• Sjakter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rømningsvei</li> <li>• Trapperom</li> <li>• Hver enkel boenhet</li> <li>• Tekniske rom</li> <li>• Sjakter</li> </ul>	Nei
Bygningsdel som omslutter trapperom og heissjakt	B 30	EI 30 [B 30]	Nei
Trapperom	A 10 eller B 30	EI 30 [B 30]	Nei
		Minst to trapperom i Tr1, eller ett trapperom dersom det er	

		vindu eller balkong tilgjengelig for rednings- og slokkeinnsats.	
Hulrom	Skal utføres slik at bygningsdelens brannskillende funksjon opprettholdes.	Store hulrom. Store hulrom må deles opp med branncellebegrensende konstruksjoner i areal på høyst 400 m <sup>2</sup> . Dette gjelder for eksempel kalde, ubenyttede loftsrom og hulrom under oppførede tak og gulv.	Nei/Ja
Innredning i branncelle	Brannceller må ikke ha form eller innredning som gjør varsling og rømning ved brann vanskelig.	Forbindelsen fra ethvert arbeids- eller oppholdssted til rømningsvei må være oversiktlig, uten hindringer og ha færrest mulige retningsforandringer.	Nei

### Brannvegg/Seksjonering

Område	Ytelseskrav i bygningsbrannklasse 3	Ytelseskrav i RKL4/BKL 1	Økt krav
Brannspredning mellom lave byggverk	Ingen krav til avstand mellom bygninger som er skilt med brannvegg. Der det ikke er brannvegg er kravet halvparten av bygningenes sammenlagte gjennomsnittlige gesimshøyde og ikke under 8 m	L > 8m, eller skilt med branncellebegrensende bygningsdeler	Nei
Brannspredning mellom høye byggverk		L > 8m, eller brannvegg	Nei
Størst bruttoareal i m <sup>2</sup> pr. etasje uten seksjonering	Normalt: 1200 m <sup>2</sup> Med brannventilasjon: - Med brannalarmanlegg: - Med sprinkler: -	Normalt: 1200 m <sup>2</sup> Med brannalarmanlegg: 1800 m <sup>2</sup> Med sprinkler: 10 000 m <sup>2</sup>	Ja
Brannmotstand for seksjoneringsvegg	A120	REI 90-M A2-s1,d0 [A 90]	Nei

**Aktive brannsikringstiltak**

Område	Ytelseskrav i bygningsbrannklasse 3	Ytelseskrav i RKL4/BKL 1	Økt krav
Automatisk brannsløkkeanlegg	Det skal være sprinkleranlegg i lokale med bruttoareal over 800 m <sup>2</sup> over flere etasjer med åpen forbindelse.	Ingen krav til automatisk brannsløkkeanlegg, med mindre det er heis	Nei
Brannalarmanlegg	For kontor: Brannalarm på kontor kreves dersom arealet er større enn 1200 m <sup>2</sup> . Der det kreves brannalarmanlegg skal anlegget kunne varsle alle.	Byggverk beregnet for virksomhet i risikoklasse 2 til 6 skal ha brannalarmanlegg.  Brannalarmkategori 2: Heldekkende brannalarmanlegg med optiske røykdetektorer i alle områder.	Ja

## Vedlegg B – Sammenligning av branntekniske krav i Scenario 2

### Endring i branntekniske krav ved Scenario 2

Tekniske krav (byggningsbrannklasse 3 til risikoklasse 6, brannklasse 2). Det antas spesifikk brannenergi per m<sup>2</sup> golvflate etter NS-EN 1991-1-2: 280 MJ/m<sup>2</sup>. Det antas en verdi på mellom 50-400 MJ per m<sup>2</sup> omhyllingsflate. Ettersom bygget har 2 etasjer, vil brannklassen være BKL2.

