



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2021 30 stp
Fakultet for realfag og teknologi

Bærekraftpotensialet ved rehabilitering av den fredede tidligere amerikanske ambassaden i Oslo.

En casestudie med klimagassberegning.

Karoline Brekke Lauvrak
Byggeteknikk og arkitektur

FORORD

Denne oppgaven er skrevet ved fakultetet for realfag og teknologi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) våren 2021. Oppgaven markerer avslutningen på masterstudiet innenfor byggeteknikk og arkitektur, med fordypning i bygningsplanlegging.

Formålet med studien har vært å vurdere bærekraftpotensialet ved å bevare og rehabilitere den eksisterende og fredete bygningen i Henrik Ibsens gate 48 i Oslo. Oppgaven ble utført som en casestudie med klimagassberegning av det pågående rehabiliterings- og oppgraderingsprosjektet. Forslag til tema for oppgaven fremkom etter samtaler med Arne Førland Larsen i Link Arkitektur høsten 2019 omkring muligheten for å skrive en oppgave om bevaring av eksisterende bygningsmasse i et bærekraftperspektiv. Dette er en side ved bygge- og anleggsnæringen uten to streker under svaret og der innsikt og forskning er i stadig utvikling. Den tverrfaglige tilnærmingen til et bredt og relativt nytt fagfelt har vært en krevende, men interessant og lærerik prosess med en bratt læringskurve.

Flere har bidratt til oppgaven, både med faglig støtte og som heilagjeng i en krevende tid. Takk til veileder Leif Daniel Houck og biveileder Arne Førland Larsen og Thomas Thiis for gode faglige innspill til og diskusjoner om oppgaven. En særlig takk til prosjektleder for rehabiliteringen av ambassadebygget, Erik Fuglseth og alle andre som har bidratt med informasjon som har vært nødvendige for å kunne gjennomføre casestudien og klimagassberegningene. Til sist, en stor takk til både familie, venner og samboer som har måttet holde ut med både opp –og nedturer i løpet av det siste året. Jeg hadde ikke klart det uten dere. Til sist en stor takk og kjempeklem til dattera mi, Maja for at du hver dag minner meg på hva som er viktig i livet.

Oppgavens datagrunnlag er omfattende og har vært vanskelig å innhente og bearbeide særlig tatt i betraktning av restriksjoner knyttet til å kunne gjennomføres uten fysiske møter og tilgang på en fast studieplass grunnet Corona epidemien. Informasjonen som er innhentet og modellen som er utviklet vil kunne brukes til videre arbeid for å få sikrere og kvalitetssikret informasjon knyttet til forskningsspørsmålene.

SAMMENDRAG

Det er antatt at bevaring og rehabilitering av eksisterende bygninger og ombruk av byggevarer kan bidra til å redusere klimagassutslippene som stammer fra utvinning av råvarer, produksjon, transport og avfallshåndtering av materialer. Rehabilitering og oppgradering er ofte nødvendig tiltak for å forlenge levetiden til eksisterende bygg. Hensynet til kulturminnevern og fredning har imidlertid blitt antatt som barriere for bærekraftig rehabilitering. Målet med oppgaven har vært å vurdere bærekraftpotensialet knyttet til rehabilitering og oppgradering av et eksisterende og fredet bygg sammenlignet med å rive og bygge nytt. En viktig bakgrunn for oppgavens tema er målet om at Norge skal være et lavutslippssamfunn.

Metodene som er brukt i oppgaven omfatter en diskusjon av rammebetingelser, en casestudie med dokumentanalyse og samtaler med prosjektdeltakere og en teoretisk klimagassberegning. Sentrale spørsmål i forbindelse med casestudien er hvilke rehabiliteringstiltak som er planlagt gjennomført i prosjektet, og hvilke av disse som er de mest omfattende. Klimagassberegningen ble gjennomført ved hjelp av programmet One Click LCA med basis i NS 3720:2018 og en antatt levetid på 60 år. Nybygget ble definert som tilpasset referansebygg i henhold til FutureBuilt V1.0. Bygget som inngår i casestudien, den tidligere amerikanske ambassaden i Oslo, representerer en modernistisk arkitektur og er et av de viktigste historiske byggene fra epoken sent 1950- tidlig 1960 tallet, både i norsk og internasjonal sammenheng. Bygget ble den 20. juni 2018 vedtatt fredet av Riksantikvaren med hjemmel i kulturminneloven. Derfor gjelder særskilte krav for bevaring av bygningen, nedfelt i fredningsbestemmelser. Fredningen av bygget omfatter bærende konstruksjoner, fasader og vinduer og store deler av interiør svarende til litt over 40 % av de eksisterende arealene.

Casestudien viser at fasaderehabilitering, vindusreovering, innvendig etterisolering, bevaring av innvendige arealer og overflater samt nye tilbygg under eksisterende kjeller og på tak er de mest omfattende tiltakene i prosjektet i forbindelse med spørsmål knyttet til ombruk og ressursbruk.

Hovedfunnene av klimagassberegningen er:

1. Beregnet klimaeffekt av å ikke rive det eksisterende bygget ble beregnet til omkring 127 tonn CO₂e eller ca. 22 kg CO₂e/m²BTA som utgjorde i overkant av 7 % av utslipp fra materialer for det teoretisk nybygget med rammekonstruksjon i betong. Den beregnede reduksjonen i klimagassutslipp fra materialbruk (A1-A5, B4-B5 og C1-C4) lå på 1,3-1,6 kg CO₂e/m² BTA per år for alternativ 1 – bevare og rehabiliter. Sammenliknet med resultater for alternativ 2 – riving og nybygg utgjør dette en reduksjon på omkring 66-68 %.
2. Forutsatt energiforsyning med varmepumpe og en EU-miks for strøm på 0,13 kg CO₂e/kWh viser resultatene fra klimagassberegningen at rehabilitering medfører ca. 5-11 % høyere samlet utslipp fra materialer og energi sammenliknet med å rive og bygge nytt. Den største energiposten er utslipp fra elektrisitet. Dersom betingelsene for fjernvarme og elektrisitet imidlertid endrer seg i en mer miljøvennlig retning, vil utslipp fra materialbruk utgjøre en relativt større andel av de totale utslippene. I tillegg skjer utslippene fra materialer i dag, mens utslipp fra energi er fordelt over de antatte 60 årene bygget er i drift. Sett i lys av at utslippene må drastisk ned innen 2030, bør tiltak settes inn der de gir mest effekt og minst usikkerhet.
3. Rehabilitering av verneverdige bygg kan ha et bærekraftpotensiale med hensyn til klima- og miljø i tillegg til kulturminnehensyn, men grad av gesvint vil variere og sannsynlig avhenge fra prosjekt til prosjekt

Funnene indikerer et stort reduksjonspotensial for klimagassutslipp fra materialbruk fremfor å rive og bygge nytt. Resultatene må tolkes med forsiktighet siden standarder og metoder for klimagassberegning er under utvikling og det er usikkerheter knyttet til dataene brukt i beregningene.

ABSTRACT

The conservation of existing buildings and re-use of building materials is assumed to contribute to the reduction of carbon emissions relating to both the production line, transport of new material and from material disposal. Rehabilitation and upgrading are often necessary measures to extend the life of existing buildings. However, consideration for cultural heritage protection and conservation has been considered as a barrier to sustainable rehabilitation. The aim of this thesis is firstly to explore how the protection of a listed building has affected the rehabilitation measures, as well as investigate whether the rehabilitation contributes to a more climate friendly result compared to demolishing and re-building. An important backdrop for the chosen topic is the goal for Norway to become a low-emission society post 2050.

The methods employed as part of the thesis include a description of framework conditions, a case study including document analysis and interviews of project participants, as well as a theoretical life cycle assessment of carbon emission. Central questions in the case study involved: what conservation measures were planned in the project, and which measures were assumed to be the most comprehensive. The carbon emission calculations were performed using the OneClick LCA programme based on evaluations by Norsk Standard (NS) 3720:2018 and a lifetime assumption of 60 years. The newly built building was defined as an adapted reference building according to FutureBuilt V1.0. The building chosen as case, the former American embassy in Oslo, represents typical modernist architecture and is one of the most important historical buildings from the era of the late 1950's to the early 1960's, in both Norwegian and international context. The building was listed as protected under the Cultural Heritage Act on the 20th June 2018 by the Norwegian Directorate for Cultural Heritage. Hence there are specific demands for preservation of the building embodied in the conservation regulations. The listed building structures include the load-bearing supporting structures, facade and windows, as well as most of the interior and over 40% of the existing plot.

The most comprehensive rehabilitating measures of the project relating to re-use of materials and use of resources, were identified to be facade rehabilitation; window renovation; internal post-insulation; preservation of internal plot areas and surfaces, and also, newly built additions under the existing basement and roof.

The main results obtained from the carbon emission projections are:

1. The estimated climate effect of not demolishing the existing building was estimated at around 127 tonnes of CO₂e or approx. 22 kg CO₂e / m²BTA, which accounted for just over 7% of emissions from materials for the theoretical new building with a concrete frame construction. The estimated reduction in carbon emissions from material use (A1-A5, B4-B5 and C1-C4) was 1.3-1.6 kg CO₂e / m² BTA per year for alternative 1 - preserve and rehabilitate. Compared with results for alternative 2 - demolition and new construction, this represents a reduction of around 66-68%.
2. Assuming energy supply with heat pump and an EU mix for electricity of 0.13 kg CO₂e / kWh, the results from the greenhouse gas calculation show that rehabilitation entails approx. 5-11% higher total emissions from materials and energy compared to demolition and new construction. The largest energy item is emissions from electricity. However, if the conditions for district heating and electricity change in a more environmentally friendly direction, emissions from material use will account for a relatively larger share of the total emissions. In addition, emissions from materials occur today, while emissions from energy are distributed over the estimated 60 years the building are to be in operation. Given that emissions must be drastically reduced by 2030, measures should be put in place where they provide the most effect and the least uncertainty.

3. Rehabilitation of listed buildings may have a sustainability potential with regard to climate and environment as well as cultural heritage considerations, but the degree of waste will vary and depend from project to project.

The findings indicate that preserving and rehabilitation provides a large reduction potential for carbon emissions from material use compared to demolition and new construction. The results must be interpreted with caution since standards and methods for the carbon emission projections are under development and there are uncertainties associated with the input data.

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon	12
1.1	Bakgrunn	12
1.2	Formål og problemstilling	13
1.3	Avgrensning	13
2	Rammebetingelser	16
2.1	Bærekraftige bygninger	16
2.1.1	Sirkulærøkonomi og ombruk i byggenæringen	16
2.1.2	Bygningsvern og bærekraftig utvikling	19
2.2	Klimagassberegninger for bygninger	21
2.2.1	Livsløpsvurderinger og klimagassberegning	21
2.2.2	Styrker og svakheter ved LCA og klimagassberegninger som metode	24
2.2.3	Drivere av klimagassutslipp for bygninger	25
2.3	Lovverk og forskriftskrav	28
2.3.1	Generelt	28
2.3.2	Plan og bygningsloven	28
2.3.3	Byggteknisk forskrift	29
3	Metode	32
3.1	Valg av forskningsdesign	32
3.2	Litteraturstudie	33
3.3	Casestudie	34
3.3.1	Dokumentanalyse	34
3.3.2	Samtaler og befaring ved bygget	35
3.4	Klimagassberegninger	36
3.4.1	Arbeidsprosess	36
3.4.2	Sentrale inndata og forutsetninger	37
3.4.3	Mengdeberegninger og inndata i One Click LCA	39
3.4.4	Følsomhetsanalyser	42
4	Presentasjon av case	45
4.1	Bygningen og historien	45
4.2	Eksisterende konstruksjon	46
4.3	Fredningsvedtak og omfang	47
4.4	Pågående rehabilitering	48
4.4.1	Romprogram og nye funksjoner	49
4.4.2	Sentrale rehabiliteringstiltak	50

5	Resultater	53
5.1	Dokumentanalyse og samtaler	53
5.1.1	Grad av ombruk og konsekvenser for materialbruk.....	53
5.1.2	Energioppgradering og hensyn til inneklimate	55
5.2	Klimagassberegninger	58
5.2.1	Klimagassutslipp fra materialer	58
5.2.2	Klimagassutslipp fra energi.....	63
5.2.3	Samlet klimagassutslipp fra materialbruk og energi	67
6	Diskusjon	70
6.1	Konsekvenser av fredning	70
6.1.1	Ombruk og materialer.....	70
6.1.2	Energi	70
6.2	Resultater fra klimagassberegningen	71
6.3	Usikkerhetsmomenter.....	72
6.4	Usikkerhet knyttet til tekniske rammebetingelser, valg av metoder og avgrensinger	76
6.5	Overføringsverdi	79
6.5.1	Samsvar med lignende studier	80
7	Konklusjon	82
8	Forslag til videre arbeid	84
9	Litteraturliste.....	85
10	Vedlegg.....	88

FORKORTELSER OG ORDLISTE

Dersom annet ikke er spesifisert, legges det i oppgaven følgende forkortelser og definisjoner til grunn:

BIM-modell	Forkortelse for «Building Information Modelling», oversatt til norsk som bygningsinformasjonsmodell, eller 3D-modell. Inneholder informasjon om det som skal bygges (Graphisoft, u.å.).
BRA	Bruksareal. Areal innenfor omsluttende vegger. Omfatter nettoareal og areal av innvendige vegger og sjakter.
BTA	Bruttoareal: Areal begrenset av ytterveggens utside eller midt i delevegg. Bruttoareal for en bygning er summen av bruttoarealene for alle plan og etasjer (Standard Norge, 2012b).
CO2-ekvivalent	<p>Omregningsfaktor som konverterer ulike klimagasser om til en felles enhet representert i mengde CO2-ekvivalenter, ofte presentert i klimagassregnskap som tonn eller kg CO2e.</p> <p>Kg CO2e brukes i forbindelse med klimagassregnskap som mmåleenhet for klimagassutslipp og uttrykker potensiale for å forårsake global oppvarming (GWP fra engelske Global Warming Potential) eller klimapåvirkning i enheter CO2 ekvivalenter (CO2e) til atmosfæren.</p> <p>Ekvivalenten betyr med andre ord at alle klimagassene og deres bidrag til global oppvarming er beregnet om som om de hadde det samme bidraget til GWP som 1 kg CO2 (karbon dioksid).</p> <p>(Fuglseth et al., 2018; Miljødirektoratet, 2019)</p>
CO2-ekvivalent eller CO2-e	<p>En omregningsfaktor for klimagasser som benytter gassenes globale oppvarmingspotensial, på engelsk Global Warming Potential (GWP). CO2 er en av flere klimagasser som bidrar til global oppvarming gjennom infrarød stråling av jordas overflate. Siden CO2 er den av klimagassene som bidrar mest til oppvarmingen, uttrykkes andre klimagasser i LCA-terminologi i enheter CO2, eller CO2-ekvivalenter.</p> <p>Med GWP sammenlignes gassenes samlede oppvarmingseffekt over en gitt tidsperiode. I LCA-terminologi og for klimagassberegninger i henhold til norsk standard, uttrykkes denne vanligvis innenfor en tidsperiode på 100 år, da uttrykt som GWP₁₀₀.</p>
EOL	Forkortelse fra engelske «End Of Life»-scenarier som referer til scenarier for endt levetid (modul C1-C4) i forbindelse med LCA og Klimagassberegninger.

EPD	Miljødeklarasjon (Environmental Product Declaration): Dokument som beskriver miljøegenskapene til et produkt over produktets livsløp fra vugge til grav, eller definerte deler av livsløpet på en standardisert og objektiv måte (SINTEF Byggforsk, 2014) og (The Norwegian EPD Foundation, u.å.)
Funksjonell ekvivalent og funksjonell enhet	I forbindelse med klimagassberegninger for bygninger brukes begrepet funksjonell ekvivalent som en beskrivelse eller framstilling av tekniske egenskaper og funksjoner som kreves for bygningen som vurderes. Sammenlikninger av resultater fra klimagassregnskap for ulike bygg skal kun gjøres basert på samme funksjonelle ekvivalent. Den er et middel for å rasjonalisere bygningens egenskaper til en minimumsbeskrivelse av objektet for vurderingen (Standard Norge, 2012a). Enheten som brukes sammenlikninger av resultater fra klimagassberegninger fra ulike bygninger kalles den funksjonelle enheten til bygget. Det er en referanseenhet knyttet til produktets funksjon og livsløp (Standard Norge, 2018).
Generiske data	Data basert på tidligere studier av tilsvarende produkter eller gjennomsnittsverdier for en produktgruppe (SINTEF Byggforsk, 2014)
IFC	Filformat eller 3D-modell som kan inneholde flere parametere enn geometri (2D og 3D) som for eksempel energianalyser, tids- og kostnadsanalyser (4D og 5D) (Graphisoft, u.å.).
Klimagassberegninger	Beregningsmetode som anvendes for å analysere utslipp av klimagasser forbundet med hele eller deler av livsløpet til et produkt eller en tjeneste. Klimagassberegninger for bygninger er en analyse av klimagassutslipp forbundet med hele eller deler av livsløpet til en bygning. Kan utføres for flere nivåer; for hele bygningen, bygningselementer (2-siffernivå), delkomponenter (3-siffer nivå) eller materialnivå. Annet begrep ofte anvendt for klimagassberegninger for bygninger er klimagassregnskap.
Klimagasser	Klimagasser er en samlebetegnelse for gasser, særlig karbondioksyd (CO ₂), metan, lystgass og fluorholdige gasser som påvirker klimaet ved å endre strålingsbalansen i atmosfæren. Klimagassene er en naturlig del av atmosfæren og bidrar til levelig temperatur på jorda og karbon til livgivende prosesser (Standard Norge, 2018).
LCA	Life Cycle Assessment eller livsløpsvurdering: Sammenstilling og evaluering av inngangsfaktorer (input), utgangsfaktorer (output) og de potensielle miljøpåvirkningene til et produkt eller system gjennom dets livsløp (Standard Norge, 2018)

LCC	Forkortelse for «Life Cycle Costs», oversatt til norsk som livsykluskostnader. LCC er summen av investeringskostnad og alle kostnader til forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling i bruksfasen av et bygg fratrukket restverdien ved avhending (Standard Norge)
LCI	Fra engelsk: Life Cycle Inventory, oversatt i norske standarder og LCA-litteratur som «inventaranalyse»
PCR-dokument	Metodiske produktkategoriregler for en spesifikk produktkategori. Må foreligge for å kunne utarbeide en EPD (SINTEF Byggforsk, 2014)
Spesifikke data	Data for bruk av materialer og energiresurser som er representative for et produkt eller en produktgruppe og som er hentet inn fra en produsent (SINTEF Byggforsk, 2014)

PROGRAMLISTE

Oppgaven anvender følgende programmer til utførelsen og bearbeidingen av klimagassbergingen

One Click LCA	One Click LCA er en abonnementsbasert, online programvare som tilbyr ulike tjenester, blant annet for beregning av livsløpsvurderinger og klimagassberegninger. Programmet tilbyr flere ulike beregningsverktøy og er kompatibel med flere standarder, krav og sertifiseringsordninger. I forbindelse LCA for bygg, inngår blant annet BREEAM NOR og klimagassberegninger i henhold til NS 3720:2018, som i Norge kan anses som de mest brukte. Programmet har en omfattende database for miljødata og EPD, deriblant Ecoinvent og Gabi. Programmet er brukt i oppgaven i forbindelse med beregning av klimagassutslipp fra materialer og energi i drift med basis i NS 3720:2018.
SIMIEN	SIMIEN er et norskutviklet energiberegningsprogram validert etter EN 15265 og harmonisert til NS 3031 <i>Beregning av bygningers energiytelse</i> . Programmet gjør dynamiske simuleringer av energibehov, validerer inneklimate, og dimensjonerer oppvarmingsanlegg, ventilasjonsanlegg og romkjøling. (ProgramByggerne, u.å.). I programmet kan det gjennomføres syv forskjellige typer simuleringer. Dimensjonerende vinterforhold, dimensjonerende sommerforhold, årssimuleringer, evaluering mot forskrifter (TEK), energimerking, passivhus/lavenergi (NS3700) og lønnsomhet tiltak. Simuleringene baseres på inndata gitt om en eller flere soner. Ut fra disse beregnes tilstanden i rommene hvert 15 min, samt energibehov. Bygningskategori og klimasted (Unntak: simuleringer mot forskrifter) tas også med i simuleringene. Programmet er brukt i oppgaven ifb. justering av eksisterende Simien-energiBERGING og evaluert opp mot rammekrav i TEK 17 som grunnlag for beregning av levert energi i forbindelse med klimagassregnskap for energibruk i drift.
Solibri Office	Solibri Office er et verktøy for å analysere, visualisere, kvalitetssikre og kommunisere BIM basert på IFC (symetri, 2019). Programmet er brukt i oppgaven i forbindelse med mengdeuttak av materialmengder brukt i klimagassregnskap for materialer.

Del 1: Introduksjon

I dette kapitlet presenteres bakgrunnen for oppgaven og formål og forskningsspørsmål defineres. I tillegg beskrives oppgavens avgrensninger.

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Utslipp av klimagasser fører til en økning i den globale temperaturen som har flere negative og katastrofale konsekvenser. Mengden CO₂ i atmosfæren har naturlig variert gjennom ulike geologiske tidsperioder, men endringene har aldri skjedd så raskt som i vår tid. Det er i dag bred enighet blant klimaforskere om at den raske endringen i klimaet skyldes påvirkning fra menneskelig aktivitet og at hovedårsaken til temperaturstigningen er utslipp av klimagasser. Mesteparten av økningen stammer fra forbrenning av fossile brensler som kull, olje og gass og avskoging (Bryhni et al., 2019; Miljødirektoratet, 2019).

Oppføring av ny bebyggelse og videre drift av eksisterende bygg krever et høyt ressursforbruk og bidrar til store mengder klimagassutslipp. Det er anslått at bygge- og anleggsnæringen i dag står for omkring 40 % av de globale klimagassutslippene. Rundt 11 % er utslipp som stammer fra materialbruk i forbindelse med oppføring av bygget, og ca. 29 % er utslipp som stammer fra å drifte og vedlikeholde bygget når bygget er i bruk (driftsfasen) (The World Green Building Council, 2019). I tillegg bidrar bygge- og anleggsnæringen med store avfallsmengder. Ifølge tall fra SSB for 2018 genererte nybygging, rehabilitering og riving en avfallsmengde på 1,82 millioner tonn (Statistisk Sentralbyrå, 2019).

Som et tiltak for å imøtekomme de globale klima- og miljøutfordringene har World Green Building Council definert at utslipp fra materialbruk brukt til bygninger og rehabiliteringsprosjekter skal reduseres med 40 % og være nesten nullenergibygninger i 2030, og null-utslippsbygninger innen 2050. Som følger av at strengere energikrav vil gi mer energieffektive bygg, og at krav til bruk av fornybare energikilder vil redusere bruken av olje og gass, vil utslipp av klimagasser fra driftsfasen over byggets levetid relativt sett reduseres med tida. I et livsløpsperspektiv vil dermed en større andel av klimagassutslipp stamme fra materialbruk, hvor den største utslippsposten tilskrives produksjon og byggefasen. Den eksisterende bygningsmassen i Norge utgjør ca. 4,2 millioner bygg. Det er forventet at rundt 70-80 % av bygningsmassen som blir brukt i 2050 allerede er bygget. Med en eldre bygningsmasse, er det derfor argumentert at trolig flere av byggene som står i dag i fremtiden vil omfattes av vern.

Bygningsvern og rehabilitering har tradisjonelt vært knyttet til vern av kulturelle verdier, energioptimalisering og oppgradering av bygningsmassen for videre drift. I tillegg kan rehabilitering av verneverdige bygg ofte ansees som krevende med hensyn til øvrige tekniske og funksjonelle krav. Det er blitt hevdet at kulturminner og verneverdige bygninger som allerede eksisterende strukturer representerer en stor og bærekraftig ressurs (Flyen et al., 2019). Klimagevinster ved å bevare fremfor å rive kan oppnås ved blant annet å redusere avfall fra materialbruk, og ved å bruke de eksisterende ressursene som finnes i bygningsmassene (Kjendseth Wiik et al., 2020). Dette perspektivet er en økende, men relativt ny erkjennelse.

Som følger av den forventede økningen i etterspørselen etter mer bærekraftige og klimavennlige bygg, er det interessant å dra nytte av utførte og pågående prosjekter. Denne oppgaven er gjennomført som en casestudie av den pågående rehabiliteringen av den tidligere amerikanske ambassaden i Henrik Ibsens gate 48 i Oslo. Bygget ble ferdigstilt i 1959 og er tegnet av den finsk-amerikanske arkitekten Eero Saarinen. Bygget består i hovedsak av bærekonstruksjon og fasadeelementer i betong i tillegg til en høy andel glassareal fordelt over fem av byggets totalt seks etasjer. I juni 2018 ble bygningen, herunder fasade, vinduer, store deler av innvendige arealer og andre komponenter og overflater fredet i henhold til Kulturminneloven. Formålet med fredningen i henhold til vedtaket var å «sikre og bevare den tidligere amerikanske ambassaden som et kulturminne med høye arkitektoniske og kulturhistoriske verdier» (Riksantikvaren, u.å.).

1.2 Formål og problemstilling

Hovedproblemstillingen i oppgaven er knyttet til om rehabilitering av verneverdige bygg kan være et grep som både ivaretar kulturminnehensynet og samtidig gir klimagevinster. Dette er undersøkt ved å vurdere bærekraftpotensialet av å bevare og rehabilitere den eksisterende og fredete bygningen i Henrik Ibsens gate 48 i Oslo sammenliknet med riving og oppføring av et nybygg. Oppgaven er utført som en casestudie med klimagassberegning av et pågående rehabiliterings- og oppgraderingsprosjekt. Casestudien danner grunnlag for en kvalitativ vurdering av hvordan fredningen kan ha påvirket sentrale rehabiliteringstiltak med hensyn til materialvalg og energi og en teoretisk klimagassberegning basert på den planlagte oppgraderingen av bygget.

Problemstillingen er knyttet til bærekraftvurderinger av hensynet til miljø, energi og klimagassutslipp i et livsløpsperspektiv. Bygget ble i juni 2018 fredet i henhold til Kulturminneloven med formål om å «sikre og bevare den tidligere amerikanske ambassaden som et kulturminne med høye arkitektoniske og kulturhistoriske verdier» (Riksantikvaren, u.å.). Bygningen er fra 1959 og består i hovedsak av bærekonstruksjon og fasadeelementer i betong i tillegg til en høy andel glassareal fordelt over fem av byggets totalt seks etasjer. Både fasaden, vinduene og store deler av byggets arealer, inventar og øvrige komponenter er omfattet av vedtaket. Fredningen av ambassadebygget er et bærende premiss i prosjektet og legger derfor direkte føringer for hvilke tiltak som kan gjennomføres under rehabiliteringen. For å svare på problemstillingen er følgende forskningsspørsmål formulert:

Forskningsspørsmål 1: ***«Hvilke konsekvenser har fredningen hatt for de planlagte rehabiliteringstiltakene med hensyn til ombruk, materialbruk og energi?»***

Forskningsspørsmål 2: ***«Hva er klimagassutslippet ved å rehabilitere og oppgradere bygget i Henrik Ibsens gate 48 sammenliknet med riving og nybygg?»***

Å rive og bygge nytt er som følger av fredningsvedtaket er ikke et reelt alternativ, men benyttes i oppgaven som et fiktivt sammenlikningsgrunnlag for å vurdere reduksjonspotensialet for klimagassutslipp ved å bevare og rehabilitere.

Med bakgrunn i sentrale rehabiliteringstiltak vurdert gjennom casestudien skal forskningsspørsmål to besvares med utgangspunkt i en klimagassberegning med basis i NS 3720:2018 Metode for Klimagassberegninger for bygninger (Standard Norge, 2018). Omfanget av beregningen inkluderer utslipp fra materialer (7.4 i NS 3720) og energi i drift (7.5 i NS 3720) over 60 år livsløp.

1.3 Avgrensning

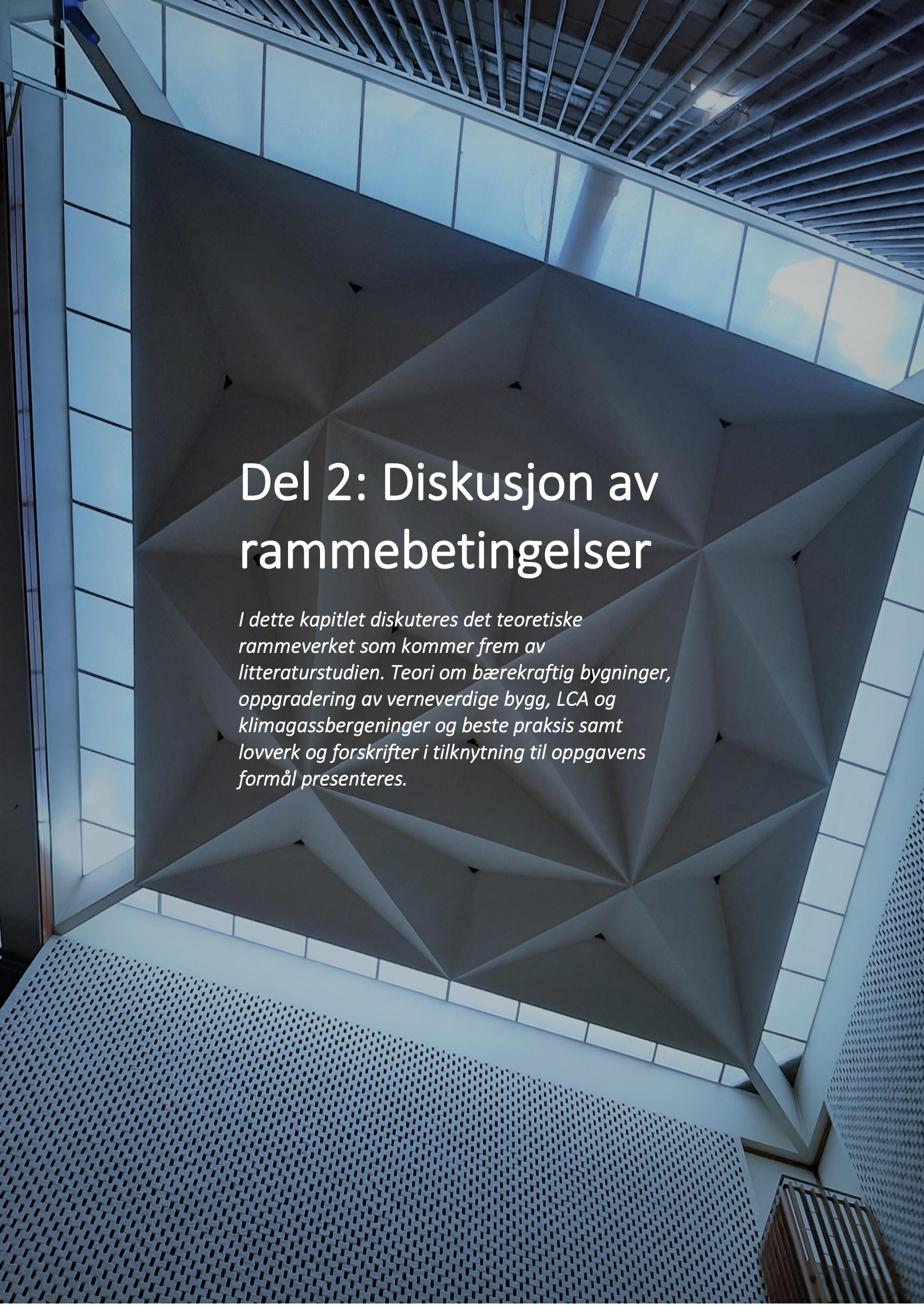
For å besvare problemstillingen, er analysen avgrenset til å se på bærekraftpotensial forbundet med hensyn til bevaring og rehabilitering og hensyn til vern primært i et klima- og miljøperspektiv. I analysen drøftes funnene imidlertid opp mot andre bærekraftensyn forbundet med blant annet hensynet til sosial bærekraft og prinsipper for bærekraftige bygg og områder presentert i det teoretiske rammeverket. Kostnads- eller LCC-vurderinger av de to beregningsalternativene er som følger av oppgavens omfang ikke inkludert.

Diskusjonen av det teoretiske rammeverket for oppgaven er avgrenset til å omfatte resultater fra litteratursøk utført i april 2020.

Det første forskningsspørsmålet ser på konsekvenser for materialbruk, energi og inn klima i forbindelse med utvalgte tiltak i prosjektet som sammenliknes med krav definert i dagens byggetekniske forskrift, TEK 17. Dette innebærer en avgrensning i forhold til andre temaer og fagområder av relevans for en samlet bærekraftvurdering, slik som hensyn til romprogram og funksjoner, daglys og utsyn mm.

Avgrensninger i forbindelse med klimagassbergingen er valgt ut fra hensynet til formålet og omfatter:

- Materialregnskap: Rehabiliteringen av bygningen i Henrik Ibsens gate 48 er et pågående arbeid. Som følger er klimagassbergingen utført på grunnlag av prosjekteringsunderlag tilgjengelig på tidspunktet data ble samlet inn perioden januar-juni 2020. Materialdata og transportsenarioer for materialer er derfor avgrenset til produktspesifikke og informasjon der data er innhentet og kjent under gitt tidsperiode. Avvik ift. reelt prosjekt og valg av inndata i oppgaven vil derfor kunne forekomme.
- Energiregnskap: Utslipp fra energibruk i drift er basert på beregnet netto energibehov iht. NS 3130 utført av energirådgiver i det pågående rehabiliteringsprosjektet og tilsvarer energivurderinger i prosjekteringsfasen. Tilgang på energisimuleringsprogrammet Simien ble gjennomgått for å sikre samsvar i oppvarmet bruksareal for klimagassbergingen. Øvrige valg av inndata er gitt vurderinger utført av energirådgiver, og er ikke en del av omfanget i analysen i masteroppgaven. Valg av inndata for energibergingen påvirker beregnet energibehov og dermed beregnet levert energibruk som benyttes som underlag for beregning av klimagassutslipp fra energibruk i drift.
- Det er ikke utført analyser på hvordan andre levetider vil kunne påvirke resultatet.
- Materialer som inngår i lokalt energiproduksjonsutstyr, som VVS-løsninger og tekniske installasjoner, er ikke inkludert. Dette avviker fra omfang for utslipp fra materialer definert i NS 3720:2018.
- Klimapåvirkning fra transport i løpet av driftsfasen er ikke inkludert. Klimagassregnskap for transport i drift brukes gjerne til mobilitetsplanlegging og/eller valg av beliggenhet og tomt. For et rehabiliteringsprosjekt der tomt er kjent og ytre rammebetingelser for tilgjengelig eller planlagt kollektive tilbud, adkomst med bil, sykkel etc. er ofte er gitt tomteplasseringen. Utslipp fra transport i driftsfasen for et nybygg på samme tomt og øvrige funksjonelle og tekniske forutsetninger som et rehabiliter bygg, vurderes derfor som mindre relevant i forbindelse med klimagassbergingen som i denne oppgaven har som formål å vurdere potensialet ved rehabilitering fremfor å rive og bygge nytt.



Del 2: Diskusjon av rammebetingelser

I dette kapitlet diskuteres det teoretiske rammeverket som kommer frem av litteraturstudien. Teori om bærekraftig bygninger, oppgradering av verneverdige bygg, LCA og klimagassberginger og beste praksis samt lovverk og forskrifter i tilknytning til oppgavens formål presenteres.

2 Rammebetingelser

Hensikten med kapitlet er å diskutere det teoretiske rammeverket for oppgaven basert på en litteraturstudie. Innledningsvis diskuteres bærekraftig rehabilitering og oppgradering av verneverdige bygg. Deretter gjøres det rede for det metodiske rammeverket for klimagassregnskap for bygg og LCA-vurderinger. Videre i avsnittet presenteres aktuell litteraturen som gjelder problemstillingen rehabilitering eller rive og bygge nytt, herunder avfallsbehandling, sirkulærøkonomiske prinsipper, drivere av klimagassutslipp. Til sist i kapitlet diskuteres aktuelle forskrift og rammekrav.

2.1 Bærekraftige bygninger

Bærekraftig utvikling defineres ifølge FNs verdenskommissjon for miljø og utviklingsrapport som: «Utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov» (FN-Sambandet, 2019). Etterspørselen etter bærekraftige bygg og fokus på klima- og miljø har gitt et økende fokus på miljø- og bærekraft i byggenæringen.

Definisjonen av hva en bærekraftig bygning er har ikke et entydig svar og det er flere aktører og innfallsvinkler som har forsøkt å definere omfanget av bærekraftige bygg i bygg- og anleggsnæringen.

Oppgavens formål er å vurdere bærekraftpotensialet i forbindelse med rehabilitering av et verneverdig kontorbygg i Oslo der hovedtilnærmingen er klimaeffekten av å bevare fremfor å rive og bygge nytt. Som følger av oppgavens avgrensning er det sett på litteratur om bærekraftprinsipper knyttet til henholdsvis

- Bærekraft i byggenæringen og Bygg 21 10 kvalitetsprinsipper
- Bygningsvern og bærekraftig utvikling
- Prinsipper innenfor sirkulærøkonomi og ombruk av bygg og byggevarer

Flere aktører i byggenæringen i Norge har de siste årene definert området som omhandler bærekraft. Bygg 21 er et samarbeid mellom bygge- og eiendomsnæringen og statlige myndigheter med mål om å legge til rette for at næringen bedre kan løse utfordringer innenfor bærekraft, produktivitet og kostnadsutvikling. I rapporten «10 kvalitetsprinsipper» definerer Bygg 21 ti konkrete prinsipper for bærekraftige bygg og områder (Bygg21, 2018). Det er relevant å trekke fram tre av prinsippene i forbindelse med vurderinger knyttet til bevaring og rehabilitering eller riving og bygge nytt. Prinsippene inkluderer blant annet at bygg skal ha lang levetid, utnytte energien godt, være bygget med god ressursutnyttelse, lave klimagassutslipp og gi lave drifts- og vedlikeholdskostnader

2.1.1 Sirkulærøkonomi og ombruk i byggenæringen

Tall fra SSB viser at avfall fra byggeaktivitet i 2018 samlet genererte omkring 1,82 millioner tonn avfall. Av den totale avfallsmengden, ble ca. 43 % levert til materialgjenvinning, ca. 38 % til energiutnyttelse og tilsvarende 38 % levert til deponering. Ca. 1 % gikk til annen behandling/uspesifisert. Av den totale avfallsmengden stammet nesten 40 % av avfallet fra riving, omkring 36 % fra nybygging og rundt 25 % fra rehabilitering (Statistisk Sentralbyrå, 2019).

Prioriteringen av norsk avfallspolitik er å redusere avfallsmengdene og deretter behandle avfall nærest mulig toppen av avfallspyramiden illustrert i Figur 2.1.1 (LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, 2018). Avfallet i SSBs statistikk nevnt over definerer avfall fra og med trinnet materialgjenvinning i avfallspyramiden.

Hovedideen med sirkulærøkonomi er å bevare eksisterende ressurser i et lukket kretsløp og forhindre at de går tapt samtidig som levetiden forlenges som alternativ til å «bruke og kaste» som i en tradisjonell lineær markedsmodell. Sammenhengen mellom sirkulærøkonomiske prinsipper og utslipp

av klimagasser stammer fra visshet om at alt forbruk medfører klimagassutslipp et eller annet sted i løpet av verdikjeden til produktet.

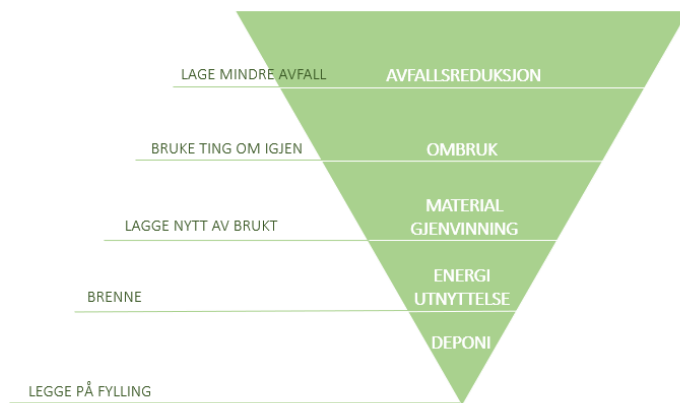
I en artikkel som tar for seg utnyttelse av eksisterende bygningsmasse utgitt av Sintef i samarbeid med Futurebuilt¹ argumenteres det for at sirkulære forretningsmodeller er sentralt for overgangen til et nullutslippssamfunn (Kvellheim & Stoknes, 2020)². Prinsipper som bedre ressursutnyttelse, gjenbruk og reparasjon, deling, leasing og leie samt god håndtering av avfall nevnes som sentrale. Ifølge forfatterne vil sirkulære prinsipper kunne gi både bedre ressursutnyttelse, større klimagevinst og flere arbeidsplasser (Kvellheim & Stoknes, 2020). Forfatterne bak artikkelen trekker frem at et viktig prinsipp for bedre ressursutnyttelse er å bruke brukte varer på nytt. Potensialet i og viktigheten av å utnytte eksisterende bygningsmasse på nytt som alternativ til å rive er ifølge artikkelen stort, men utfordringer knyttet til blant annet kravdokumentasjon til byggevarer og markedsplasser for omsetning kan motvirke dette potensialet.

I et notat med kriterier for sirkulære bygg definerer Futurebuilt (FutureBuilt, 2019) fem temaer som reflekterer prinsipper for god ressursbruk i ulike faser i et byggs levetid. Kriteriene defineres som følger:

- 1) Miljøbasert beslutning om rehabilitering eller rivning
- 2) Ressursutnyttelse ved rivningsarbeider
- 3) Ombruk av materialer
- 4) Ombrukbarhet
- 5) Endringsdyktighet

Hensikten med kriteriene er ifølge forfatterne bak notatet å «motivere til ombruk og sirkulære prinsipper ved rehabilitering, riving og nybygg». Ombruk av eksisterende ressurser står sentralt som et viktig sirkulært tiltak for å redusere avfall og motvirke ytterligere belastning av naturen som følger av utvinning av råvarer og energi brukt i transport og produksjon. Prinsipp 3 og 4 omhandler ombruk i form av blant annet rehabilitering og eventuell bruk av brukte byggevarer fra andre prosjekter. Materialer med høy miljøbelastning ved fremstilling og fra ikke-fornybare kilder bør ifølge prinsipp 3 prioriteres. Ifølge definisjonen gitt av Futurebuilt er sirkulære bygg et bygg med ressursutnyttelse på høyest mulig nivå og består av minst 50 % ombrukte og ombrukbare materiale og komponenter.