### Bæreevne og stabilitet

Område	Ytelseskrav i bygningsbrannklasse 3 (Byggeforskrift 85)	Ytelseskrav i RKL6/BKL 2	Økt krav
Bærende hovedsystem	A 10 eller B 30	R 60 [B 60]	Ja
Sekundære bærende bygningdeler, etasjeskiller som ikke har stabiliserende funksjon for hovedbæring	A 10 eller B 30	R 60 [B 60]	Ja
Trappeløp	A 10 eller B 30	R 30 [B 30]	Nei
Bærende bygningsdel under øverste kjeller	A 60	R 90 A2-s1,d0 [A 90]	Ja
Utvendig trapp	-	R 30 [B 30] eller A2-s1,d0 [ubrennbart]	Ja
Takkonstruksjon	Taktekning på brennbart underlag skal være i klasse Ta. Taktekning direkte på ubrennbart materiale skal være av materiale som ikke medvirker til spredning av brann.	Uten spesifisert brannmotstand, forutsatt at takkonstruksjon er skilt fra underliggende plan med branncellebegrensende bygningsdel dimensjonert for tosidig brannpåkjenning.	Ja

### Overflater og kledninger

Område	Ytelseskrav i bygningsbrannklasse 3 (Byggeforskrift 85)		Ytelseskrav i RKL6/BKL 2		Økt krav
	Overflater	Kledninger	Overflater	Kledninger	
Brannceller (inntil 200 m <sup>2</sup> )	In 2	K2	B-s1,d0 [In 1] + gulv: D <sub>fi</sub> -s1 [G]	K <sub>2</sub> 10 B-s1,d0 [K1]	Ja

Brannceller (over 200 m <sup>2</sup> )	In 2	K2	B-s1,d0 [In 1]	K <sub>210</sub> B-s1,d0 [K1]	Ja
Rømningsvei	In 1 + gulv: G	K1	B-s1,d0 [In 1] + gulv: D <sub>n</sub> -s1 [G]	K <sub>210</sub> A2-s1,d0 [K1-A]	Ja
Sjakter og hulrom	Skal utføres slik at bygningsdelens brannskillende funksjon opprettholdes.		B-s1,d0 [In 1]	K <sub>210</sub> A2-s1,d0 [K1-A]	Ja
Ytterkledning	Ut 2		B-s3,d0 [Ut 1]		Ja
Nedforet himling i rømningsvei	Skal utføres slik at de kan utføre sin funksjon som del av brannskillet.		<p>Dersom det er nedforet himling i rømningsvei, må denne ha overflater som for trapperom tilfredsstillende A2-s1,d0, med opphengssystem med brannmotstand min. 10 minutter, eller himlingen må bestå av kledning som tilfredsstillende klasse K<sub>210</sub> A2-s1,d0 [K1-A].</p> <p>Overflater og kledninger i hulrom over himlingen må ha minst like gode branntekniske egenskaper som overflatene og kledningene i rømningsveien for øvrig.</p>		Ja

### Taktekking og isolasjonsmaterialer

Område	Ytelseskrav i bygningsbrannklasse 3 (Byggeforskrift 85)	Ytelseskrav i RKL6/BKL 2	Økt krav
Taktekking	Ta	BROOF(t2) [Ta]	Nei
Isolasjonsmateriale	-	A2-s1,d0	Ja

### Brannceller

Område	Ytelseskrav i bygningsbrannklasse 3 (Byggeforskrift 85)	Ytelseskrav i RKL6/BKL 2	Økt krav
Branncellebegrensende konstruksjon	B 30	EI 60 [B 60]	Ja
Følgende rom er egne brannceller	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rømningsvei</li> <li>• Trapperom</li> <li>• Tekniske rom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rømningsvei</li> <li>• Trapperom</li> <li>• Hvert enkelt sykerom</li> </ul>	Nei