¹ Futurebuilt er et program satt sammen av ulike aktører og partnere som i perioden 2010-2020 hadde som mål å få frem 50 forbildeprosjekter for områder og enkeltbygg som skulle redusere utslipp av klimagasser fra materialbruk, energi og transport i drift med 50 %.



Figur 2.1.1 Avfallspyramiden. Eget tilvirke etter (LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning, 2018))

Pyramiden illustrerer avfallsbehandling gjennom fem prioriterte steg, der avfallsreduksjon er høyest prioritert etterfulgt av ombruk, materialgjenvinning energiutnyttelse og deponi. En sentral ide med avfallspyramiden er å holde ressurser på høyest mulig energinivå, med visshet om at enhver bearbeiding medfører forringelse. Definisjonen av ombruk varierer i den gjennomgåtte litteraturen. Ifølge standard for klimagassberginger for bygninger NS 3720 bør ombruk ikke forveksles med gjenvinning av materialer som handler om å ta i bruk noe eksisterende gjennom å bearbeide det og sette det inn i en ny kontekst eller et nytt produkt for å spare ressurser (Standard Norge, 2018). I et FoU-prosjekt utført i samarbeid mellom Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) og Resirql, et privat foretak som blant annet tilbyr tjenester innen ombruksrådgivning og materialforvaltning, ble ulike materialer vurdert etter potensialet for ombruk. FoU-rapporten definerer ikke rehabilitering som ombruk. (Kilvær et al., 2019), mens Futurebuilts definisjon av ombruk er rehabilitering inkludert, og omfatter ombruk på «høyeste nivå».

I nevnte FoU-prosjekt utført i samarbeid mellom DiBK og Resirql går forfatterne i dybden på noen utvalgte byggevarer for å vurdere konkrete løsninger og trekker frem blant annet byggevarer stål, trevirke, glass og betong som best egnet for ombruk. Byggevarer som ifølge studien er vurdert uegnede til ombruk er byggevarer med helse- og miljøfarlige stoffer, engangsprodukter og tekniske produkter, utdaterte byggevarer som ikke lenger møter krav, utilgjengelige byggevarer og fundamentering og økonomisk ugunstige produkter.

Studien tar i tillegg for seg hvordan dagens regelverk fungerer i forhold til ombruk av materialgruppene. En hovedkonklusjon i rapporten er at det er mulig med forsvarlig ombruk i dag, men at det er store utfordringer. Problemer som trekkes frem er blant annet usikkerhet rundt regelverk, standarder og prosedyrer for ombruk i industriell skala. I tillegg nevnes krav om dokumentasjon og at re-dokumentasjon ofte er kostnadsdrivende og en forutsetning for industrielt ombruk. Derfor vil ombruk ifølge forfatterne ofte innebære at produsenten påtar seg ansvaret. Til slutt poengterer forfatterne med at dette trolig vil kunne føre til økt spesialisering for utvalgte ombruksprodukter (Kilvær et al., 2019), s. 4.

I rapporten «Samfunnsøkonomisk analyse av redusert avfall i byggebransjen» skrevet av Samfunnsøkonomisk analyse og NIBIO på oppdrag fra DiBK (Ibenholt et al., 2020), så forfatterne på de samfunnsøkonomiske kostnadene og nytten av å redusere avfallsmengder fra byggebransjen, herunder minimere generert avfall, øke ombruken av byggavfall og øke materialgjenvinningen. Vurderingene inkluderte både nytte og kostnad for aktørene i næringen, slik som utbygges kostnader, og de eksterne virkningene for samfunnet generelt slik som endret utslipp av klimagasser og helse- og miljømessige konsekvenser. Studien tok for seg tre tiltak for å nå nasjonale mål for avfall i

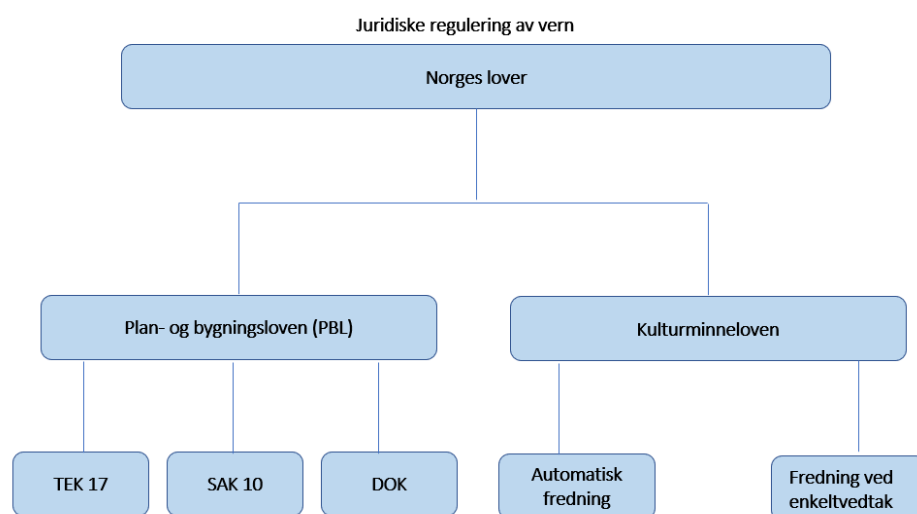
byggenæringen: 1) Redusere mengden generert avfall (avfallsminimering), 2) Økt ombruk og 3) Økt materialgjenvinning. En av hovedkonklusjonen i rapporten var at å redusere avfall både er bedriftsøkonomisk lønnsomt (for utbyggere) og samfunnsøkonomisk lønnsomt og tiltaket viste høyere lønnsomhet enn de øvrige tiltakene. Imidlertid fant forfatterne at ombrukstiltak i dag ikke er lønnsomt for utbygger, men at det på sikt kan endres.

2.1.2 Bygningsvern og bærekraftig utvikling

På nettsidene til den norske regjering står det at «byggningsvern i Norge handler om å ta vare på kilder til vår historie» (Regjeringen.no, 2014). Å ta vare på eksisterende bygg og byggevarer er noe mennesker har gjort over lengre tid av hensyn til eksisterende bygg som en knapp resurs med et økonomisk insentiv. Ombruk er således ikke et nytt fenomen. Kulturminnevern i Norge ble for første gang formelt vedtatt på 1920-tallet med enighet om å frede bygg. Utover 1930-1940 tallet ble det vedtatt å dokumentere norsk kulturhistorie. Senere kom fokus både på samisk kulturarv, skogfinner og kvedene. Det handler om å utvide og fortelle riktige og vitkige deler av historien til landet. Ifølge riksantikvar (per d.d.) Hanna Geiran er bygnings- og kulturminnevern «et uttrykk for det som er viktig for oss som samfunn og en refleksjon over tidsånden». Etterkrigstiden tro på teknologi, økonomisk vekst, funksjonalitet og hygiene var en periode der man så fremover og kvitte seg med gammelt. En reaksjon på dette var vernekampen fra lokalt engasjerte folk. Ifølge Geiran har historien vist at tendensen er gått fra vern *eller* utvikling til utvikling gjennom vern. Fredning er ifølge Geiran et spørsmål om verdier og det vi tar vare på forteller noe om hva vi mener er viktig for oss (fritt gjengitt etter foredrag ved Hanna Geiran).

Juridisk regulering av vern i Norge

Det finnes i dag primært to lovverk som juridisk regulerer vern av eksisterende bygninger i Norge. Den ene er Kulturminneloven og den andre er Plan- og bygningsloven (PBL). Kulturminneloven regulerer vern gjennom enten automatisk fredning eller ved enkeltvedtak. Automatisk fredning omfatter i Norge i dag alle kulturminner fra før 1537 (reformasjonen), stående bygg fra før 1650, samiske kulturminner fra 1917 eller eldre samt skipsfunn eldre enn 100 år. Fredning ved enkeltvedtak utføres av Riksantikvaren (vedtaksfredning) ved delegert myndighet fra Miljøverndepartementet. Gjennom PBL kan kommunen regulere verneverdige enkeltbygg eller miljøer til hensynssone for bevaring. Vern gjennom PBL er et svakere vern enn ved fredning.



Figur 2.1.2 Hierarkisk nedbrytningsstruktur av PBL og Kulturminneloven. Fritt etter (Kulturminneloven, 1920; Plan- og bygningsloven, 2008)

I henhold til Kulturminneloven er kulturminner «alle spor etter menneskelig virksomhet i vårt fysiske miljø, herunder lokaliteter det knytter seg historiske hendelser, tro eller tradisjon til» (Kulturminneloven, 1920).

I en veileder om plan- og bygningsloven og dens bruk som verktøy i forvaltning av kulturminner og kulturmiljøer står det at verdien til et kulturminne eller et kulturmiljø ofte fastsettes i forbindelse med at et tiltak planlegges gjennomført i området der kulturminnet eller miljøet er og at verdien et kulturminne eller miljø tillegges avgjør om det skal tas vare på, hvem som skal gjøre det og hvilke virkemiddel som bør brukes (Riksantikvaren Direktoratet for kulturminneforvaltning, 2001).

Den eksisterende bygningsmassen i Norge utgjør omkring 4,2 millioner bygg. Samtidig er det forventet at rundt 70-80 % av bygningsmassen som blir brukt i 2050 allerede er bygget i dag. Dette betyr i praksis at den eksisterende bygningsmassen stadig blir eldre og utgjør en større og større andel av den totale bygningsmassen. Som allerede eksisterende strukturer er det blitt hevdet at kulturminner og verneverdige bygninger representerer en stor og bærekraftig ressurs (Flyen et al., 2019). Ifølge Sintef var det i 2017 det ca. 4600 fredede bygninger i Riksantikvarens database for kulturminner. Av disse er relativt få fredet og det er ikke ønskelig å gi alle verneverdige bygg vernestatus, men «å fremme forståelsen for at det er viktig å ta tilstrekkelig hensyn til kulturminneverdier i verneverdige bygninger, også de uten formell beskyttelse.» (SINTEF Byggforsk, 2017).

Bærekraftige tiltak under rehabilitering av bygg med vernestatus

I en masteroppgave fra 2014 ser på Elise Thue på problemstilling knyttet til hvordan bærekraftige tiltak kan realiseres under rehabilitering av bygg med vernestatus, dersom de involverte aktørene har ulike interesser. Et hovedfunn i rapporten var at godt samarbeid mellom alle parter tidlig i prosessen var nøkkel til suksess. Andre momenter var villigheten til å gi «det lille ekstra» og involvere vernemyndigheter gjennom hele prosessen. Et tredje argument i oppgaven var at de bærekraftige tiltakene kan medføre høyere pris for byggherre og at de derfor ikke blir like attraktive som standard løsninger. For å gjøre tiltakene aktuelle for byggherre, skriver Thue at dokumentasjon for at tiltakene utgjør en positiv forskjell må foreligge, og nevner lavere driftskostnad som et eksempel på dette. Insentiver i form av økonomisk støtte ble også nevnt som en mulighet for å gjøre bærekraftige tiltak mer attraktiv for byggherre.

Avveining mellom energieffektivisering og verneverdier

Eldre bygningsmasse består av andre materialer og materialsammensetninger enn det som kan ansees som standard i dagens marked. En utfordring som ofte forbindes med vern av eldre bygg, er knyttet til behovet for oppgradering av hensyn til energiforbruk (Regjeringen.no, 2014).

Utslipp fra energibruk avhenger av energieffektivitetsnivå og valg av energiforsyning (Kjendseth Wiik et al., 2020). Energieffektivisering handler om å utføre tiltak som bedrer byggets energikvalitet. Energiforbruket vil avhenge av byggets behov for tilførsel av energi og vil derfor avhenge av både type tilført energi og byggets energieffektivitet, dvs. evnen til å utnytte den tilførte energien effektivt og minimere varmetap gjennom bygningskroppen. Av den gjennomgåtte litteraturen viser den generelle tendensen for bygningsmessige tiltak for energioppgradering av eksisterende bygg å være:

- Tetting
- Etterisolering mot loft og kjeller
- Etterisolering av yttervegger
- Erstatte eksisterende vinduer (bedre U-verdier, minimere varmetap og kuldebroer)

Energieffektiviteten i forbindelse med oppgradering av et eksisterende bygg vil i tillegg avhenge av tiltak utført for tekniske anlegg, klimatisering av bygget samt belysning. Tiltak for teknisk anlegg

avhenger av effektgraden til komponentene som brukes i ventilasjons- og varmeanlegg samt muligheten for å gjenvinne den tilførte varmen. Byggets mulighet for å lage egenprodusert energi enten for lagring, egen bruk eller eksport i form av for eksempel ved å utnytte solenergi vha. eks. solceller vil også påvirke grad av energieffektivitet.

2.2 Klimagassberginger for bygninger

2.2.1 Livsløpsvurderinger og klimagassberging

LCA er forkortelsen for *Life Cycle Assessment*, i norsk litteratur ofte oversatt til livsløpsvurderinger, livsløpsanalyser eller bare miljø-LCA. LCA generelt er en standardisert metode for å vurdere eller synliggjøre potensielle miljøpåvirkninger til et produkt eller system over en gitt levetid (Baumann & Tillmann, 2004; Simonen, 2014; Standard Norge, 2012a). En miljø-LCA kan inkludere flere ulike miljøindikatorer eller effektkategorier, dvs. ulike effekter de analyserte prosessene har på miljøet. En klimagassberging vurderes potensialet for global oppvarming (GWP - Global Warming Potential) med indikatoren eller enheter CO₂-ekvivalenter, dvs. summen av alle utslipp som har en oppvarmingseffekt når de slippes ut i atmosfæren. Flere klimagasser konverteres til en felles enhet representert som kgCO₂-ekvivalenter eller [kgCO₂e]. Ekvivalenten betyr at alle klimagassene og deres bidrag til global oppvarming er omregnet som om de hadde det samme bidraget til global oppvarming som 1kg CO₂. Et byggs klimapåvirkning over livsløpet blir derfor ofte omtalt som byggets «karbonfotavtrykk» eller bare «karbonavtrykk».

Det metodiske rammeverket for LCA generelt ble først definert i 1997 i internasjonale ISO-standarder og flere retningslinjer som omhandler gjennomføringen av og innholdet i LCA for bygninger er blitt utgitt (Simonen, 2014). I 2012 ble den engelske standarden for miljøvurdering av bygninger, EN 15978:2011 oversatt til norsk (NS-EN 15978). Standarden redegjør for vurderingen av både nye og eksisterende bygningers miljøprestasjon basert på LCA og beskriver beregningsmetodikken for denne (Standard Norge, 2012a).

Klimagassberginger en type livsløpsvurdering og følgelig basert på det samme metodiske rammeverket som LCA. Klimagassregnskap innen byggenæringen et relativt nytt, men voksende felt. Det metodiske rammeverket for klimagassberginger for bygninger i Norge er beskrevet i NS 3720. Standarden utkom i 2018 basert på NS-EN 15978 etter behov for å redegjøre nærmere beskrivelser av klimagassutslipp for bygninger (European Committee for Standardization, 2020; Standard Norge, 2012a; Standard Norge, 2018; Standard Norge, 2019b). I standarden defineres klimagassregnskap for bygninger som en «beregning av enkeltbygningers klimagassutslipp gjennom bygningens livsløp».

Klimagassutslipp gjennom bygningens livsløp beregnes med utgangspunkt i inkluderte livsløpsfaser og delprosesser som medfører utslipp, definert i standarden som følger:

- | | |
|-----------------------------|-------|
| 1) Produksjonsfasen | A1-A3 |
| 2) Byggefase | A4-A5 |
| 3) Drifts- eller bruksfasen | B1-B8 |
| 4) Livsløpets slutfase | C1-C4 |

Produksjonsfasen inkluderer utslipp fra produksjon og transport av materialer til produsent (A1-A3), byggefase inkluderer utslipp fra transport av materialer til byggeplass (A4) og utslipp i forbindelse med oppføring av bygget som transport av kapp og avfall, energibruk, vannforbruk mm på byggeplass. Driftsfase inkluderer utslipp fra bygget over hele levetiden bygget er i bruk og stammer fra både transport av personer til og fra bygget, energibruk til å drift bygget, materialbruk til utskifting og vedlikehold av bygget mm.

Metodikken for klimagassberging etter NS 3720 er basert på regnskaps-LCA som ifølge standarden er en «modellering av den aktuelle eller forventede spesifikke eller gjennomsnittlige verdikjeden for et produkt eller system og dens/dets scenarier for brukstid og endt levetid som forankret i en statisk teknosfære» (Standard Norge, 2018). Dette innebærer at beregningen antar en teoretisk modell som inneholder enten konkrete eller gjennomsnittlige data der både levetid og livsløpsscenarioene for modellen analyseres med bakgrunn i dagens teknologiske og markedsmessige forutsetninger.

For modul A og C er delprosessene som er definert av nummereringen forbundet med hvilken plassering i tid de ulike prosessene oppstår. For eksempel referer delmodul A1 til prosesser knyttet til utvinning av råvarer, som følgelig fører til prosesser tilordnet A2 som er transport av råvarer til produksjonssted. Deretter tilordnes prosesser som inngår som en del av produksjonen av produktet som en del av delmodul A3, før produktet transporteres til leverandøren av produktet som tilordnes delmodul A4. Delmodul A5 inkluderer alle delprosesser tilordnet byggeplass. Modul C inkluderer prosessene etter byggets endt livsløp som begynner med riving (C1) etterfulgt av transportering av avfall (C2) og avfallsbehandling (C3) til eventuelt deponi eller en eller annen form for gjenbruk i form av gjenvinning, resirkulering eller deponi (C4).

Klimagassregnskap kan iht. NS 3720 bestå av regnskap for transport, energibruk, materialer (byggevarer og materialer til energiteknisk utstyr), byggeplass og ev. landskap/utomhus. Den generelle beregningen for klimagassutslipp gjøres ved å multiplisere en mengde (materialer, energibruk og avstand) med en utslippsfaktor for den spesifikke mengden. Oppgaven tar for seg klimagassregnskap for materialer og energibruk, og det teoretiske rammeverket for øvrige regnskap er derfor ikke videre omtalt.

Miljødeklarasjoner (EPD)

En miljødeklarasjon (EPD – Environmental Product Declaration) for et bestemt produkt er en type III miljøsertifiseringssystem som beskriver miljøegenskaper til produktet over et definert livsløp (SINTEF Byggforsk, 2014). Hensikten med å bruke EPD-er i forbindelse med byggeprosjekter er hovedsakelig å kunne vurdere ulike produkters miljøprofil opp mot hverandre for å foreta beslutninger på kjøp av et produkt basert på et objektivt og sammenliknbart grunnlag. EPD-er inngår blant annet som dokumentasjonskrav for materialer i BREEAM-sertifisering ved bruk av kategorien Mat 01, LCA-vurderinger og klimagassberginger for bygg. EPD-en er utformet som et kortfattet dokument og skal blant inneholde produktets klimagassavtrykk og påvirkning på global oppvarming (GWP), totalt energibruk gjennom livsløpet [MJ] samt andelen resirkulert materialer i produktet [%] m.m. (SINTEF Byggforsk, 2014). Hvilke moduler som er valgt med varierer fra EPD til EPD.

Omfanget av EPD-er for nye materialer og produkter er i dag i stor vekst og det finnes i dag over 5000 EPD-er på det globale markedet (constructionlca, 2018). En drivende faktor for økt produksjon av EPD-er har blant annet vært økende interesse og bruk av blant annet BREEAM og LEED miljøsertifiseringssystemet der det gis en svært høy poengscore for å benytte materialer med EPD. Dette understrekes ved på nettsidene til EPD Norge som skriver at «selv om utarbeidelsen av EPD-er er frivillig har og vil økt etterspørsel etter miljøsertifiserte materialer gjøre EPD-er til et konkurransefortrinn» (The Norwegian EPD Foundation, u.å.). Det er produsenten av byggevaren som selv initierer og utvikler en EPD for sitt produkt. Analysen skal gjennomføres ved å foreta en livsløpsvurdering (LCA) for produktet (The Norwegian EPD Foundation, u.å.). For å sikre at utviklingen av EPD-en gjøres på en omforent måte uavhengig av hvem utvikleren eller produsenten er, er det definert et sett produktkategoriregler (PCR-dokument) for blant annet hvilke stoffer analysen skal omfatte og hvordan analysen skal gjennomføres den aktuelle produktkategorien. Etter at EPD-en er utviklet, skal den gjennom en tredjeparts, uavhengig verifisering utnevnt av Næringslivets Stiftelse for

Miljødeklarasjoner. Formålet med dette er å sikre at EPD-en er utarbeidet iht. regler og metodisk fremgangsmåte beskrevet i PCR-dokumentet.

Miljødeklarasjoner utarbeides etter internasjonale standarder (ISO-standarder) for livsløpsvurderinger. Den norsk-europeiske standarden NS-EN 15804 «Bærekraftige byggverk - Miljødeklarasjoner - Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer» beskriver de viktigste metodiske reglene for utvikling av EPD-er i det norske og europeiske markedet. De norske standardene NS-EN ISO 14025 «Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III - Prinsipper og prosedyrer» og NS-EN ISO 14040:2006 «Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk (ISO 14040:2006)» beskriver det metodiske rammeverket for utvikling av EPD-er basert på ISO-standarder tilpasset det norske og europeiske markedet (The Norwegian EPD Foundation, u.å.).

EPD for et produkt kan utarbeides på grunnlag av enten spesifikke eller generiske data. For førstnevnte benyttes data for det enkelte produktet fra én bestemt produsent, mens generiske data kommer frem som gjennomsnittsverdier for tilsvarende produkter fra flere produsenter.