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sjakter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hvert enkelt gjesterom</li> <li>Hver enkel boenhet</li> <li>Kontorer som utgjør en selvstendig bruksenhet</li> <li>Storkjøkken</li> <li>Tekniske rom</li> </ul>	
Bygningsdel som omslutter trapperom og heissjakt	B 30	EI 60 [B 60]	Ja
Trapperom	A 10 eller B 30	EI 60 [B 60]	Ja
Hulrom	Skal utføres slik at bygningsdelens brannskillende funksjon opprettholdes.	Store hulrom. Store hulrom må deles opp med branncellebegrensende konstruksjoner i areal på høyst 400 m <sup>2</sup> . Dette gjelder for eksempel kalde, ubenyttede loftsrom og hulrom under oppforede tak og gulv.	Nei
Innredning i branncelle	Brannceller må ikke ha form eller innredning som gjør varsling og rømning ved brann vanskelig.	Forbindelsen fra ethvert arbeids- eller oppholdssted til rømningsvei må være oversiktlig, uten hindringer og ha færrest mulige retningsforandringer.	Nei

### Brannvegg/Seksjonering

Område	Ytelseskrav i bygningsbrannklasse 3 (Byggeforskrift 85)	Ytelseskrav i RKL6/BKL 2	Økt krav
Brannspredning mellom lave byggverk	Ingen krav til avstand mellom bygninger som er skilt med brannvegg. Der det ikke er brannvegg er kravet halvparten av bygningenes sammenlagte gjennomsnittlige gesimshøyde og ikke under 8 m	L > 8m, eller skilt med branncellebegrensende bygningsdeler	Nei
Brannspredning mellom høye byggverk		L > 8m, eller brannvegg	Nei
Størst bruttoareal i m <sup>2</sup> pr. etasje uten seksjonering	Normalt: 1200 m <sup>2</sup> Med brannventilasjon: - Med brannalarmanlegg: -	Normalt: 1200 m <sup>2</sup> Med brannalarmanlegg: 1800 m <sup>2</sup>	Ja

	Med sprinkler: -	Med sprinkler: 10 000 m <sup>2</sup>	
Brannseksjonering	Seksjonering dersom største bruttoareal overstiger 1200 m <sup>2</sup>	Byggverk i risikoklasse 6 beregnet for sykehus, sykehjem og andre pleieinstitusjoner må deles vertikalt i minst to brannseksjoner.  Seksjoneringsveggen må i sin helhet bestå av materialer som tilfredsstillende klasse A2-s1,d0 [ubrennbare] og må kunne motstå mekanisk påkjenning. Isolasjonsmateriale som ikke tilfredsstillende klasse A2-s1,d0	Ja
Brannmotstand for seksjoneringsvegg	A120	Under 400 MJ/m <sup>2</sup> : REI 120-M A2-s1,d0 [A 120]	Nei

#### Aktive brannsikringstiltak

Område	Ytelseskrav i bygningsbrannklasse 3 (Byggeforskrift 85)	Ytelseskrav i RKL6/BKL 2	Økt krav
Automatisk brannslukkeanlegg	Det skal være sprinkleranlegg i lokale med bruttoareal over 800 m <sup>2</sup> over flere etasjer med åpen forbindelse.	Ingen krav til automatisk brannslukkeanlegg, med mindre det er heis	Nei
Brannalarmanlegg	For kontor: Brannalarm på kontor kreves dersom arealet er større enn 1200 m <sup>2</sup> . Der det kreves brannalarmanlegg skal anlegget kunne varsle alle.	Byggverk beregnet for virksomhet i risikoklasse 2 til 6 skal ha brannalarmanlegg.  Brannalarmkategori 2: Heldekkende brannalarmanlegg med optiske røykdetektorer i alle områder.	Nei



## Vedlegg C - GWP-beregninger

Materiale	Parameter	Unit	Declared unit	A1-A3	A4	A5	B1
Semullit - white natural	GWP	kg CO2-ekv	1 tonn, 400 kg/m3	1,09E+02	5,22E+01	0,00E+00	0,00E+00
Troldtekt Natural Wood umalt	GWP	kg CO2-ekv	1m2, 25 mm	1,29E+00	1,11E-01	8,57E-02	-7,36E-01
Norgips Standard type A	GWP	kg CO2-ekv	1m2, 12.5 mm	1,59E+00	2,62E-01	3,48E-01	0,00E+00
Fermacell fibergips	GWP	kg CO2-ekv	1m2, 14.75 kg/m2	1,14E+00			
Cetris cement-bonded particleboards	GWP	kg CO2-ekv	1 m3	8,90E+01			
CEMBRIT solid	GWP	kg CO2-ekv	1 tonn, 1550 kg/m3	1,79E+03			
Vänerply kryssfinér av gran	GWP	kg CO2-ekv	1 m3	-5,79E+02	1,51E+01	4,19E+00	0,00E+00
Arbor Sponplater Gulv, Vegg og Tak Standard	GWP	kg CO2-ekv	1 m3	-7,56E+02	3,38E+01	6,43E+01	0,00E+00
Materiale	Parameter	Unit	Declared unit	B2	B3	B4	B5
Semullit - white natural	GWP	kg CO2-ekv	1 tonn, 400 kg/m3	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Troldtekt Natural Wood umalt	GWP	kg CO2-ekv	1m2, 25 mm				
Norgips Standard type A	GWP	kg CO2-ekv	1m2, 12.5 mm	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Fermacell fibergips	GWP	kg CO2-ekv	1m2, 14.75 kg/m2				
Cetris cement-bonded particleboards	GWP	kg CO2-ekv	1 m3				
CEMBRIT solid	GWP	kg CO2-ekv	1 tonn, 1550 kg/m3				
Vänerply kryssfinér av gran	GWP	kg CO2-ekv	1 m3	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Arbor Sponplater Gulv, Vegg og Tak Standard	GWP	kg CO2-ekv	1 m3	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Materiale	Parameter	Unit	Declared unit	B6	B7	C1	C2
Semullit - white natural	GWP	kg CO2-ekv	1 tonn, 400 kg/m3	0,00E+00	0,00E+00	2,04E-02	1,09E+02
Troldtekt Natural Wood umalt	GWP	kg CO2-ekv	1m2, 25 mm			6,50E-04	9,36E-02
Norgips Standard type A	GWP	kg CO2-ekv	1m2, 12.5 mm	0,00E+00	0,00E+00	1,07E-05	3,44E-01
Fermacell fibergips	GWP	kg CO2-ekv	1m2, 14.75 kg/m2				
Cetris cement-bonded particleboards	GWP	kg CO2-ekv	1 m3				
CEMBRIT solid	GWP	kg CO2-ekv	1 tonn, 1550 kg/m3				
Vänerply kryssfinér av gran	GWP	kg CO2-ekv	1 m3	0,00E+00	0,00E+00	1,02E-02	5,33E+00
Arbor Sponplater Gulv, Vegg og Tak Standard	GWP	kg CO2-ekv	1 m3	0,00E+00	0,00E+00	9,94E-03	6,98E+00
Materiale	Parameter	Unit	Declared unit	C3	C4	D	
Semullit - white natural	GWP	kg CO2-ekv	1 tonn, 400 kg/m3	6,33E+02	4,70E+00	-2,63E+01	
Troldtekt Natural Wood umalt	GWP	kg CO2-ekv	1m2, 25 mm		8,04E+00	-5,57E-01	
Norgips Standard type A	GWP	kg CO2-ekv	1m2, 12.5 mm	5,52E-01	7,33E-03	-3,11E-02	
Fermacell fibergips	GWP	kg CO2-ekv	1m2, 14.75 kg/m2				
Cetris cement-bonded particleboards	GWP	kg CO2-ekv	1 m3				
CEMBRIT solid	GWP	kg CO2-ekv	1 tonn, 1550 kg/m3				
Vänerply kryssfinér av gran	GWP	kg CO2-ekv	1 m3		8,95E+02	3,50E-02	-3,78E+01
Arbor Sponplater Gulv, Vegg og Tak Standard	GWP	kg CO2-ekv	1 m3		1,12E+03	5,59E-02	-5,23E+01