Klimagassutslipp fra materialbruk

Beregnet klimagassutslipp fra materialer kommer frem ved å multiplisere mengden materialer med utslippsfaktor for produktet som anvendes. For å gjennomføre en klimagassberging for materialer må det anvendes miljødata for de valgte materialene. Standarden 3720 referer til to typer data av nivå 1 EPD og 2 generiske data. Utslipp fra transport av materialer fremkommer ved valg av transportmiddel som tilordnes en utslippsfaktor fra transport. Deretter multipliseres mengden materialer med utslippsfaktoren og transportavstanden.

Klimagassutslipp fra energibruk i drift

Utslipp fra energibruk i drift tar utgangspunkt i bygningens energibehov knyttet til oppvarming, kjøling, ventilasjon, varmtvann og belysning. Ifølge standarden skal beregning av energibehovet gjøres med bakgrunn i normert NS 3031:2014 eller SN/TS 3031:2016³, eller bruke faktiske målinger av energibruken etter bygget er satt i drift (Standard Norge, 2018). Aktuelt for denne studien er beregninger under prosjektering med bakgrunn i normerte verdier. Beregnet klimagassutslipp fra energibruk kommer frem ved å multiplisere energibruk med utslippsfaktor for energikilden som anvendes.

Utslippene avhenger med andre ord både av energieffektivitetsnivå og valg av type energiforsyning eller energikilder. Systemgrensen for energibehovet er derfor avgjørende. Ved vurdering av et helt byggverk, skal systemgrensen for energibruk for bygget ifølge NS 3720:2018 settes til levert og evt. eksportert energi (Standard Norge, 2018). Forskjellen mellom levert energi og netto energibehov er at levert energi tar varmesystemets virkningsgrad med i beregningen. Ifølge energimerking.no vil for eksempel forbrenning av olje, kull og gass medføre høyere levert energi enn netto energibehov fordi forbrenningen medfører et virkningsgradstap. Bruk av solenergi og varmepumper kommer positivt ut fordi solvarme og varme fra omgivelsene utnyttes, slik at levert energi kan være lavere enn behovet (Energimerking.no, 2009).

Valg av energivare for tilførsel av energi til bygget vil med andre ord ha en direkte påvirkning på beregningsresultatene. Derfor skal det ifølge NA 3720:2018 brukes spesifikke utslippsfaktorer for anlegg og energivarer for den valgte energiløsning. Standarden definerer et sett kriterier for valg av utslippsfaktorer for elektrisitet og for fjernvarme og kjøling. For beregning av utslipp fra elektrisitet, definerer standarden et minimumskrav om å benytte minst to el-forsyningsscenarioer for de valgte

³ SN/TS 3031:2016 er et supplement for helhetlig energiberegninger for bygg og energiforsyningssystemer. I mars 2020 utkom en ny norsk spesifisering for beregning av bygningers energibehov og energiforsyning, SN-NSPEK 3031:2020 som erstatter SN/TS 3031:2016. Spesifikasjonen erstatter imidlertid ikke NS 3031:2014 som formelt ble trukket tilbake februar 2018, men som fortsatt skal brukes til blant annet kontroll opp mot byggeforskriftene i TEK (Standard Norge, 2020).

energivarene. Den ene er basert på norsk elektrisitetsmiks og den andre på norsk-europeisk elektrisitetsmiks. Begge el-mikser antar som et snitt av elektrisitetsforbruk basert på data for de siste tre årene i hhv. Norge eller Europa + Norge. Ved beregning av utslippsfaktorene er det lagt inn en forventet reduksjon av utslipp som følger av forbruk av mer fornybare energikilder frem mot år 2050 (Standard Norge, 2018, s. 16-17).

CO₂-faktorene for perioden 2015-2017 er ifølge databasen i OneClick LCA 0,0123 kg CO₂e/kWh for norsk el-miks (NO⁴) og 0,130 kg CO₂e/kWh for norsk-europeisk el-miks (EU 28 + NO⁵). Siden norsk energi hovedsakelig stammer fra fornybare energikilder og vann har den norske faktoren en lavere klimapåvirkning (i dag tilnærmet 1/10) av den norsk-europeiske. Standarden omtaler også at dersom bygget er lokalisert innenfor konsesjonsområde for fjernvarme/fjernkjøling, skal det i innledende faser av byggeprosjektet benyttes generiske CO₂-faktorer for disse (Standard Norge, 2018). Gjennomsnittlige distriktsoppvarming i Norge (2013-2015) har en CO₂ faktor på 0,15 kg CO₂e/kWh⁶, mens fjernvarmenettet i Oslo (2016-2018) har en beregnet snitt CO₂ faktor på 0,0138 kg CO₂e/kWh⁷.

2.2.2 Styrker og svakheter ved LCA og klimagassberegninger som metode

I boka «Life Cycle Assessment» av Kathrina Simonen (Simonen, 2014) gjengis flere hovedstyrker og svakheter ved LCA som metode. Styrker ved LCA er ifølge forfatteren blant annet at miljøvurderingen er målbart og sammenliknbar, det kan bidra med innsikt og motivasjon blant både forbrukere og produsenter til å etterspørre/produsere miljøvennlige alternativer. I tillegg trekkes det frem at en LCA, dersom analysen gjøres korrekt, kan bidra med at «grønnvasking» unngås, dvs. at usannheter i forhold til hva som er miljøvennlig eller ikke som følger av beregningen kan reduseres.

Svakheter som trekkes fram er at en detaljert LCA kan være svært omfattende og tidkrevende, at vurderinger som gjøres på grunnlag av ukomplette modeller, manglende informasjon om systemgrenser kan føre til at beslutninger tas på feil grunnlag. I tillegg poengterer Simonen svakheten ved å presentere resultater på desimalnivå når datagrunnlaget for beregningen er basert på generiske eller gjennomsnittlige verdier i alle ledd i verdikjeden. Dette kan, ifølge forfatteren lede til feilaktige inntrykk av gyldigheten til vurderingene. Derfor er det ifølge Simonen viktig å ikke sammenlikne resultater fra ulike LCA-analyser uten visshet om hvilke dataunderlag som er brukt og hvilke forutsetninger som ligger bak vurderingene.

Simonen poengterer til sist at en svakhet ved LCA som i større grad handler om hva LCA ikke innebærer, er at LCA som standardisert metode i dag ikke inkluderer sosiale eller økonomiske aspekter og påvirkninger.

I henhold til Futurebuilts prosjekter benyttes klimagassberegninger for bygninger som grunnlag for å vurdere det prosjekterte byggets karbonavtrykk over et 60 års langt livsløp. Ulike tiltak for å redusere avtrykket kan beregnes og danne grunnlag for reduksjonspotensialet for klimagassutslipp. I Futurebuilt prosjekter er det satt som mål å oppnå en reduksjon på 50% sammenliknet med referansebygg. Reduksjonen stammer fra en samlet vurdering av utslippene fra materialbruk, energibruk i drift og transportbruk i drift. Påvirkning for å redusere utslipp som stammer fra energibruk i drift, materialbruk og transport i drift (Kjendseth Wiik et al., 2020).

For klimagassberegninger i Futurebuilt 1.0-prosjekter for rehabiliteringsprosjekt står det at det ikke skal bergenes klimagassutslipp for materialer som beholdes fra det opprinnelige bygget, men kun for

⁴ Kilde: Electricity, Norway, 60 years forecasted average (IEA/NS3720 energy mix, projection from 2016-2018 average)

⁵ Kilde: Electricity, EU28 + Norway, 60 years forecasted average (IEA/NS3720 energy mix, projection from 2015-2017 average)

⁶ Kilde: Gjennomsnittlig distriktsoppvarming Norge (årene 2013-2015), IEA, Bionova 2015

⁷ Kilde: Distriktsoppvarming, Oslo, Norge (2016-2018), Norsk Fjernvarme.

nye tilførte materialer (Selvig et al., 2019). I beregningsregler for Futurebuilt prosjekter står det videre at «byggets levetid forutsettes å forlenges med 60 nye år og at alle bygningsdeler som gjenbrukes får «normerte» levetider og antall utskiftninger slik de er angitt i klimagassregnskap.no» (Selvig et al., 2019). Med normerte levetider og antall utskiftninger refereres det til data fra databasene eller EPD-ene i beregningsprogrammet.

2.2.3 Drivere av klimagassutslipp for bygninger

Generelt viser søk i både norsk og internasjonal litteratur at det er anerkjent at bruksfasen til en bygning fører til det desidert største klimagassutslippet (Iyer-Raniga and Wong, 2011; Gustavsson et al., 2009; Ramesh et al., 2010). Herunder er utslipp fra transport og energibruk drivere av utslipp.

Klimapåvirkning fra materialbruk

Funnene fra de gjennomgåtte studiene viser konsekvent at rehabilitering gir en lavere klimapåvirkning fra materialer fordi utslipp fra råvare- og produksjonsfasen allerede er gjort. I en rapport som utkom juli 2020, ZEN-24 rapporten som et samarbeid mellom Sintef og ZEN⁸, ble empiriske livsløpsdata fra 130 norske bygninger analysert (Kjendseth Wiik et al., 2020). Av de 130 bygningene, var 25 definert som kontorbygg og 14 definert som rehabiliteringsprosjekter. Studien omtales i rapporten som den største norske undersøkelsen om klimagassutslipp fra materialbruk i norske bygg.

En av konklusjonene i rapporten er at klimagassutslipp fra rehabiliteringsprosjekter er lavere enn nybygg fordi bærekonstruksjon og fundamentene er gjenbrukt. Ifølge studien var klimapåvirkning fra produksjonsfasen (A1-A3) ca. 2,1 kg CO₂e/m² per år for rehabiliteringsprosjekter og 3,8 kg CO₂e/m² per år når utskiftninger (B4-B5) var inkludert. For nye kontorbygg utgjorde samme fase omkring 3,5-6,6 kg CO₂e/m² per år, for boliger omkring 3-5,3 kg CO₂e/m² per år og for skoler omkring 2,5-10 kg CO₂e/m² per år. Andre hovedfunn fra rapporten var at variasjonene i klimagassutslipp fra produksjonsfasen (A1-A3) og utskiftning (B4) i forbindelse med rehabiliteringsprosjekter var relativt liten på mellom 2-3 kg CO₂e/m² per år. Sammenliknet har kontorbygg (nybygg) et utslipp som med større variasjon, 3,1-7,7 kg CO₂e/m² per år. Spennet for boligbygg (3,8-6,9 kgCO₂e/ m²/år) er ifølge rapporten tilnærmet likt, men mindre for skolebygg (3,8-6,9 kgCO₂e/ m²/år).

Forfatterne bak rapporten argumenterer i tillegg for at det er behov for å harmonisere metoder og tilnærminger for beregninger slik at grunnlag for referanseverdier for ulike typologier kan benyttes. En påstand er ifølge forfatterne at utslippsnivåene som er oppsummert av de gjennomgåtte prosjektene kan danne grunnlag for «absolutte utslippsnivåer» i ZEN- og Futurebuilt prosjekter og som kan danne grunnlag for utslippskrav i TEK (Kjendseth Wiik et al., 2020).

Med bakgrunn i den ovenfornevnte ZEN-rapporten (Kjendseth Wiik et al., 2020) kunne det ved gjennomlesing sees at kun syv av de 130 analysene omfatter rehabiliteringsprosjekter, og kun fem av disse syv er basert på NS 15978. Ingen av prosjektene er av nyere tid (ref. år 2020) og basert på NS 3720:2018. Dette illustrerer at det analysegrunnlaget på allerede utførte LCA-vurderinger eller klimagassberginger for rehabiliteringsprosjekter er relativt lite. ZEN 24-rapporten beskriver ikke hvilke bygningstyper de rehabiliterte byggene er. Studien tok imidlertid utgangspunkt i Futurebuilt forbildeprosjekter. Futurebuilt er ifølge nettsidene en innovasjonsarena for forbildeprosjekter innen byggenæringen med mål om å redusere klimagassutslipp med 50 % innen områder som transport, energibruk og materialbruk (FutureBuilt, 2020c). Et utvalg av disse prosjektene ble som følger av de begrensede funnen på området gjennomgått for å vurdere om det var noen tendenser fra resultatene som gikk igjen. Ifølge prosjektens web-portal på (FutureBuilt, 2020a) oppgis det informasjon om blant annet byggeår, hovedgrep gjort i forbindelse med rehabiliteringen, samt utslippstall for energibruk, transport og materialbruk. Sistnevnte var oppgitt for 4 av de totalt 6 inkluderte

⁸ ZEN står for Zero Emission Neighbourhood, et forskningssenter ledet av Sintef og NTNU

rehabiliteringsprosjektene. Ingen av prosjektene er oppgitt som fredet, men av prosjektene var Kristian Augusts gate 13 (K13) definert som vernet. Bygget er ifølge prosjektsiden fra 1950 og er under rehabilitering per d.d.

Tabell 2.2.1 viser en sammenlikning av klimagassutslipp fra energi, materialer og transport fra fire Futurebuilt-prosjekter som innebærer rehabilitering av et eksisterende bygg. Utslippstallene i tabellen er presentert som kg CO₂e/m² BTA og er hentet fra prosjektinformasjon for hvert enkelt prosjekt på Futurebuilts nettsider. Tabellen er produsert på eget tilvirke.

Tabell 2.2.1 Totale utslipp av klimagasser for utvalgte Futurebuilt rehabiliteringsprosjekter. Tabellen er laget på eget tilvirke etter tall på klimagassutslipp fra det enkelte prosjektets nettside via (FutureBuilt, 2020a):

kg CO ₂ e/m ² BTA	Fredrik Selmers vei 6, Oslo	Grensensvingen 7, Oslo	Kristian August gate 13, Oslo	Powerhouse Kjørbo, Oslo
Energi	8	8,6	22	-3,9
Materialer	2	2,3	-	1,5
Transport	13	19	29,2	28,7

Tabellen viser at tendensen for drivere av klimapåvirkningen er den samme: Transport i drift gir høyest andel utslipp, etterfulgt av energibruk og materialer til sist med minst andel av de totale utslippene. Unntaket er Power House Kjørbo der utslipp fra energi på grunn av egenprodusert energi bidrar positiv til regnskapet. Utslipp fra energi for K13 er betraktelig høyere sammenliknet med utslipp fra energi for de øvrige prosjektene. Av gjennomlesing av prosjektene viser ulike oppgraderingstiltak, men ombruk av bærekonstruksjon går igjen i prosjektene. På nettsiden fremkommer at tiltak for Kristian Augusts gate 13 blant annet omfatter bevaring av fundamenter, bærekonstruksjoner, yttervegger, dekker, bæresystem, trapperom, heiser, deler av innervegger og noe teknisk utstyr (Futurebuilt, 2020b). Utslippene for K13 var under arbeidet med oppgaven enda ikke publisert. Utslipp fra materialer er relativt lik mellom tre av prosjektene.

Av studiene som ble kartlagt av litteraturgjennomgangen, var en amerikansk LCA-studie som sammenliknet miljøpåvirkning fra materialer mellom renovering og nybygg (Hasik et al., 2019) med bakgrunn i 6 ulike miljøindikatorer inkludert klimapåvirkning (GWP). I studien fant blant annet forfatterne at det ble oppnådd 75 % reduksjon av klimagassutslipp (GWP) ved renovering sammenliknet med nybygg. I tillegg var den totale mengden materialer redusert med 89% ved renovering (Figur 11, s.8Hasik et al., 2019). Studien viste at de største utslippene stammet fra renovering av tak, gulv og nye vinduer der de største utslippsreduksjonene stammet fra betong, murverk og metaller. Ifølge forfatterne bak studien er dette materialer som har relativt stor miljøpåvirkning fra produksjonsfasen, men som har relativt lang levetid og mindre vedlikeholdsbehov og som derfor vil ha derfor lavere påvirkning i løpet av driftsfasen. Studien viste videre at materialer som trevirke, plast og kompositter, membraner i fukt- og dampsperrsjikt samt overflatebehandlinger viste små til ingen reduksjoner mellom renovering og nybyggscenarioet. Forfatteren argumenterer for at en av årsakene til dette er at disse komponentene har relativt kortere levetid og derfor krever hyppigere utskiftninger. Innenfor kategorien overflatebehandling, var gulvbelegg, innervegger, himlinger, tepper og maling. Et av renoveringstiltakene i studien var hevede gulv som følger av tilgang. Ifølge studien bidro dette tiltaket til den største påvirkningen på nesten 20% innenfor kategorien overflatebehandling, og forfatterne argumenterer for at dette kan motvirke typiske potensial ved ombruk av eksisterende gulv. Forfatterne argumenterer for at å sammenlikne renovering med et nybygg er utfordrende blant annet på grunn av omfanget ved å modellere et tenkt nybygg. Forfatterne argumenterer blant annet for en database med tidligere fullførte prosjekter som kan brukes som

sammenlikning eller standard referanser som matcher samme bygningskategori. Ifølge forfatterne av artikkelen, samsvarte disse funnene med annen gjennomgått litteratur.

EPD for å vurdere miljøpåvirkning fra rehabilitering?

I en fagrappport utarbeidet av forskere ved Sintef i samarbeid med NIKU og med bakgrunn i MIL-ORG-prosjektet tok utgangspunkt i hvordan verneverdig bebyggelse kan bli miljø- og bærekraftvurdert som grunnlag for gjenbruk (Flyen et al., 2019). I rapporten argumenter forfatterne for at EPD-er i forbindelse med renovering og rehabilitering av verneverdige bygg har et stort potensial, men at det er flere utfordringer forbundet med dette. Av utfordringer forfatterne diskuterte var blant annet at utviklingen av EPD-er er markedsstyrt, og at det kun er store bedrifter som har råd til dette. Derfor blir, ifølge forfatterne, produkter fra mindre produsenter i stor grad ikke representert. En annen utfordring som trekkes frem i rapporten er at de fleste EPD-er ikke inneholder bruksfasen, som ifølge forfatterne er en avgjørende fase for vurdering av eksisterende bygninger. En tredje utfordring som poengteres i rapporten er at det finnes få eller ingen PED-er for gamle materialtyper og bygningsdeler. (Flyen et al., 2019)

For å redusere klimagassutslipp fra materialbruk i bygg- og anleggsnæringen er det flere grep som kan bidra. Grønn materialguide er en guide som er utviklet av Grønn byggallianse⁹ som vurderer 5 sentrale miljøtema for 7 ulike materialtyper bidra til å illustrere hvilke typer materialer som kan ha en stor påvirkning for utslipp av klimagasser fra materialer. Materialguiden beskriver for hver enkelt materialgruppe gruppene ulike produkter som finnes på markedet i dag. Guiden gir informasjon om spennet for vanlige materialer i det norske markedet og viser at det kan være store forskjeller innad i en og samme materialgruppe som mellom materialer på grunn av variasjoner for ulike produkter (Context AS v/ Hagen et al., 2017).

Klimapåvirkning fra energibruk

I rapporten «bygg- og anleggssektorens klimagassutslipp» skrevet av Asplan Viak ser forfatterne på årlige norske klimagassutslipp som kan knyttes til bygg- og anleggssektoren. I rapporten blir utviklingen over og betraktninger rundt import og eksport analysert. Et av funnene i rapporten er at klimabidraget til bygningers energibruk i OECD-land¹⁰ har gjennomgått en utflatning siden 200-tallet. En av påstandene i rapporten er at energibruk stadig utgjør en mindre del av klimabidraget, men at det er viktig å fortsette arbeidet med utfasing av fossil energibruk, redusere energibruken og øke egenproduksjonen i bygg (Asplan Viak, 2019).

Mye av den eldre bygningsmassen vil ha et høyere energiforbruk i driftsfasen blant annet på grunn av mindre tette og isolerte bygningskropper, dårligere U-verdier spesielt i vinduer som gir dårlig energieffektivitet sammenliknet med et nybygg. Type energiforsyning, om den er basert på fornybare eller ikke-fornybare energikilder avgjøre utslippene forbundet med energibruken.

I en masteroppgave fra 2011 sammenlikner Dahlstrøm bevaring av et TEK 07 hus med energioppgradering til passivhus-standard. En av hovedkonklusjonen ifølge forfatteren er at passivhuskonstruksjonen er fordelaktig i et miljøperspektiv. Studien gjennomførte ulike scenarioer og følsomhetsanalyser, men fant at selv om antakelsene endret de totale påvirkningene, endret de ikke den relative forskjellen mellom de to scenarioene. Studien sammenliknet i tillegg tilbakebetalingstiden for passivhuset med TEK 07 huset for sammenlikning mellom økt påvirkning som følger av økt materialbruk i passivhuskonstruksjonen mot mindre materialer og dårligere energikvalitet for TEK 07-huset. Beregningene viste ifølge oppgaven at tilbakebetalingstiden for passivhuset sammenliknet med

⁹ Grønn byggallianse er en medlemsforening for virksomheter fra bygg- og eiendomssektoren som ifølge nettsiden <https://byggalliansen.no/hjem/om-oss/> «jobber for at hensyn til miljø og bærekraft skal bli det selvfølgeligste valget i vår sektor».

¹⁰ Organisasjonen for økonomisk samarbeid og utvikling bestående av 36 medlemsland

TEK 07-huset var litt over 5 år under forutsetning at begge hus brukte samme oppvarmingsystem (Dahlstrøm, 2010).