Materiale	Declared unit	A1-A3	GWP
Semullit - white natural	1 tonn, 400 kg/m3	1,09E+02	2,5 4,36E+01
Troldtekt Natural Wood umalt	1m2, 25 mm	1,29E+00	0,025 5,16E+01
Norgips Standard type A	1m2, 12.5 mm	1,59E+00	0,0125 1,27E+02
Fermacell fibergips	1m2, 12.5 mm	1,14E+00	0,0125 9,12E+01
Cetris cement-bonded particleboards	1 m3	8,90E+01	1 8,90E+01
Vänerply kryssfinér av gran	1 m3	-5,79E+02	1 -5,79E+02
Arbor Sponplater Gulv, Vegg og Tak Standard	1 m3	-7,56E+02	1 -7,56E+02
CEMBRIT solid	1 tonn, 1550 kg/m3	1,79E+03	0,155 1,15E+04

Materiale	Declared unit	A1-A5 + B1 +C1-C4 +D	GWP
Semullit - white natural	1 tonn, 400 kg/m3	8,82E+02	2,5 352,65
Troldtekt Natural Wood umalt	1m2, 25 mm	8,33E+00	0,025 333,12
Norgips Standard type A	1m2, 12.5 mm	3,07E+00	0,0125 245,78
Fermacell fibergips	1m2, 12.5 mm		91,20
Cetris cement-bonded particleboards	1 m3		89,00
CEMBRIT solid	1 m3		11548,39
Vänerply kryssfinér av gran	1 m3	3,03E+02	1 302,87
Arbor Sponplater Gulv, Vegg og Tak Standard	1 tonn, 1550 kg/m3	4,17E+02	1 416,85

Produkt	Produsent	GWP A1-A3 [kg/m3]	GWP A1-A5 + B1 +C1-C4 +D [kg/m3]
Gips	Norgips Standard type A	127,00	245,78
Stender	Bergene Holm	-698	26,26
Steinull	Rockwool	0,02	0,65
Glassull	Glava	0,008	0,008
Betong	Helgeland betong	254,14	256,13 (A1-A4)
Lavkarbonbetong	Helgeland betong	250,04	252,03 (A1-A4)
Tegl	Wienerberger	324	335,76
Miljø-tegl	Wienerberger LESS	214,5	226,26
Lettklinker	Leca Universalblokk	149,18	152,25 (A1-A4)
Kryssfiner	Vänerply kryssfinér av gran	-756	416
Massivtre	Krysslimt tre, Splitkon	-597,00	76,37

Konstruksjon	GWP A1-A5 + B1 +C1-C4 +D [kg]	Konstruksjon	GWP A1-A5 + B1 +C1-C4 +D [kg]
Vegg 1	18,91814	Vegg 8	18,29386
Vegg 2	20,27726	Vegg 9	18,80258
Vegg 3	40,46854	Vegg 10	18,83936
Vegg 4	39,82074	Vegg 1	18,91814
Vegg 5	43,6488	Vegg 2	20,27726
Vegg 6	29,4138	Vegg 7	21,924
Vegg 7	21,924	Vegg 14	21,924
Vegg 8	18,29386	Vegg 11	25,0017225
Vegg 9	18,80258	Vegg 6	29,4138
Vegg 10	18,83936	Vegg 12	36,88272
Vegg 11	25,00172248	Vegg 13	38,6124
Vegg 12	36,88272	Vegg 4	39,82074
Vegg 13	38,6124	Vegg 3	40,46854
Vegg 14	21,924	Vegg 5	43,6488