2.3 Lovverk og forskriftskrav

I forbindelse med rehabilitering av verneverdige bygg, vil lovverk og forskriftskrav sette ytre juridiske rammer for tiltakene som planlegges gjennomført. Jamfør avsnitt 2.1.2, s. 19 finnes det primært to lovverk som juridisk regulerer vern av eksisterende bygninger i Norge. Den ene er Kulturminneloven og den andre er Plan- og bygningsloven (PBL). Først i avsnittet beskrives kort det generelle hierarkiske oppbyggingen av lovverk i Norge. Deretter er lovverk og forskrifter som er aktuelle for problemstillingen knyttet til tiltak redegjort for i casestudien, juridiske reguleringer knyttet til klima- og miljø, energi, bruk av og bygningsvern og tiltak på eksisterende bygg i forbindelse med rehabilitering redegjort for. Til sist i avsnittet er litteratur vedrørende «status i dag» på kommende juridiske reguleringer i forbindelse med klima- og miljødokumentasjon i bygg beskrevet.

2.3.1 Generelt

Lovverk og forskriftskrav i Norge er forankret gjennom Norges lover, som fastsetter rettigheter og plikter i Norge. Den hierarkiske nedbrytningsstrukturen beskriver lovverket som øverste og førende rettspliktig dokument. Forskrifter beskriver krav underlagt loven, mens veiledninger utdyper forskriftskravene gjennom differensieringen mellom «bør» og «skal». De kan følges direkte eller kan eventuelt dokumenteres på annen måte. For å oppfylle forskriftskrav og det overordnede regelverket kan det defineres både uformelle normer og skrevne, formelle standarder. Uformelle normer baserer seg ifølge (Tjora, 2019) på et sett felles sosiale konvensjoner. I forbindelse med tiltak i bygg og anleggsprosjekter kan disse for eksempel være bransjeveiledninger eller en felles bransjeforståelse av «beste praksis», men som ikke er direkte nedfelt i rettslige standarder eller øvrig lovverk. Standarder gir retningslinjer og konkrete forslag og tekniske spesifikasjoner til hvordan lovverk kan oppfylles, og er således et mer pålitelig og etterprøvbart grunnlag for å fatte tiltak. Standarder utarbeides etter initiativ fra interessegrupper, er privatrettslige og utgis av Standard Norge (Standard Norge, 2019d) gjennom abonnement eller kjøp. Bruk av standarder er frivillig og således ikke lovpålagt, men ved henvisning til standard er en sikret at forskriftskrav og lover er overholdt. Deler av plan- og bygningsloven henviser imidlertid direkte til norske standarder (NS). I følgende avsnitt gjøres det kort rede for lovverk og forskrifter som ansees som relevante for oppgavens formål.

2.3.2 Plan og bygningsloven

Lov om planlegging og byggesaksbehandling (PBL) (§ 29-5) har formål om «å fremme bærekraftig utvikling til det beste for den enkelte, samfunnet og fremtidige generasjoner» (Plan- og bygningsloven, 2008). Loven stiller krav til at «ethvert tiltak skal prosjekteres og utføres slik at det ferdige tiltaket oppfyller krav til blant annet miljø, energi og bærekraftighet» (§ 29-5). Loven gjelder for hele landet og alle tiltak i tilknytning til fast eiendom. Dette inkluderer blant annet oppføring, riving og endring av eksisterende bygg (Plan- og bygningsloven, 2008).

Alle byggetiltak som skal oppføres i Norge og som er hjemlet i Plan og bygningsloven skal tilfredstille gitte minimumskrav, jamfør Byggeteknisk forskrift (TEK 17) (Direktoratet for byggkvalitet, 2017a). Selv om oppgaven tar for seg en konkret case som er fredet iht. Kulturminneloven, er det relevant å beskrive tiltak som er forankret gjennom PBL da både PBL og Kulturminneloven kan være gjeldende samtidig, da ikke alle forhold i PBL reguleres av kulturminneloven. For tiltak som omfattes av fredningsvedtak iht. Kulturminneloven, vil ifølge Riksantikvaren (Riksantikvaren Direktoratet for kulturminneforvaltning, 2020) Kulturminneloven ha forrang, men ved konflikter kan det søkes dispensasjon fra PBL. For fredete bygninger står det videre at det i praksis vil kreves tillatelser fra begge lovverk for å gjøre endringer. (Riksantikvaren Direktoratet for kulturminneforvaltning, 2020)

PBL består av en plandel og en byggesaksdel. Byggesaksdelen inneholder regler for byggesaksbehandling som utfylles av forskrifter, herunder byggeteknisk forskrift (TEK17), byggesaksforskriften (SAK10) og forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) jf. Figur 2.1.2 s. 19 . Alle privatpersoner eller aktører som ønsker å gjennomføre et byggetiltak er med andre ord pliktig å følge regler definert i plan- og bygningsloven samt overholde forskriftskrav iht. TEK og SAK10. Krav til omsetning av byggevarer reguleres iht. DOK, mens tekniske brukskrav for bygg reguleres i TEK.

2.3.3 Byggeteknisk forskrift

Dagens krav gis og reguleres av TEK 17, Byggeteknisk forskrift som trådte i kraft i 2017 og erstattet den tidligere TEK 10 (Kilvær et al., 2019) og forvaltes av direktoratet for byggekvalitet (Dibk).

Forskriften er funksjonsbasert, noe som betyr at kravene kan oppfylles med andre løsninger enn de som er definert i forskriften kan aksepteres, så lenge de oppfyller en gitt eller minimumsfunksjon. I tillegg definerte krav, gir forskriften også veiledning og anbefalinger til hvordan kravene kan oppnås gjennom pre-aksepterte løsninger der det blant annet henvises til løsninger/anvisninger fra Sintef Community (tidligere Sintef Byggforsk) som inneholder både informasjon for planleggere, bygningsdetaljer og prosjekteringsunderlag som overholder forskrifts- og lovverk. Sintef Community er et uavhengig forskningsinstitutt (SINTEF Community, u.å.), og tilgang på anvisningene kan fås gjennom kjøp av abonnent.

I henhold til forskriftens paragraf § 1-1. er formålet med forskriften å «sikre at tiltak planlegges, prosjekteres og utføres ut fra hensyn til god visuell kvalitet, universell utforming og slik at tiltaket oppfyller tekniske krav til sikkerhet, miljø, helse og energi.» (Direktoratet for byggkvalitet, 2017a). Temaene forskriften er ment å sikre, dekkes innunder forskriftens totalt 17 kapitler. For oppgavens formål er kapitlene som er vurdert som relevante:

- Kapittel 3: Produkter
- Kapittel 9: Ytre miljø
- Kapittel 14: Energi

I det følgende beskrives innhold i de nevnte kapitlene. Krav til omsetning av byggevarer reguleres iht. DOK og er beskrevet i samme avsnitt som tekniske krav for produkter og byggevarer regulert i TEK. Der innholdet i kapitlene ikke er vurdert som direkte relevant for oppgavens formål, er de utelatt.

TEK 17 kapittel 3: Produkter og Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)

Kapittel 3 definerer krav til dokumentasjon av produkter. Denne er nærmere beskrevet i forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter i byggverk (DOK) og er angitt som en egen forskrift innunder PBL. *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)* stiller krav til omsetning og dokumentasjon av produkter i byggverk, herunder byggevarer. Forskriften definerer i tillegg gjennom «Byggevareforordningen» regler for produkter som kan CE-merkes. For å sikre at en byggevare overholder minstekrav til helse, miljø og sikkerhet må varene CE-merkes. CE-merket i seg selv er ikke et kvalitetsstempel, men sier at produktet tilfredsstillende oppfyller minimumskrav til helse, miljø og sikkerhet, enten gjennom et direktiv fra myndighetene eller en forordning. (Standard Norge, 2019a). For at et produkt skal kunne omsettes skal produktet oppfylle visse kriterier og deklarerer (godkjennes).

Omsetning av byggevarer gjelder for produsent (selger) og til kunde (mottaker). For ombruksprodukter kan dette være en utfordring. CE-merket er i seg selv ikke et kvalitetsstempel, men innebærer at produktet tilfredsstillende oppfyller minstekrav til helse, miljø og sikkerhet. En forordning er per definisjon mer bindende enn et direktiv, i det at det ikke gir rom for omtolkning innad i de enkelte medlemsstatene i EU. (Europalov, u.å.). Byggevareforordningen er gitt under DOK. Forordningen er gitt av EU som Norge gjennom medlemskap av EØS-avtalen forplikter seg til å overholde.

Byggevevareforordningen stiller syv grunnleggende krav til byggverk. Av disse er det særlig tre krav som kan trekkes frem i et miljøperspektiv; 1) Hygiene, helse og miljø, 2) Energiøkonomisering og varmeisolering og 3) Bærekraftig bruk av naturressurser (Direktoratet for byggkvalitet, 2017b). Sistnevnte er (i skrivende stund) et nytt grunnleggende krav og produsenter av materialer er ikke pliktig å ta hensyn til dette før de harmoniserte tekniske beskrivelsene er revidert. DOK stiller krav til hvilke egenskaper som skal deklarerer for at et produkt skal kunne omsettes (SINTEF Byggforsk, 2014) og definerer regler for produkter som kan CE-merkes og krav til dokumentasjon for øvrige dokumenter.

Kapittel 9: Ytre miljø

Kravgrunnlaget for ytre miljø er gitt i Byggteknisk forskrift (TEK17), kapittel 9 og beskriver krav knyttet til materialbruk og avfallsmengder som oppstår ved bygg- og anleggsvirksomhet. Ifølge forskriftens § 9-1 skal kravene sikre at «byggverk prosjekteres, oppføres, driftes og rives ved minst mulig belastning på naturressurser og ytre miljø og at byggavfall håndteres tilsvarende» (Direktoratet for byggkvalitet, 2017a, § 9-1). Av relevante tema for oppgaven omfattet av dette kapitlet, er særlig bestemmelser knyttet til helse- og miljøfarlige stoffer i byggeprodukter og håndtering av byggavfall. Kapitlet tar også for seg regler knyttet til grunnforurensning, naturmangfold og partikkelutslipp fra vedovner. Som følger av oppgavens formål og omfang, er ikke disse videre diskutert. Spesifikke krav inkluderer krav til blant annet kartlegging, håndtering og sortering av byggavfall, håndtering av farlig avfall samt krav til miljøsaneringsbeskrivelse for eksisterende bygg.

Kapittel 14: Energi

Krav til energi og energiforbruk dekkes innunder kapittel 14. *Bygninger skal prosjekteres og utføres slik at det tilrettelegges for forsvarlig energibruk, jamfør § 14-1 (1)* (Direktoratet for byggkvalitet, 2017a). Jamfør veiledningen betyr forsvarlig energibruk lavt energibehov og miljøvennlig energiforsyning. Forskriften gir to muligheter for å oppfylle kravet, omtalt som rammekrav og minimumskrav, jamfør hhv § 14-1 og § 14-3. Alle bygninger, unntatt boligbygg og fritidsboliger skal i tillegg oppfylle de angitte minimumskravene i tillegg til rammekrav. Forskriften sier imidlertid at dersom minimumskravene ikke er forenelig med bevaring av kulturminner og antikvariske verdier, gjelder kravene så langt de passer jamfør punkt (5) § 14-1.

Rammekravet sier at netto energibehov, dvs. tilført energi til bygget, ikke skal overstige en gitt ramme definert i forskriften. For kontorbygg er rammekravet 115 kWh/m²år. Kravene gjelder også i utgangspunktet for tiltak i eksisterende bygg, men kommunen kan etter søknad gi unntak fra krav jf. plan- og bygningsloven (pbl) § 31-2, for eksempel dersom gevinsten ved tiltaket er marginal i forhold til kostnaden ved å utføre tiltaket. Dette gjelder blant annet ved rehabilitering. For påbygg, underbygg eller tilbygg gjelder kun kravene for den nye delen, og det vil være det samlede oppvarmede BRA for hele bygget som bestemmer hvilke energikrav som gjelder.

Kravoppnåelse ved bruk av minimumskrav setter krav til varmetap gjennom klimaskallet (U-verdi for yttervegg, tak, gulv på grunn samt vinduer og ytterdører) samt andelen luftutvekslinger per time (angitt som et lekkasjetall ved en trykkforskjell på 50 Pa mellom inne og ute). Minimumskravene er angitt i Tabell 2.3.1.

Tabell 2.3.1 Minimumskrav U-verdi og lekkasjetall iht. tabell (a), avsnitt 1, § 14-3 i TEK 17

Verdier	Minimumskrav TEK 17
U-verdi yttervegg	0,22 W/ m ² K
U-verdi tak	0,18 W/ m ² K
U-verdi gulv på grunn eller mot det fri	0,18 W/ m ² K
U-verdi vindu og dør inkludert karm/ramme	1,2 W/ m ² K
Lekkasjetall n50	1,5 1/h



Del 3: Metode

I dette kapitlet beskrives valg av forskningsdesign og metoder for å besvare oppgavens problemstilling. Metodene beskrives og sentrale forutsetninger for vurderingene redegjøres

3 Metode

I dette kapitlet beskrives valg av forskningsdesign og metoder for å besvare oppgavens problemstilling. Først i kapitlet redegjøres det for valg av overordnet forskningsdesign samt valg av enkelte metoder og hvordan disse skal kan besvare hhv. oppgavens problemstilling og konkrete forsknings spørsmål. Deretter beskrives fremgangsmåten for hver enkelt metode, hvilke sentrale forutsetninger som er lagt til grunn for arbeidet. Deler av metodekapitlet for klimagassberging tar utgangspunkt i teoretisk rammeverk for LCA og klimagassregnskap beskrevet i avsnitt 2.2.1: Livsløpsvurderinger og klimagassberging, s.21

3.1 Valg av forskningsdesign

Formålet med oppgaven var å vurdere bærekraftpotensialet fra ombruk av eksisterende bygningsmasse i forbindelse med rehabilitering av den tidligere amerikanske ambassaden sammenliknet med å rive og bygge nytt.

Forsknings spørsmålene som ble definert og som søkes besvart i oppgaven var:

- 1) Hvilke konsekvenser har fredningen hatt for de planlagte rehabiliteringstiltakene med hensyn til materialbruk og energi?
- 2) Hva er klimagassutslippet ved å bevare og rehabiliterer bygget i Henrik Ibsens gate 48 sammenliknet med riving og nybygg?

Forskningsdesignet omfatter tre metodologiske innfallsvinkler:

- 1) Litteraturstudie
- 2) Casestudie
- 3) Klimagassberegninger

Litteraturstudien danner grunnlaget for diskusjon av det teoretiske rammeverket som resultatene fra klimagassberegningene er drøftet ut fra. Hensikten er å knytte problemstillingen til sentrale funn i eksisterende forskning. Først ble det gjennomført konkrete litteratursøk med bestemte søkeord via et utvalg søkemotorer. Det ble også tatt kontakt med Sintef Byggforsk for informasjon om relevant litteratur, og veileder og biveileder ga innspill til aktuell litteratur. Deretter ble «snøballmetoden», dvs. sjekk av kilder i identifisert litteratur benyttet. Dette ble valgt fremfor et mer omfattende systematisk søk for å spare tid, men likevel redusere usikkerheten ved kildene, i den forstand at allerede eksisterende troverdige kilder, har høy sannsynlighet for å sitere andre troverdige kilder. Litteraturstudien er ment å gi et overblikk over fagfeltet og fagmiljøet, og kontrollere for eventuelle ulike oppfatninger, og kunnskapshull innen fagfeltet. Utover litteratursøkene ble det foretatt en gjennomgang av utvalgte klimagassrapporter omtalt i den identifiserte litteraturen. Den primære hensikten med gjennomgangen var å analysere hvilke forutsetninger og begrunnelser som ble brukt for de ulike beregningene i rapporter antatt å være sammenliknbare i formål og omfang med oppgavens beregninger. Litteraturstudien er også ment å si noe om begrensninger knyttet til valg av metoder.

Casestudien omfatter rehabiliteringen av den tidligere amerikanske ambassaden i Oslo rehabilitering av et modernistisk bygg fra sent 1959. Forfatteren fikk informasjon om prosjektet som deltidsansatt ved Link Arkitekter, Team Bærekraft som har en rådgivende rolle knyttet til energi- og ventilasjon i prosjektet. I likhet med andre fredede bygg gjelder særskilte krav for bevaring av bygningen som kan påvirke at dagens tekniske krav (TEK17), eller at krav i denne ikke kommer til full anvendelse. Ambisjonen i rehabiliteringsprosjektet er å oppgradere bygget til et moderne flerfunksjonelt

kontorbygg. Detaljert dokumentanalyse og kontakt med prosjektaktører og annen ekstern kompetanse ble gjennomført for å skaffe en forståelse av prosjektet, identifisere relevante og sentrale renoveringstiltak og konsekvenser av disse og for å trekke ut og tilordne verdier knyttet til gjennomføringen av klimagassberegningene.

Klimagassberegningene er utført iht. NS 3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger (Standard Norge, 2018) der klimapåvirkningen vurderes med utgangspunkt i potensialet for global oppvarming (GWP) som er en av flere miljøindikatorer som kan si noe om et byggs miljøprestasjon. Programmet One Click LCA ble benyttet som beregningsverktøy. Ambassadebygget antas med hovedfunksjon som kontorbygg. Tekniske kvaliteter er redegjort for under casestudien. De inkluderte delmodulene i beregningen er valgt ut fra tilgang på informasjon og som følger av hensikten med oppgaven og klimagassberegningen.

3.2 Litteraturstudie

Det ble utført et litteratursøk for utvalgte hovedtemaer vurdert som relevant for oppgavens formål. Først ble det gjennomført søk med bestemte søkeord på overordnede temaer som:

- LCA og klimagassberegninger
- Rehabilitering av verneverdige bygninger
- Energieffektivisering av verneverdige bygninger
- Klima og miljø i bygg

Søkene ble utført i perioden januar-april 2020. Søkemotorer som ble brukt var Google Scholar, Web of Science og Oria. Søkeord som ble brukt var:

- LCA AND
- Refurbishment
- refurbishment LCA
- listed building LCA
- CO2e
- Klimagassregnskap
- Klimagassberegning
- Rehabilitering
- LCA bygg
- Bærekraft og bygningsvern

Ulike sammensetninger for «søkeord» AND/OR «søkeord» ble brukt for å avgrense søket.

Standardverk for NS 15978:2012 og NS 3720:2018 ble brukt som metodisk rammeverk for gjennomføring av klimagassberegningene i studien. Standardene var tilgjengelig gjennom bedriftsabonnement som ansatt ved Link arkitektur. I tillegg til litteratursøk ble en forespørsel til Sintef Community gjennomført og forfatteren ble gjort oppmerksom på en samlende rapport om klimagasskrav til materialbruk i bygninger, ZEN-24-rapporten (Kjendseth Wiik et al., 2020), som ble publisert i juli. Rapporten inneholdt blant annet funn fra gjennomførte Futurebuilt forbildeprosjekter. Med bakgrunn i funn i ZEN 24 rapporten, ble det derfor gjennomført et manuelt søk på Futurebuilt.no sin portal for forbildeprosjekter avgrenset til «rehabilitering» og «kontorbygg» som grunnlag for erfaringer med allerede utført rehabiliteringsprosjekter for bygg definert med samme funksjon som bygget i Henrik Ibsens gate 48 som case i denne studien. På Futurebuilt sin nettside (FutureBuilt, 2020a) under arbeidet med litteraturstudiet ble det funnet at av de totalt 57 prosjektene utgjorde det i perioden søket ble foretatt, 13 kontorbygg. Alle disse var lokalisert på Østlandet og 9 i Oslo. Av de totalt 13 kontorbyggene utgjorde 6 rehabiliteringsprosjekter, i større eller mindre grad. Hvert av de seks prosjektene ble gjennomgått for å se på sammenhengen mellom oppgitte tiltak og resultat fra

klimagassregnskapene utført i prosjektene. Gjennomgang av funnene og utvalgt teori på fagfeltet er redegjort for i kapittel 2: Diskusjon av rammebetingelser.

3.3 Casestudie

I forbindelse med masteroppgaven er det benyttet en enkelt casestudie basert på den pågående rehabiliteringen av den tidligere amerikanske ambassaden i Oslo. Casestudien danner grunnlag for en kvalitativ tilnærming for besvarelse av forskningsspørsmål 1. I tillegg danner datainnsamlingen grunnlaget for valg av inngangsparametere og antakelser for en teoretisk klimagassberegning for besvarelse av forskningsspørsmål 2. Formålet med casestudien var derfor todelt. Sentrale vurderinger og valg i forbindelse med klimagassregnskapet er beskrevet i påfølgende avsnitt 0 Klimagassberegninger, s. 36 .

Casestudien bestod av dokumentanalyser, samtaler med involverte prosjektdeltakere og eksterne aktører i tillegg til befarings på byggeplass i samråd med prosjektleder Erik Fuglseth. I forbindelse med forskningsspørsmål 1 har datainnsamlingen primært vært dokumentanalyse og observasjon ved befarings. I forbindelse med forskningsspørsmål 2 har det i tillegg blitt utført 5 samtaler med prosjektdeltakere og mailutveksling med eksterne aktører, primært for å utdype innholdet i dokumentunderlaget. Datainnsamlingen ble utført i perioden januar- juni 2020. I påfølgende avsnitte beskrives fremgangsmåten og sentrale vurderinger som ble gjort i forbindelse med dokumentanalysen og samtaler med aktører.

3.3.1 Dokumentanalyse

Dokumentene ble analysert med bakgrunn i en kvalitativ tilnærming som handler om at forskeren registrerer og tolker meningsinnholdet med bakgrunn i hva som er relevant for problemstillingen. Dokumentanalysen bestod av en systematisk gjennomgang av relevant dokumentasjon gjort tilgjengelig gjennom internt prosjekthotell for det pågående rehabiliteringsprosjektet. I tillegg ble ekstern dokumentasjon vedrørende fredningsvedtak fra Riksantikvarens nettside brukt.

Tilgangen til prosjekthotellet i Dalux, et online prosjektoppfølgingsverktøy, ble gitt av prosjektleder for rehabiliteringen, Erik Fuglseth. En fordel med tilgang på prosjekthotellet var at alle dokumenter i prosjektet var samlet ett sted. Dette gjorde at innsamlingsarbeidet i hovedsak bestod i å vurdere type dokument og innhold i utvalgte dokumenter. En ulempe var at omfanget av dokumenter som følger av prosjektets omfang både i tid og involverte aktører var svært omfattende. Som følger ble mye tid brukt på å gjøre seg kjent med prosjektet, mappestrukturen og innholdet i prosjekthotellet før det ble hentet ut relevant dokumentunderlag som kunne svare på forskningsspørsmålene.

Det ble gjennomgått en rekke dokumenter tilgjengelig i Dalux i april til juni 2020 for å finne de som var relevante for oppgavens problemstilling. Dokumentunderlaget som vurdert som relevant bestod av interne prosjektdokumentasjon som historisk tekstdokumentasjon og plantegninger, prosjekteringsunderlag som tegninger og detaljer i PDF-format, bygningsmodeller i IFC-format samt notater og rapporter fra involverte rådgivende funksjoner i prosjektet. Møtereferater fra prosjekt- og prosjekteringsmøter ble også gjennomgått. Innholdet i prosjekthotellet er et «levende» mappesystem der eventuelle nye og revidert dokumentasjon kan erstatte tidligere. Utvalget av de relevante dokumentene ble derfor notert og lagret i egen mappe på pc-en av hensyn til grad av etterprøvbarehet og for å være konsekvent i valg av hvilket underlag som ble brukt.

For å vurdere innholdet i de utvalgte dokumentene ble dokumentene kategorisert med bakgrunn i følgende spørsmål:

- 1) Sier dokumentet noe om bakgrunnen for fredningen av ambassaden?
- 2) Sier dokumentene noe om rehabiliteringstiltak, vurderinger/beregninger/simuleringer knyttet til tiltakene?

- 3) Hva inneholder tegningsunderlaget?
- 4) Hva er de relevante dokumentene i forbindelse med rehabiliteringsprosjektet for å kartlegge de mest sentrale tiltakene mht. klimagassutslipp og miljø?

Dataunderlaget ble delt i to:

- 1) underlag for kvalitative vurderinger (forskningsspørsmål 1)
- 2) underlag for klimagassberegninger (forskningsspørsmål 2)

Alt tegningsunderlag fra eksisterende og prosjektert løsning ble innledningsvis gjennomgått for forståelse av prosjektet og for å kartlegge hovedstørrelser (areal og volum) samt hovedfunksjoner.

Med hensyn til klimagassberegninger, ble tegningsunderlag samt tilgjengelige detaljer gjennomgått grundigere og fungerte sammen med informasjon fra tilgjengelige BIM-modeller som underlag for mengdeberegninger og materialantakelser for både eksisterende og ny løsning. Bruk av tegningsunderlag og informasjon fra prosjektet er avklart med respektive opphavspersoner/firma og gjengitt etter tillatelse. For å omforene mengder fra casestudie med mengder brukt i klimagassberegningen, er det valgt å presentere resultatene sortert etter bygningsdeler iht. bygningsdelstabellen (Standard Norge, 2019c) og navngiving på samme måte som i klimagassregnskap for materialer.

Programvaren Solibri Office ble brukt for å lese innholdet i IFC-filene. Lisens for programvaren ble gjort tilgjengelig gjennom ansettelse i Link Arkitekter. Siden prosjektet inneholdt tre ulike BIM-modeller med informasjon fordelt i ulike faser av prosjektet, ble det vurdert hensiktsmessig å foreta mengdeuttak fra alle modeller fordelt på de ulike fasene. Sammen med gjennomgått tegningsunderlag dannet dette hovedgrunnlaget for informasjon om materialtyper og sammensetninger, planlagte bevarte, revede og nye mengder. Overordnet er innholdet i gjennomgåtte dokumenter vurdert og delt inn etter hvilke konsekvenser det har for hhv materialstrømmer i forbindelse med oppgraderingen, hensyn til energi og hensyn til fredning. Gjennomgåtte dokumenter og vurderinger av relevans i forhold til problemstilling og forskningsspørsmål er gitt i vedlegg 1.

3.3.2 Samtaler og befaring ved bygget

Det ble utført totalt 5 informative samtaler med prosjektaktører samt mailutveksling med eksterne aktører i forbindelse med fasade- og vindusrenoveringen i prosjektet. Tilgang på kontaktinfo for prosjektdeltakere var tilgjengelig via prosjektmappe og avklart i samarbeid med biveileder Arne Førland Larsen og prosjektleder for rehabiliteringen, Erik Fuglseth. Videre kontakt med andre aktører ble avklart gjennom prosjektleder. Alle samtaler ble initiert av forfatter og foretatt via Teams og Skype i perioden mars-juni 2020, med unntak av samtale ved befaring, 20.mai 2020.

Hensikten med samtalene med prosjektdeltakere var todelt: Den ene var å danne en helhetlig forståelse av prosjektet samt forståelse for innholdet i dokumentunderlaget. Dette ble anvendt både i den innledende fasen og videre kontakt etter hvert som arbeidet med datainnsamlingen pågikk. En samtaleoversikt er gitt i Vedlegg- 2.

Utover primærkontaktene ble det gjennomført mailkorrespondanse med henholdsvis transportselskapet ansvarlig for transport av vinduer samt entreprenør for rivearbeider i prosjektet. Informasjon om eksisterende materialer er basert på informasjon innsamlet gjennom dokumentanalysen og samtaler med involverte aktører i rehabiliteringsprosjektet.

Referat av alle utførte samtaler ble skrevet ned og transkribert samme dag som samtalene tok sted. Hensikten med samtalene var hovedsakelig å få en helhetlig forståelse av prosjektet og innholdet i den gjennomgåtte dokumentasjonen. I tillegg var hensikten å utdype eventuelle spørsmål knyttet til

innholdet i de gjennomgåtte dokumentene. Som følger ble innholdet i samtalen ikke vurdert som videre sensitivt eller som gjengivelsesgrunnlag direkte i forbindelse med resultatene i oppgaven. Skriftlig bekreftelse på gjengivelse av informasjon ble gitt av alle de kontaktede aktørene. Det ble ikke vurdert nødvendig med bekreftelse på innhold i transkriberte samtaler fordi innholdet utdyper innholdet i øvrig prosjektdokumentasjon. I forbindelse med prinsipp om etterprøvbarehet og samtykkevurdering ble dette vurdert som mindre relevant å ta med i oppgaven.

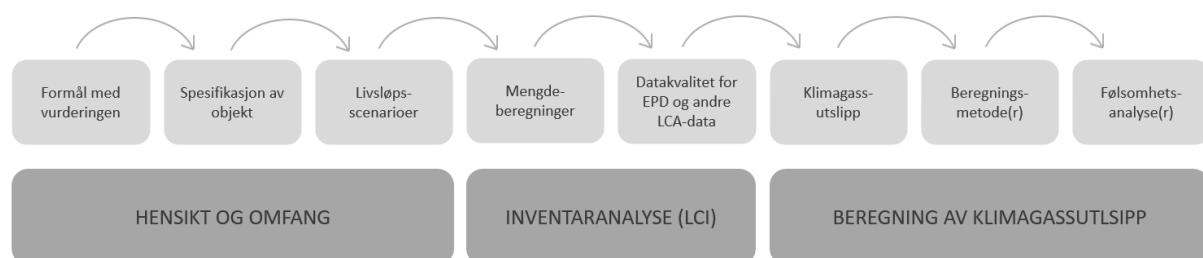
3.4 Klimagassberegninger

Hensikten med klimagassberegningen er å svare på forskningsspørsmål 2 og vurdere klimagassutslippet som teoretisk kan oppnås ved å bevare og rehabilitere det eksisterende ambassadebygget sammenliknet med å rive og bygge nytt. Som følger av formålet med beregningen er det utført en klimagassberegning for to bygningsmodeller som inkluderer utslipp fra materialbruk og energibruk i drift jamfør omfang beskrevet i avsnitt **Feil! Fant ikke referanseilden., s. Feil! Bokmerke er ikke definert..**

Dette avsnittet beskriver først den metodiske tilnærmingen og fremgangsmåten som ble valgt for å utføre klimagassberegningen og vurderinger i de ulike analysefasene. Deretter er valg av sentrale forutsetninger og inndata for klimagassberegningen nærmere beskrevet. Bakgrunn for vurderinger i forbindelse med valg av omfanget av beregningen og forutsetninger for inngangsparametere for både material- og energiregnskapet er gjort med bakgrunn i casestudien presentert i kapittel 4: Presentasjon av case, s.45 og kapittel **Feil! Fant ikke referanseilden.: Feil! Fant ikke referanseilden., s. Feil! Bokmerke er ikke definert..** Metodisk tilnærming til casestudien er presentert i foregående kapittel 3.3: Casestudie, s. 34

3.4.1 Arbeidsprosess

Arbeidsprosessen for klimagassberegningen i forbindelse med funn gjort i løpet av datainnsamlingen ble tatt med utgangspunkt i det teoretiske rammeverket for LCA og klimagassberegninger beskrevet i kapittel 2: Rammebetingelser og NS 3720:2018. Arbeidet med klimagassberegningen følger i hovedsak beregningsprosedyren beskrevet i NS 3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger (Standard Norge, 2018) illustrert i Figur 3.4.1.



Figur 3.4.1 Trinnvis prosedyre og delprosesser for en klimagassberegning og tilhørende LCA-terminologi. Fritt gjengitt etter Figur 1., s. 7 i NS 3720: 2018 (Simonen, 2014; Standard Norge, 2018)

Øverst i figuren vises trinnene i en klimagassberegning iht. NS 3720, mens trinnene nederst i figuren relaterer til generelle faser for gjennomføring av en LCA-analyse, gjengitt etter egne tilordning basert på gjennomgått LCA-litteratur. I trinn 1 beskrives først hensikten med og omfanget av vurderingen først. Relatert til gjennomføringen av en klimagassberegning, inkluderer dette en beskrivelse av formålet med vurderingen, spesifisering av objekt(er) eller bygningsmodeller og livsløpsscenarioer.

Når trinn 1 er definert, må det samles inn informasjon om mengder og data anvendt til beregningen. Dette steget defineres i LCA-metodikk som inventaranalyse, forkortet «LCI» fra engelske Life Cycle Inventory analysis. Dette utgjør trinn 2 i beregningen, og omfatter også vurderinger omkring datakvalitet, valg av EPD-er eller andre LCA-data for regnskapet.

Trinn 3 omfatter gjennomføringen av beregningen, valg av beregningsmetoder og verktøy og følsomhetsanalyser for den utførte beregningen.

De stiplede pilene illustrerer den iterative sammenhengen mellom de ulike trinnene i klimagassbergingen. Sammenhengen betyr at det i noen tilfeller vil derfor kunne være nødvendig å redefinere valg som er gjort i foregående trinn basert på informasjon eller tilgjengelige data i senere trinn. For eksempel vil formålet med vurderingen definert i trinn 1 påvirke hvilke mengder som inkluderes i beregningen.

3.4.2 Sentrale inndata og forutsetninger

Klimagassbergingen er utført med følgende programmer:

- Beregningsprogrammet One Click LCA med basis i regnskap for NS 3720:2018
- Simien energiberegningsprogram brukt for egne beregninger av energiforsyning til rehabilitert bygg evaluert mot rammekrav for kontorbygg TEK 17 (se vedlegg – 4)
- Egne beregninger av klimagassutslipp fra energi (B6) for alle beregningsalternativer i Microsoft Excel
- Egne beregninger av utslipp fra transport av renoverte vinduer og dører til og fra byggeplass i Microsoft Excel

Ser «Programliste» s. 9 for nærmere beskrivelse av programmene.

Resultatene fra beregningen inkluderer klimagassutslipp fra:

- A1-A3 Materialer: Utvinning av råmaterialer (A1), transport til produksjonssted (A2) samt produksjon av ferdig produkt (A3)
- A4 Transport av produkt fra produksjonssted til byggeplass
- A5 Konstruksjon
- B4-B5 Utskiftning: Utslipp fra prosesser knyttet til materialer (A1-A4) i forbindelse med utskiftning (B4) og renovering (B5) i løpet av driftsfasen til bygget
- B6 Energibruk i drift basert på netto beregnet levert energi som antas konstant over hele byggets levetid
- C1-C4 Endt livsløp: Riving (C1), Transport av revede masser (C2), Avfallsbehandling (C3) og avfall til sluttbehandling (C4)

Og er utført for to alternativer: Alternativ 1: Bevare og rehabilitere og Alternativ 2: Riving og nybygg

Alternativ 1: Bevare og rehabilitere

Bygningsmodellen som danner grunnlag for alternativ 1 bygger på resultater fra casestudien og inkluderer utslipp fra materialer fra nye materialer i forbindelse med rehabiliteringen (A1-A5, B4-B5 og C1-C4), gjenstående levetid for bevarte materialer (B4-B5 og C1-C4) og transport og avhending av revede materialer (tilordnes A5). Egne beregninger for utslipp fra energibruk i drift (B6) er basert på beregnet energiforsyning basert på bygningsmodell og Simien-fil tilgjengelig gjennom prosjekthotellet og tilpasset energiscenarioene i studien. Prinsipp for tilordning av utslipp til delmoduler og år for utslipp for alternativ 1 vist i Figur 3.4.2.

Delmoduler (år)	Bevarte materialer	Revede materialer	Nye materialer	Sum utslipp fra alle prosesser
A1-A3 Materialer (år 0-1)			x	x
A4 Transport (år 0-1)			x	x
A5 Konstruksjon (år 0-1)		x	x	x
B4-B5 Utskiftning (varierer)	x		x	x
C1-C4 Endt livsløp (år 60)	x		x	x

Figur 3.4.2 Prinsipp for tilordning av utslipp til delmoduler og år for utslipp for bergningsalternativ 1: Bevare og rehabilitere

Alternativ 2: Riving og nybygg

Bygningsmodellen som danner grunnlag for nybygget i alternativ 2 er generert ved hjelp av referansebygg-funksjonene «Carbon Designer» i beregningsprogrammet OneClick LCA. Nybygget skal i utgangspunktet tilsvare et teoretisk nybygg i betongramme basert på standard materialsammensetninger og tekniske kvaliteter iht. TEK 17 uten videre hensyn til materialer og energibruk. I forbindelse med følsomhetsanalyse for materialer, ble det i studien likevel utført to beregninger for nybygget; en for generiske data og en for optimerte data for å sikre samsvar mellom sammenlikning mot generisk og optimert beregning for rehabilitert bygg. Materialmengder og energiforsyning til referansebygget er automatisk modellert i OneClick LCA ved bruk av tidligfasemodulen «Carbon designer». Materialmengder er tilpasset det prosjekterte bygget iht. kriterier for tilpasset referansebygg etter definisjonen gitt av Futurebuilt v 1.0 (se vedlegg – 3)

Bygningsmodellen som danner grunnlag for det eksisterende bygget som antas revet inkludert i alternativ 2 inneholder mengder og materialer i det eksisterende bygget i Henrik Ibsens gate 48 før rehabilitering. Alternativ 2 inkluderer utslipp fra materialbruk i forbindelse med oppføring, drift og avhending av et nytt funksjonelt ekvivalent kontorbygg som det rehabiliterte prosjekterte bygget (A1-A5, B4-B5 og C1-C4) og kapp, svinn og bort-transportering av revede materialer i forbindelse med riving av det eksisterende bygget (tilordnet delmodul A5). Prinsipp for tilordning av utslipp til delmoduler og år for utslipp for beregningsalternativ 2 er vist i Figur 3.4.2.

Delmoduler (år)	Nye materialer	Rive eksisterende bygg	Sum utslipp fra alle prosesser
A1-A3 Materialer (år 0-1)	x		x
A4 Transport (år 0-1)	x		x
A5 Konstruksjon (år 0-1)	x	x	x
B4-B5 Utskiftning (varierer)	x		x
C1-C4 Endt livsløp (år 60)	x		x

Figur 3.4.3 Prinsipp for tilordning av utslipp til delmoduler og år for utslipp for bergningsalternativ 2: Riving og nybygg

Funksjonell ekvivalent

Sammenlikning av resultater skal ifølge standarden kun gjøres på grunnlag av objektenes funksjonelle ekvivalent. Den funksjonelle ekvivalenten er ifølge NS 3720 en kvantifisering av de tekniske egenskapene og funksjonene som kreves for objektet (Standard Norge, 2018). Dette innebærer med andre ord at bygningsmodellene forutsetter samme funksjonelle og tekniske kvaliteter.

For klimagassregnskapet i denne oppgaven er den funksjonelle ekvivalenten definert som et 5783 m² (BTA) 5-etasjes kontorbygg med energiforsyning til bygget definert for følgende to energiscenarier:

- Energiscenario a) Varmepumpe som dekker 60 % av oppvarming og 40 % dekkes av elektrisitet, øvrig dekkes av elektrisk eller
- Energiscenario b) 100 % av varmebehovet dekkes av fjernvarme.

Det forutsettes et totalt oppvarmet bruksareal på 5355 m².

Om valg av nybygg som referansebygg

Det er mange valg og sammensetninger som kan gjøre for et standard TEK 17 kontorbygg. Siden nybygget er antatt som en teoretisk og fiktiv referanse, og ikke et reelt nybygg, foreligger det ingen prosjektert løsning for dette beregningsalternativet. Valg av referansebygg ble derfor vurdert med utgangspunkt i hensikten med analysen gitt i oppgavens problemstilling og med tilgjengelig «beste praksis»-løsninger basert på gjennomgått litteratur. Valg av referansebygg påvirker resultatene for sammenlikning direkte. I den gjennomgåtte litteraturen er det mye som beskrives om valg av

referanse. Det er derfor valgt å benytte standard tilpasset referansebygg iht. definisjonen gitt av Futurebuilt v1.0.

NS3720 definerer ingen retningslinjer om hvilke materialer og energiløsninger som er representative for en standard byggemetode. I One Click LCA er det definert ulike materialsammensetninger for ulike bygningstyper avhengig av om det velges en sammenlikning mot TEK 17 eller Passivhusstandard. Tilsvarende er det for energibruk definert en standard sammensetning av energiforsyning som avhenger av valg av omfang for beregningen. Valg av referansebygg er basert på Futurebuilt's definisjon på «tilpasset referansebygg» v 1.0 og retningslinjer gitt i NS 3720:2018 – Metode for klimagassberegninger for bygg.

Det ble opprettet et referansebygg ved hjelp av beregningsverktøyet One Click LCA Norge NS 3720, hvor Norsk referansebygg v2019.1 er tilgjengelig som default-valg i verktøyets tidligfasemodul Carbon Designer. Referansebygget er antatt med bæresystem i betong, har samme mengder som prosjektert bygg og generisk materialsammensetning basert på «standard materialbruk» uten miljøkrav (bransjereferanser). Optimert beregning antar samme CO2 faktorer som for alternativ 1: Rehabilitering bygg.

Sammenlikning av prosjektert bygg med skoeske-referanse kan fange opp virkningen av volumutforming og materialvalg. Med andre ord, dersom det prosjekterte bygget er mindre kompakt enn en skoeske, vil mengden materialer til bygningskroppen øke. Sammenlikning av prosjektert bygg med tilpasset referanse kan fange opp virkningen av valg av andre materialer.

I mengdeunderlaget for prosjektert (rehabilitering) bygg skilles det mellom nye og eksisterende komponenter. For referansebygget er disse summert for å representere det prosjekterte bygget. Referansebygget inkluderer alle relevante bygningsdeler. Materialvalg og materialsammensetning for referansebygget er valgt med bakgrunn i inndata for et automatisk opprettet referansebygg («skoeske»-referanse) ved bruk av «Carbon designer» i One Click LCA. Skoeske-referanse er brukt som underlag for at tilpasset referanse skal representere standard materialsammensetning jf. begrunnelse over.

3.4.3 Mengdeberegninger og inndata i One Click LCA

Mengdeberegninger inkluderer beregning av materialmengder og beregnet forbruk av energi per år for begge beregningsalternativer. To IFC-filer fra ARK og en fra RIB tilgjengelig gjennom prosjekthotell, er brukt som hovedgrunnlag for beregninger av bygningsmaterialer på 2-siffernivå iht. NS3451. For å eksportere materialmengder fra IFC-filene ble «Information Take Off»-funksjonen i Solibri Office anvendt. Mengdene ble deretter gjennomgått systematisk og store hovedmengder samt gulv- og himlingsarealer ble kontrollert opp mot tegningsunderlag i PDF-format for å redusere grad av usikkerhet i forbindelse med kartleggingen av materialmengdene. Tegningsunderlaget som ble gjennomgått bestod av fasadetegninger, riveplaner, bevaringsplaner og himlingsplaner. Tilgjengelige detaljunderlag ble brukt som beregning av delkomponenter i forbindelse med nye bygningsdeler og etterisolering av eksisterende bygningsdeler i forbindelse med beregningsalternativ 1: Bevare og rehabilitering.