Materiale	Parameter	Unit	Declared unit	A1-A3	A4	A5	B1	
Glava glassull	GWP	kg CO2-ekv	1m2 34 mm		0,43	0,06	0,00	0,00
ROCKWOOL stone wool thermal insulation	GWP	kg CO2-ekv	1m2 37 mm		0,53	0,04	0,09	
Hunton Trefiberisolasjon Plate	GWP	kg CO2-ekv	1m2, 38 mm		-2,38	0,26	0,20	0,00
Materiale	Parameter	Unit	Declared unit	B2	B3	B4	B5	
Glava glassull	GWP	kg CO2-ekv	1m2 34 mm		0,00	0,00	0,00	0,00
ROCKWOOL stone wool thermal insulation	GWP	kg CO2-ekv	1m2 37 mm					
Hunton Trefiberisolasjon Plate	GWP	kg CO2-ekv	1m2, 38 mm		0,00	0,00	0,00	0,00
Materiale	Parameter	Unit	Declared unit	C1	C2	C3	C4	
Glava glassull	GWP	kg CO2-ekv	1m2 34 mm		0,00	0,00	0,00	0,00
ROCKWOOL stone wool thermal insulation	GWP	kg CO2-ekv	1m2 37 mm		0,00	0,00	0,00	0,02
Hunton Trefiberisolasjon Plate	GWP	kg CO2-ekv	1m2, 38 mm		0,00	0,02	2,93	0,00
Materiale	Parameter	Unit	Declared unit	D				
Glava glassull	GWP	kg CO2-ekv	1m2 34 mm		-0,02			
ROCKWOOL stone wool thermal insulation	GWP	kg CO2-ekv	1m2 37 mm		-0,04			
Hunton Trefiberisolasjon Plate	GWP	kg CO2-ekv	1m2, 38 mm		-0,20			

Produkt	Oppgitt densitet	A1-A3	GWP A1-A3	A1-A5, C1-C4, D	GWP A1-A5, C1-C4, D
Glava glassull	17,5 kg/m3	57,14285714	0,43	0,008	0,48
ROCKWOOL stone wool thermal insulation	29 kg/m3	34,48275862	0,53	0,02	0,65
Hunton Trefiberisolasjon Plate	50 kg/m3	20	-2,38	-0,12	0,83

Materiale	Parameter	Unit	Declared unit			
Porebetongblokk - Ytong Autoclaved Aerated Concrete	GWP	kg CO2-ekv	1 m3			
Betonghullblokk - Systemblokk AS	GWP	kg CO2-ekv	1 m2, (400mm*250mm)			
Massiv teglstein - Wienerberger	GWP	kg CO2-ekv	1 tonn, 1700 kg/m3			
Teglstein 25% hull - Wienerberger LESS	GWP	kg CO2-ekv	1 tonn, 1500 kg/m3			
Plasstøpt betong - lavkarbon	GWP	kg CO2-ekv	1 m3			
Materiale	A1	A2	A3	A1-A3	A4	
Porebetongblokk - Ytong Autoclaved Aerated Concrete						219,3
Betonghullblokk - Systemblokk AS	2,25E+01	3,14E-01		7,05E-01	23,52	2,45E+00
Massiv teglstein - Wienerberger					216,00	
Teglstein 25% hull - Wienerberger LESS					143,00	
Plasstøpt betong - lavkarbon	2,36E+02	1,03E+01		3,74E+00	250,04	1,99E+00
Seksjoneringsvegg	Omgjøring til m3	GWP i fasene A1-A3				
Porebetongblokk - Ytong Autoclaved Aerated Concrete		1	219,30			
Betonghullblokk - Systemblokk AS		2	47,04			
Massiv teglstein - Wienerberger	0,588235294		127,06			
Teglstein 25% hull - Wienerberger LESS	0,666666667		95,33			
Plasstøpt betong - lavkarbon		1	250,04			
Seksjoneringsvegg	Mengde	GWP i fasene A1-A3				
Porebetongblokk	0,216		47,3688			
Betonghullblokk	0,342		16,086996			
Massiv teglstein	0,234		29,7317647			
Teglstein 25% hull	0,27		25,74			
Plasstøpt betong	0,288		72,01152			