Standarden NS 3720 «Metode for klimagassberegninger for bygninger» tilsier at «produkter som inngår i små mengder i bygget kan utelates». Innenfor hver bygningsdel i henhold til bygningsdelstabellen, på to-siffernivå, skal totalt utelatte elementer ikke overskride 5 vektprosent av bygningsdelens totale vekt. I mengdeberegningene er derfor små og ukjente komponenter fra IFC-filene fjernet. Dette er gjort både for å unngå å registrere feil og for å redusere unødvendig bruk av tid til mengder som har liten total påvirkning på beregningsresultatet. Dette gjaldt små og ukjente materialmengder som ved en skjønnsmessig vurdering antas godt under bygningsdelens vektprosentgrense på 5%.

For å kunne utføre beregningene er data importert fra Solibri via Excel og deretter sortert etter nivå og bygningsdeler i Excel. For å redusere antall rader med mengdedata ble mengder summert på bygningsdelsnivå og etter typer for hver bygningsdel. Etter at mengdene var sortert, ble de lastet opp vha. import-funksjon i One Click LCA. For å benytte denne funksjonen, ble det lastet opp en import-fil fra onecliklca.com som leser inndata inn i programmet. Eksempel på sorterte mengder på formatet til importfilen for eksisterende bygg er vist i Figur 3.4.4. Tilsvarende sortering ble gjort i forbindelse med alle materialdata som inngår i beregningene.

Bærende	CLASS	NAME	MATERIAL	QUANTITY	QTY_TYPE	COMPOSITE	THICKNESS_MM	AREA_M2	COMMENTS
	Wall	Grunnmur mot det fri i kjeller	plasstøpt betong	57,80	m3		350,00	265	Grunnmur mot det fri i kjeller (U1), 350 mm ørskalle
	Wall	Yttervegg under grunn mot plasstøpt betong		68,30	m3		325,00	210	Yttervegg under grunn mot nord, 250 mm betong + 7
	Wall	Yttervegg kjeller mot sør-øst	plasstøpt betong	39,90	m3			117	Yttervegg kjeller mot sør-øst og sør-vest over grunn,
	Wall	Yttervegg 1.-4. etasje	plasstøpt betong	258,00	m3			861	Yttervegg 1.-4. etasje inkluderer prefabrikerte fast
	Wall	Bærende innvegger: 200 g plasstøpt betong		370,00	m3			1375	Bærende innvegger: 200 g og 100 mm
	Slab	Etasjeskille 1.-4. etasje	plasstøpt betong	1097,00	m3			4219	Etasjeskille 1.-4. etasje
	Slab	Gulv på grunn med antratt + plasstøpt betong		470,00	m3			1365	Gulv på grunn med antratt sålefundament
	Column	Betongsøyler i kjeller	plasstøpt betong	1,92	m3			-	Betongsøyler i kjeller
	Beam	Betongsøyler under dekke	plasstøpt betong	168,40	m3			-	Betongsøyler under dekker
	Roof	Yttertak inkluderer plasstøpt betong		187,00	m3			935	Yttertak inkluderer plasstøpte betongdekker, betong
	Roof	Tak over kjeller mot det fri	plasstøpt betong	510,00	m2		350,00	510	Tak over kjeller mot det fri, ca. 350 mm betong
	Roof	Overheng over atrium, gipsplatt betong		120,00	m2			120	Overheng over atrium, ca. 100 mm betong og 20
Ikke bærende	Window	Vinduer i U1	vindu	63,00	m2			63	Vinduer i U1
	Window	Vinduer plan 01-04	vindu	1079,00	m2			1079	Vinduer plan 01-04
	Door	Eksternende stender	ytstender	113,00	m2			113	Eksternende stender
	Wall	1/2-stens teglvegger i søre registein		11,60	m3			19	1/2-stens teglvegger i søre
	Wall	Isolert stenderverk, beregnet stenderverk isolert		2905,00	m2			2905	Isolert stenderverk, beregnet snitt 120 mm
	Wall	Sjoporevegger, beregnet snitt	Sjopore	1020,00	m2			1020	Sjoporevegger, beregnet snitt 150 mm
	Wall	317 stk. eksisterende innvendige innvoller		661,00	m2			661	317 stk. eksisterende innvendige, varierende typer
	Ceiling	Himlinger U1-4. etasje: 14% treullesement		686,00	m2			686	Himlinger U1-4. etasje: 14% 100mm treullesementh
	Ceiling	Himlinger U1-4. etasje: 3% gips/himling		139,00	m2			139	Himlinger U1-4. etasje: 3% 10mm Fast gips/himling
	Ceiling	Himlinger U1-4. etasje: 44% Rabbinspus		2165,00	m2			2165	Himlinger U1-4. etasje: 44% Rabbinspus
	Ceiling	Himlinger U1-4. etasje: 37% systemhimling		1796,00	m2			1796	Himlinger U1-4. etasje: 37% Systemhimling 600x600
	Ceiling	Himlinger U1-4. etasje: 2% systemhimling metall		96,00	m2			96	Himlinger U1-4. etasje: 2% Systemhimling metall
	Ceiling	Himling over atrium av støpte pusselementer inkludert		108,00	m2			108	Himling over atrium av støpte pusselementer inkludert
	Floor	Gulvbellegg gulv på grunn: 13 faststøpt betong		434,54	m2			435	Gulvbellegg gulv på grunn: 13% faststøpt betong
	Floor	Gulvbellegg gulv på grunn: 1 linoleum		433,16	m2			433	Gulvbellegg gulv på grunn: 1% linoleum
	Floor	Gulvbellegg gulv på grunn: 1 vinyl		213,62	m2			214	Gulvbellegg gulv på grunn: 1% vinyl
	Floor	Gulvbellegg gulv på grunn: 4 teppegulv		190,64	m2			190	Gulvbellegg gulv på grunn: 4% teppe
	Floor	Gulvbellegg gulv på grunn: 4 terazzo		61,27	m2			61	Gulvbellegg gulv på grunn: 4% terazzo
	Floor	Gulvbellegg gulv på grunn: 3 fliser		43,87	m2			44	Gulvbellegg gulv på grunn: 3% fliser
	Floor	Gulvbellegg 1.-4. etasje: 41% teppegulv		1425,00	m2			1425	Gulvbellegg 1.-4. etasje: 41% teppe
	Floor	Gulvbellegg 1.-4. etasje: 28% vinyl		973,00	m2			973	Gulvbellegg 1.-4. etasje: 28% vinyl
	Floor	Gulvbellegg 1.-4. etasje: 17% linoleum		591,00	m2			591	Gulvbellegg 1.-4. etasje: 17% linoleum
	Floor	Gulvbellegg 1.-4. etasje: 9% fliser		313,00	m2			313	Gulvbellegg 1.-4. etasje: 9% fliser
	Floor	Gulvbellegg 1.-4. etasje: 3,8% travertin		125,00	m2			125	Gulvbellegg 1.-4. etasje: 3,8% travertin (helt i 1. etg)
	Floor	Gulvbellegg 1.-4. etasje: 1,4% siltp betong		49,00	m2			49	Gulvbellegg 1.-4. etasje: 1,4% siltp betong
	Stair	Innvendige trapper U1-05, plasstøpt betong		22,00	m3			188	Innvendige trapper U1-05, estimert
	Balddakin	Utvendige balddakiner ved f plasstøpt betong		93,00	m2			93	Utvendige balddakiner ved hovedinngang i nord, og
	Balddakin	Utvendig rampe og trapp i plasstøpt betong		36,00	m2			128	Utvendig rampe og trapp inkludert dekke, ca. 200 m

Figur 3.4.4 Sortering av materialmengder for eksisterende bygg

For alle komponentene som utgjør bygningsmaterialene i beregningen, lastes mengdene opp i hvert enkelt «Design» som er opprettet i programmet. Et eksempel på dette er vist i Figur 3.4.5.

▼ Designfase: 6 design							
Parametere							
+ Legg til et design							
Compare data							
Verktøy							
Verktøy	Enhet	2 - Nybygg skoeske	2 - Eksisterende byg	2 - Rehabilert_Nye	2 - Nybygg tilpasset	2 - Rehabilert_Bev	2 - Rehabilert_Rev
Klimagassutslipp, NS 3720	kg CO ₂ e	5 634 867	2 179 896	Tast inn data	5 586 476	1 803 233	Tast inn data

Figur 3.4.5 Opprettelse av design i OneClick LCA, egen beregning

Øverst i figuren vises eksempler på ulike design. For hvert av de tre beregningsalternativene ble det opprettet en «baseline»-design som definert som «generisk». Generiske design innebærer generiske verdier for materialbruk og automatisk tilordnede transportbetingelser i OneClick LCA. Deretter ble designene kopiert for å sikre at mengdene samsvarer, og variasjoner i valg av materialer og transportavstander ble gjort for med bakgrunn i produktspesifikke og/eller optimerte materialer samt produktspesifikke transportavstander, definert som «optimert» alternativ. Optimert alternativ inneholder blant annet transport av ombrukte vinduer og dører i forbindelse med rehabiliteringen basert på produktspesifikke transportbetingelser. For å sammenlikne utslipp fra materialer forbundet med begge beregningsalternativer, ble det opprettet totalt 7 «design» i One Click LCA; fire for Beregningsalternativ 1 og tre for alternativ 2. Årsaken til dette var å hente ut resultater fra de ulike utslippspostene forbundet med begge beregningsalternativer. Figur 3.4.6 viser innholdet og variasjoner som ble gjort for de ulike designene:

Beregningsalternativ 1: (4 design)

Generisk	Design 4: bevarte materialer	+ Design 5: revede materialer	+ Design 6: nye materialer generisk
Optimert	Design 4: bevarte materialer	+ Design 5: revede materialer	+ Design 7: nye materialer optimert
Beregningsalternativ 2: (3 design)			
Generisk	Design 1: eksisterende bygg rives	+ design: 2 nybygg generisk	
Optimert	Design 1: eksisterende bygg rives	+ design: 3 nybygg optimert	

Figur 3.4.6 Innholdet og variasjoner i design for de to beregningsalternativene definert i OneClick LCA

Materialene innenfor samme bygningsdel slås sammen og tildeles bygningsdelen i henhold til NS 3451 «Bygningsdelstabell». I henhold til NS 3720:2018 skal utslippene fra en aktivitet tilordnes den informasjonsmodulen (A1-C4) der aktiviteten forekommer (Standard Norge, 2018). Dette innebærer med andre ord at utslipp fra de ulike designene må tildeles en bestemt tid. For hvert design ble det opprettet en resultatfil fra programmet som ble eksportert til Excel. I Excel ble mengder for de respektive delmodulene sortert og summert før videre bearbeiding for fremstilling.

Valg av bygningsmaterialer

One Click LCA håndterer ikke kompositter automatisk og kompositter er derfor behandlet manuelt etter opplasting i programmet. Dette gjaldt en liten andel av bygningsdelene, kun nye innervegger, gulvbelegg og himlinger. For eksempel vil en innervegg i betong bestående av flere lag ulike materialer, legges inn kun som betong. Valg av materialer og dataunderlag påvirker utslipp fra produksjon- og byggefase (A1-A3), A4 (transport), i driftsfasen for B4-B5 (utskiftning og vedlikehold) og etter endt levetid for C2-C4 (transport av revede masser og avfallshåndtering).

For eksisterende materialer planlagt for bevaring er kun utslipp knyttet til gjenværende levetid, dvs. delmodul B4-B5 og C1-C4 inkludert. Utslipp forbundet med delmodul A1-A4 er allerede gjort og representerer dermed reduksjonspotensialet for bundne klimagassutslipp ved bevaringen. For eksisterende materialer planlagt for riving i forbindelse med rehabiliteringen, er kun utslipp for transport av revede masser og avfallsbehandling tilknyttet år 0 (i dag) inkludert. Avfallsbehandlingen er basert på automatisk tilegnede antakelser i One Click LCA. For å bergene utslipp forbundet med riveprosessen, ble det standardverdier i OneClick brukt.

Det finnes ikke EPD-er eller annen miljødata for eksisterende, eldre materialer brukt i ambassadebygget. Det er derfor valgt å benytte materialer på data nivå 2 (generiske materialer) for alle eksisterende materialer der dette var tilgjengelig. For noen materialgrupper slik som linoleum og teppegulv ble det brukt produktspesifikke som følger av manglende generiske data. Valg av data påvirker kun resultater for utslipp fra transport av revede masser og avfallsbehandlingen ved endt levetid. Transportutslippene påvirkes av vekten til de ulike komponentene/byggevarene som rives, som igjen påvirkes av tettheten til de valgte bygningsmaterialene. Valg av tetthet vil derfor påvirke transportutslippene.

Antakelser for nye materialer i forbindelse med rehabiliteringen ble det gjort med bakgrunn i informasjon fra IFC-modell og detaljunderlag gjennomgått i casestudien. Det ble gjennomført en mengdeberging blant annet basert på materialer fra råbyggsentreprise og detalj for etterisolering av fasade. Dette gjelder for isolasjonsmaterialer og plastprodukter i forbindelse med innvendig etterisolering av fasader. For øvrige materialer er det som følger av manglende datagrunnlag i løpet av datainnsamlingsperioden funnet tilsvarende produkter fra databasen i One Click LCA. Materialer i forbindelse med nybygget, er for generisk beregning antatt med utgangspunkt i automatiske

genererte materialsammensetninger fra One Click LCA. For optimert beregning er det brukt samme CO2 faktor (A1-A3) for begge beregnings alternativene.

Etter at alle materialer er lagt inn i respektive design i One Click LCA, er transportavstand og levetider tilordnet. Øvrige valg av produkter og EPD-er er gjort med bakgrunn i detaljer fra prosjekt der disse var tilgjengelig og innhentet, og for øvrig basert på materialer med lav klimapåvirkning vurdert som lik eller bedre enn anbefalinger fra Grønn materialguide og Dibks minimumsverdier. Levetiden er hentet fra materialets EPD. Transportavstand fra leverandør til byggeplass (A4) er generelt anslått vha. Google Maps, og for vinduer og dører er informasjon fra transportselskap og samtale med prosjektaktører brukt. I de fleste tilfellene er leverandør ukjent, og derfor antatt med utgangspunkt i et produkt innenfor samme materialgruppe.

Energiregnskap

Beregnet klimagassutslipp fra energibruk i drift (B6) er utført for de to beregningsalternativene med bakgrunn i beregnet netto levert energi. Samlet netto energibehov til byggene dekker termisk energibehov (romoppvarming, ventilasjonsvarme- og kjøling og varmtvann) og el-spesifikt energibehov (vifter, pumper, belysning og teknisk utstyr). Det er utført to alternative scenarier for energiforsyning:

- Scenario a) Varmepumpe dekker 60 % av termisk energibruk og resten dekkes av direkte el. Øvrig el dekkes av el.
- Scenario b) Fjernvarme

Energiberegninger og sentrale inndata for beregningen er gitt i Vedlegg - 4

3.4.4 Følsomhetsanalyser

En følsomhetsanalyse i forbindelse med gjennomføringen av en klimagassberegning er ifølge standard NS 3720:2018 en «*Systematisk fremgangsmåte for å beskrive og/eller beregne effekten av variasjoner i inngangsdata på sluttresultatet av analysen*» og skal gjennomføres for å avdekke troverdighet eller robustheten i de vurderingene og datakvaliteten (Standard Norge, 2018, s.5).

En kvalitativ vurdering av omfanget for beregningen ble gjort med bakgrunn i følgende spørsmål:

- 1) Er det samsvar mellom formål med vurderingen og de definerte systemgrensene?
- 2) Er det samsvar mellom scenarioene på bygningsnivå og produktnivå?

Videre er effekten av valg av ulike inndata for materialer og transport av materialer til byggeplass, samt valg av CO2 faktor for elektrisitetsforsyning og fjernvarme beregnet.

Følsomhetsanalysene for materialer inkluderer variasjon i data for materialbruk og transport og forholder seg til de to beregningsalternativene som følger:

Generisk beregning: Inkluderer i hovedsak generiske verdier for materialer (noen av materialene er som følger av manglende generiske data valg som produktspesifikke) og automatiske tilordnede transportbetingelser i OneClick LCA. Beregningen er gjort for begge beregningsalternativer.

Optimert beregning: Inkluderer materialer med lav klimapåvirkning for de største materialgruppene med samme betingelser for alternativ 1 og 2. Resultatene fra optimert beregning for alternativ 1: Bevare og rehabiliterer inkluderer i tillegg produktspesifikke transportbetingelser og prosjektspesifikke

transportavstander for ombrukte vinduer og dører. Det er ikke foretatt noen endringer i transportbetingelser for nybygget.

Følsomhetsanalysene for energibruk er utført for følgende variasjoner:

VP NO+EU 28	Forutsetter beregnet netto levert energi for alternativ 1: 133,3 kWh/m ² år og for alternativ 2: 97,7 kWh/m ² med CO 2 faktor for el: 0,1300 kg CO ₂ e/kWh
Fjernvarme NO+EU 28	Forutsetter beregnet netto levert energi for alternativ 1: 168,1 kWh/m ² år og for alternativ 2: 110,3 kWh/m ² med CO 2 faktor for el: 0,1300 kg CO ₂ e/kWh og for fjernvarme, Oslo: 0,0138 kg CO ₂ e/kWh
VP NO	Forutsetter beregnet netto levert energi for alternativ 1: 133,3 kWh/m ² år og for alternativ 2: 97,7 kWh/m ² med CO 2 faktor for el: 0,0123 kg CO ₂ e/kWh
Fjernvarme NO	Forutsetter beregnet netto levert energi for alternativ 1: 168,1 kWh/m ² år og for alternativ 2: 110,3 kWh/m ² med CO 2 faktor for el: 0,0123 kg CO ₂ e/kWh og for fjernvarme, Oslo: 0,0138 kg CO ₂ e/kWh

Del 4: Bygningen i Henrik Ibsens gate 48

Dette kapitlet presenterer casen som forskningsspørsmålene er utarbeidet fra. Først i kapitlet presenteres bygget, historien og bakgrunnen for dagens fredningsstatus. Deretter presenteres dagens rehabiliteringsprosjekt som danner grunnlag for videre besvarelse av forskningsspørsmålene. Tegningsunderlag presentert i dette kapitlet er utarbeidet av Lundhagem arkitekter og Atelier Oslo i forbindelse med rehabiliteringen og gjengitt etter tillatelse.

4 Presentasjon av case

I dette kapitlet presenteres bakgrunn for vurderinger bygningen i Henrik Ibsens gate 48. Først i kapitlet beskrives bygningen, historien og bakgrunn for fredningsvedtaket. Deretter beskrives dagens rehabiliteringsprosjekt med beskrivelse av tiltenkte nye funksjoner og romprogram, omfang av fredning og sentrale rehabiliteringstiltak.

4.1 Bygningen og historien

Bygningen Henrik Ibsens Gate 48 i Oslo ligger på en triangulær tomt i sentrum av Oslo med hovedinngang vendt mot Slottsparken mot nord, Nasjonalteateret og Karl Johan mot sørøst, Vika terrasse mot sørvest og Aker Brygge mot sør. Figur 4.1.1 viser byggets plassering og tomteavgrønsing i sentrum av Oslo. Figur 4.1.2 viser Ambassadens nord-fasade fra byggeår 1957.



Figur 4.1.1 Byggets plassering i Henrik Ibsens gate 48, Oslo. Egenprodusert



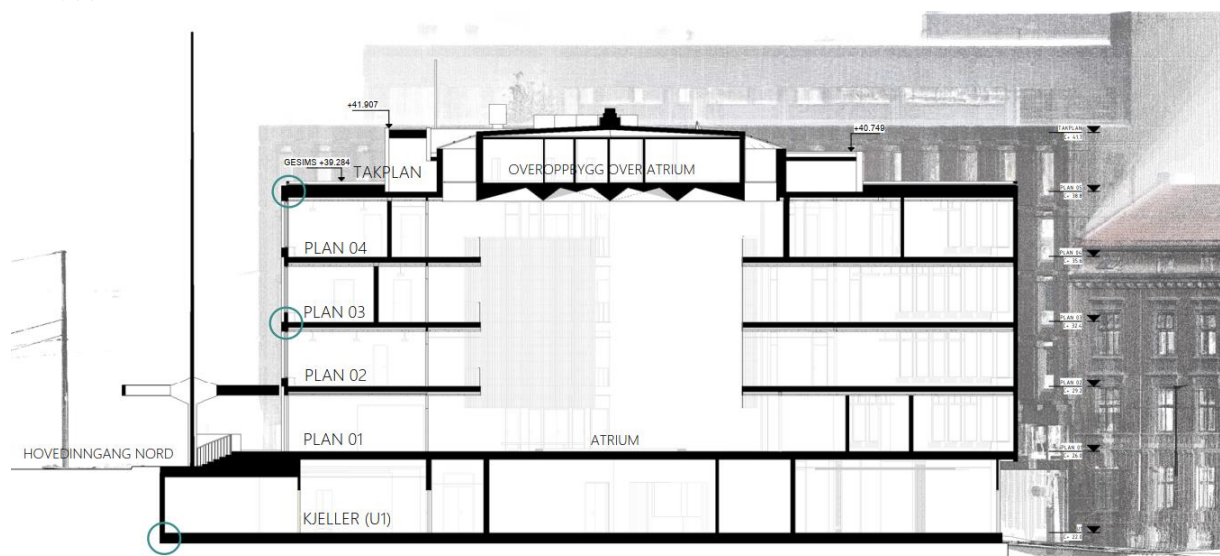
Figur 4.1.2 Ambassadens Nord-fasade fra byggeår i 1959, sett fra Slottsparken. Kilde: historiske bilder prosjektdokumentasjon, gjengitt etter tillatelse

Bygningen ble bestilt av amerikanske myndigheter på slutten av 50-tallet for å huse amerikanske ambassadører i Norge. Myndighetene ga oppdraget til den finsk-amerikanske arkitekten Eero Saarinen (1910 – 1961) som sammen med de norske arkitektene John Engh (1915-1996) og Henrik Kiær (1898-1978) realiserte prosjektet som stod klart til overtakelse juni 1959. Byggeprosjektet som startet i 1957 ble betalt av den norske stat med bakgrunn i kreditt som Norge mottok av USA etter andre verdenskrig, mens den norske stat overtok Drammensveien 2 som opprinnelig var tiltenkt ambassadebygget og i amerikanske myndigheters eie.

Den trekantede utformingen av tomta ga utgangspunkt for byggets geometri, en likebeint trekantform med tre fasader på hhv 58,5 og 2*46,3 meter. Eiendommens areal er på nesten 1 932,5 m² og nær fullt ut utbygd over og under terreng med en grunnflate på tilnærmet 1500 m² som gir en utnyttelsesgrad på ca. 80 %. Totalt eksisterende bruttoareal er tilnærmet 5783 m² (BTA). Alle tre fasader er bygget opp rundt en gjentakende struktur bestående av fasadeelementer i prefabrikkert og norskprodusert betong og tilsatt svart, pusset labradorstein. Uttrykket var ment å gi et spill i fasaden som variere med daglyset gjennom dagen. De rette, tydelige linjene og snittet krevde stor presisjon, og elementene ble slipt for hånd. For hvert betongelement er det plassert et vindu bestående av tolags isolerglassruter med hvitmalte fururammer og karmen i teak. Til sammen utgjør de totalt 577 vinduene et glassareal på hele 1079 m² og bidrar til det arkitektoniske spillet mellom lys og mørke og arkitektens ønske om at bygget skulle være et bygg i «Kjole og hvitt. Det skal være kledd slik man vil opptre om man skal representere sitt land korrekt (...)» Arkitekt Eero Saarinen til Byggekunst nr.5 1959 (Byantikvaren Oslo Kommune & Riksantikvaren, 2018).

4.2 Eksisterende konstruksjon

Bygget er fundamentert direkte på fjell, med antatte sålefundament og gulv på grunn. Hovedbelastningen føres ned i sjaktvegger og delvis i byggets fasade. En søylerad i kjelleren av plasstøpte betongsøyler bærer en kontinuerlig plasstøpt betongbjelke. Deler av grunnmuren mot nord står under grunn og over grunn i hellende terreng mot sør-vest og sør-øst. Taket består av dekker i betong, isolert med trefiberisolasjon og utvendig teknet med et asfaltbelegg av bitumen. Byggets trekantede form gir tre fasader, med hovedfasade og inngangsparti mot nord. Figur 4.2.1 viser et snitt av bygget sett mot øst.



Figur 4.2.1 Snitt mot øst, eksisterende løsning. Eget tilvirk etter snitt produsert av Lund Hagem Arkitekter og Atelier Oslo

Snittet viser byggets totalt fem etasjer inkludert et takoppbygg med overlys over et atrium som strekker seg fra byggets første til fjerde plan. Den eksisterende kjelleren utgjør byggets grunnmur

delvis over og under grunn. Hovedinngangen mot Henrik Ibsens gate i nord (til venstre i Figur 4.2.1) rammes inn av en utkraget baldakin i hvitmalt armert betong som hviler på en sort stålsøyle. To utkragede, men mindre baldakiner er også plassert på byggets øst- og vestsida og markerer henholdsvis inngangen til det tidligere auditoriet og biblioteket for besøkende fra Hansteens gate i øst og tidligere konsulatavdeling fra Løkkeveien i vest (Byantikvaren Oslo Kommune & Riksantikvaren, 2018).

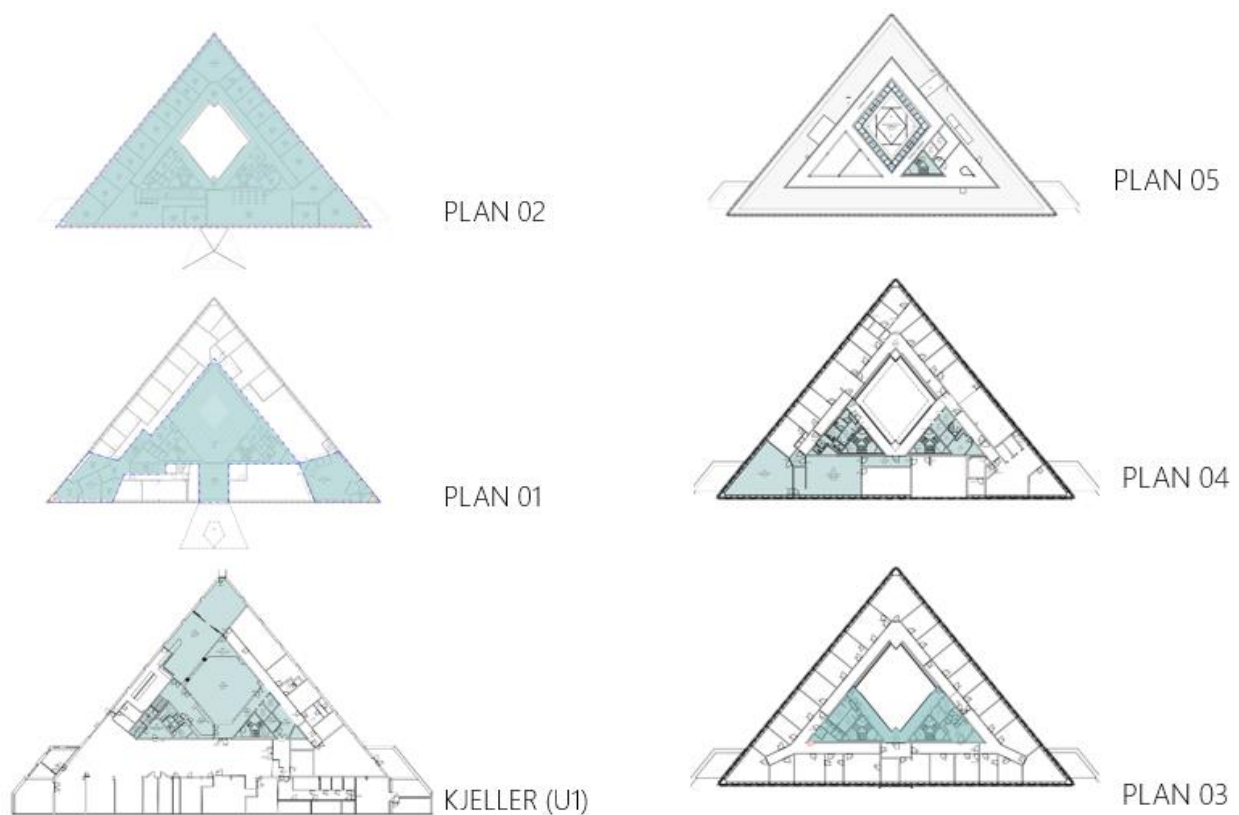
4.3 Fredningsvedtak og omfang

I 2018 ble den bygningen fredet etter hjemmel i kulturminneloven. Ambassaden er ifølge fredningsdokumentasjon fra riksantikvaren et *«hovedmonument i norsk etterkrigsmodernisme, et sentralt verk i arkitekten Eero Saarinens virke og et arkitektonisk viktig bygg i det amerikanske ambassadebyggeriet etter andre verdenskrig»* s. 9 (Byantikvaren Oslo Kommune & Riksantikvaren, 2018). Bygningen representerer en modernistisk arkitektur og ble fredet etter kulturminneloven den 20. juni 2018 med formål om å *«sikre og bevare den tidligere amerikanske ambassaden som et kulturminne med høye arkitektoniske og kulturhistoriske verdier»* (Riksantikvaren, u.å.).

I prosjektdokumentasjonen gjennomgått i casestudien blir ambassaden omtalt som et av de viktigste historiske byggene fra epoken sent 1950- tidlig 1960 tallet, både i norsk og internasjonal sammenheng. Fredningsvedtaket medfører særskilt krav for bevaring av bygningen, nedfelt i fredningsbestemmelser. Dette kan i noen tilfeller føre til at dagens tekniske krav (TEK17) ikke kommer til full anvendelse, ettersom fredningen overstyrer denne. Ambisjonen er uansett ifølge dokumentet å oppgradere bygget til et topp standard kontorbygg, som i følge dokumentasjonen *«både kombinerer dagens tekniske kvalitetskrav og bygger videre på arkitektur og interiør i et kvalitetsnivå som gjenspeiler det ypperste i stil og atmosfære fra epoken bygget ble oppført»*.

Fredningen av ambassaden omfatter blant annet bærende konstruksjoner, fasader og vinduer, store deler av interiør og nesten 40 % av de eksisterende arealene. Av hovedelementer som er omfattet av fredningsvedtaket er byggets hovedkonstruksjonen i betong, fasadeelementer og alle vinduer i fasaden bestående av tolags glass og trekarmer i furu. I tillegg er bygningsdeler som vinduer, dører, radiatorkasser, gerikter og listverk og større deler av andre innvendige overflater også omfattet av vedtaket.

Figur 4.3.1 viser fredede arealer markert med blått fra og med kjeller til og med deler av takoppbygg på plan 5.



Figur 4.3.1 Fredede arealer i ambassadebygget fra underetasje (U1) tom. takplan 05 markert med blått. Eget tilvirke etter tegningsunderlag for fredede arealer i prosjekt

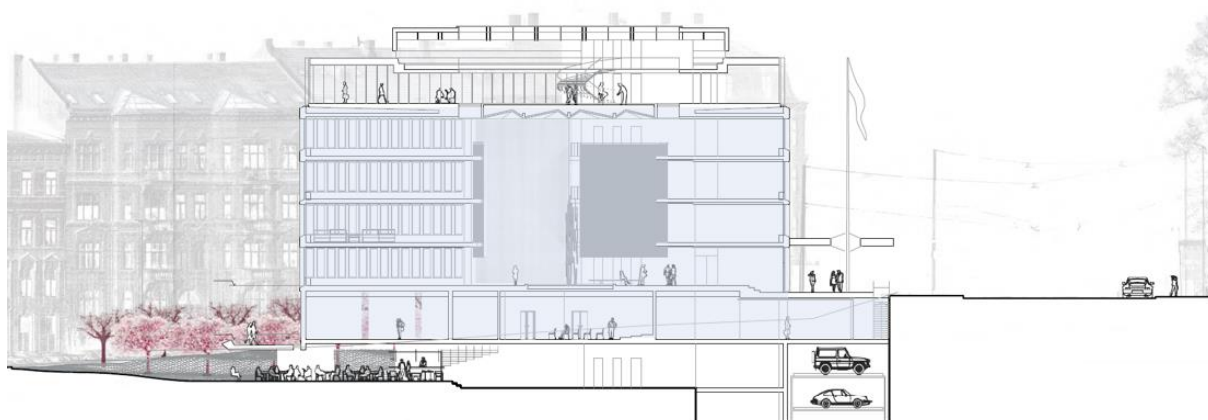
Plantegningen for fredede arealer viser at i tillegg til byggets to trapperom og heissjakt, skal auditoriet i og deler av kantine i kjelleren bevares. Kjernen i første etasje består av en hall på nesten 125 m² med et basseng i midten og er åpent helt opp til byggets fjerde plan. Hallen danner sentrumet av bygget og er omkranset av hvitmalt teglsteingsvegger på to sider, og spiler i messing som skal bevares. I første etasje skal i tillegg de tre inngangspartiene fra nord, øst og vest bevares. Kjernen inkluderer i tillegg toaletter og trapperom som gjentas i de øvrige etasjene og bærende kjernevegger av betong. Andre etasje består hovedsakelig av cellekontorer, og disse er i hovedsak planlagt bevart. Deler av innerveggene skal imidlertid rives, men strukturen skal i hovedsak bevares. I andre etasje ligger også bibliotek med blant annet reoler i teak og struktur som skal bevares. Med unntak av trapperommene omfatter ikke fredningen cellekontorene i tredje etasje. I fjerde etasje ligger ambassadørens tidligere hovedkontor i den ene hjørnespissen mot øst som skal bevare i sin helhet. I takoppbygget er det antatt pusselementer i betong og glasstak som fører lyset ned i den store åpne hallen.

4.4 Pågående rehabilitering

Som ambassadefunksjon siden slutten av 50-tallet har bygningen vært stengt av på grunn av høye sikkerhetshensyn. I 2017 ble bygningen kjøpt opp av HIG48 AS som er et heleid datterselskap av eiendomsselskapet Fredensborg AS i forbindelse med flyttingen av den amerikanske ambassaden til nye lokaler på Huseby. Byggets funksjon som ambassade side slutten av 50-tallet skal erstattes med ny bruk og deler av bygget skal igjen åpnes for offentligheten.

I forbindelse med overtakelsen, ble det utlyst en arkitektkonkurranse for rehabilitering av det eksisterende bygget. Blant de fem forslagene som var med i konkurransen, ble arkitektene Lund Hagem sammen med Atelier Oslo valgt med videre med det endelige vinnerprosjektet. Oppstartsfasen av rehabiliteringsprosjektet startet i 2018. Prosjektet utløste krav i PBL om evaluering fra byantikvaren. Prosjektleder gjennom Fokus Rådgivning ble engasjert og dialog med byantikvar og Plan og bygningsetaten gikk i gang høsten 2018. Forslaget fra arkitekten ble i samråd med byggherre og byantikvar videreutviklet til det som i dag foreligger som prosjektunderlag. Under arbeidet med denne oppgaven er prosjektet inne i prosjekteringsfasen, med forventet oppstart av rehabilitering i løpet av sommermånedene 2020.

I forbindelse med oppkjøpt av tomta skal byggherre benytte bygget hovedsakelig som hovedkontor for egen virksomhet, men også næringsvirksomhet og utleielokaler i forbindelse med utleie av kontorer, areal avsatt til blant annet restaurant og bar i tillegg til å bevare de eksisterende fredede arealene. Figur 4.4.1 viser forslag til ny løsning, med eksisterende bygg markert blått og tilbygg over og under.



Figur 4.4.1 Snitt viser ny løsning med eksisterende bygg fra kjeller-4. plan og tilbygg over og under eksisterende bygg. Tegning utarbeidet av Lund Hagem Arkitekter og Atelier Oslo ifm.

4.4.1 Romprogram og nye funksjoner

Planlagte nye funksjoner og omfang av fredning i det eksisterende bygget er basert på gjennomlesing av dokumenter og plantegninger. Planlagte nye funksjoner og tilhørende bruttoarealer (BTA) er vist i Tabell 4.4.1.

Tabell 4.4.1 Bruttoareal og funksjoner per etasje, gjengitt etter tabell i prosjektpresentasjon

Etasje/ Formål [m ² BTA]		Kontor	Felles	Lager	Forretning	Servering	Parkeri ng	Teknisk	Annet*	Sum [m ²]
U2	Tilbygg	0	292	74	94	470	825	746	802	3303
U1	Eksisterende	0	423	0	0	192	37	164	883	1699
1	Eksisterende	382	434	0	0	183	0	24	86	1109
2	Eksisterende	779	198	0	0	0	0	24	0	1001
3	Eksisterende	806	170	0	0	0	0	24	0	1000
4	Eksisterende	807	170	0	0	0	0	24	0	1001
5	Tilbygg	0	83	0	0	964	0	4	0	1051
6	Tilbygg	0	33	0	0	399	0	4	0	436
Sum [m ²]		2774	1803	74	94	2208	862	1014	1771	10600
Andel av totalt BTA [%]		26,2	17,0	0,7	0,9	20,8	8,1	9,6	16,7	

Tabellen viser andelen av de ulike funksjonene, med hovedfunksjoner som kontor på ca. 26 % av totalt BTA, servering ca. 21 % av totalt BTA og øvrige funksjoner som konferanser, utstillingslokaler, konserter og tilsvarende. Kjelleren i U1 er blant annet planlagt for fellesarealer, servering, parkering, tekniske rom og andre funksjoner. Fredningen i kjelleren omfatter trapperom, eksisterende kantine og auditorium i midten av bygget. Området som har vært kantine skal omgjøres til kafeteria/lounge, mens et større kjøkken etableres mot nord. Første etasje planlegges hovedsakelig som kontorer og fellesarealer og noe servering i tillegg til tekniske rom. Planlagte funksjoner i andre til fjerde etasje er hovedsakelig kontorer, co-working og fellesarealer. Hele andre etasjen bestående hovedsakelig av cellekontorer som er omfattet av fredningen. I andre etasje ligger det i tillegg et eksisterende bibliotek med originale bokhyller kledd i teakfiner og originale dører. På grunn av brannhensyn og behov for rømningsveier fra 5.plan, skal det i forbindelse med etablering av tilbygg under eksisterende og ny etasje på tak, etableres en ny trapp og heis ved den vestre hjørnespissen.

4.4.2 Sentrale rehabiliteringstiltak

Tre hovedtiltak for oppgradering og rehabilitering utpeker seg som særlig relevante i forbindelse med problemstillingen i oppgaven og danner grunnlag for vurderinger og resultatene som fremkommer i studien. Tiltakene er som følger:

- Ombruk av bærekonstruksjon og fasaderehabilitering med renovering av 970 m² betongfasade
- Ombruk av 577 vinduer der karmene skal bevares og glassene skiftes ut. Eksisterende vinduer utgjør et totalt vindusareal 1079 m²
- Energioppgradering av bygningskropp bla. innvendig etterisolering av yttervegger og nye glass i vinduer jf. renovering av eksisterende vinduer

Ombruk av bærekonstruksjon og fasaderehabilitering

Sentrale funn fra dokumentanalyse og samtale med fasadeentreprenør er at det som følger av fredningsvedtaket et mål å ombruke alle elementene i fasaden. Som følger av korrosjon på eksisterende armering, kunne det imidlertid opplyses om at det er skader på noen av elementene. Omfanget av skadene var i løpet av arbeidet med oppgaven ukjent. Ifølge konstruksjonsnotatet «Utskiftning av fasadeelementer» må skadede elementer skjæres fri, og forankringsjern må kappes. Avhengig av valg av metode, begrunner forfatterne av notatet at alle elementer som skjæres fri vil bli skadet og må erstattes med nye elementer. Fasadeentreprenør kunne anslå at omkring to-tre elementer er så skadet at hele elementet må erstattes av replikaer. Utover disse må samtlige øvrige elementer trolig erstattes totalt som følger av ødeleggelse under reparasjonene. Det er uvisst hvilket omfang ødeleggelsene vil ha, og grad av reproduksjon av eksisterende elementer avhenger av ødeleggelse i rehabiliteringsfasen. Reparasjonen av fasaden gjøres in-situ fra stillas der hvert enkelt fasadeelement repareres etter behov. Ifølge fasadenotat skal utbedringen foregå mekanisk. Armeringen skal frimeisles og blåses. Ifølge entreprenøren vil stålet som erstatter ødelagt stål i eksisterende elementer, vil være standard armeringsstål. Fasaderehabiliteringen med de utprøvde metodene er ifølge samtale med fasadeentreprenør Skaara ikke utført før.

Ifølge fasadenotat vurderes det om alle fasadeelementer skal slipes ned for å fjerne rester etter eldre overflatebehandling som ble gjort i 2001. Under samtale med fasadeentreprenør poengteres det at dette trolig vil bli en tidkrevende og derfor også kostbar jobb. Under befaring ved bygget ble prosjektleder spurt om hva som ble ansett som en sannsynlig løsning dersom fasaden ikke var fredet. På spørsmålet om det var mulig å alternativt rive fasaden og bevare eksisterende dekker som bærende konstruksjon, mente prosjektleder det trolig ville være vanskelig å gjennomføre på grunn av at fasader er forankret i dekker som trolig ville blitt ødelagte under en slik prosess. På grunnlag av fasadens tilstand kunne prosjektleder ved befaring opplyse at dersom fasaden ikke var fredet, ville det trolig vært aktuelt å rive denne på grunn av skadeomfang og kostnader

Ombruk av vinduskarmer

Av Miljøkartleggingsrapporten fremkommer det de eksisterende vinduene hovedsakelig er datert til 60-tallet, mens samtlige ruter er blitt skiftet ut i senere tid. Eksisterende glass skal ifølge detaljunderlag og prinsippnotat for bygningsfysikk erstattes med nye tre-lags ruter av hensyn til energikvaliteten og vinduets U-verdi. For nye vinduer vil minstekrav på U-verdi gjelde iht. TEK 17.

Ifølge entreprenør for renovering av vinduer- og dører skal de eksisterende furukarmene og teakelementene, inkludert kobberbeslag så langt det går pusses opp og tilbakeføres til opprinnelig stand. Arbeidet med renoveringen foregår ifølge entreprenør på fabrikk i Estland, og innebærer at alle eksisterende vinduer fraktes dit før de igjen fraktes tilbake for innvendige montering i Ambassaden.

27 av vinduene ble i sin tid ble kappet for å gjøre rom for kanalstrekker for ventilasjon og skal trolig erstattes av replikaer. Replikaene vil på samme måte som de renoverte vinduene produseres i Estland.



Figur 4.4.2 Eksisterende vinduer i prosjekt. Eget foto ette befaring 20. mai 2020

Vindusrenoveringen er ifølge Skaara (Entreprenør 1) en atypisk måte å renovere vinduer på og dette er ikke blitt gjort før.



Del 5: Resultater

I dette kapitlet presenteres først funn fra casestudie med bakgrunn i dokumentanalysen, samtaler og befaring ved ambassaden. Deretter presenteres beregningsresultater fra klimagassberegningen. Resultater fra litteratursøk er presentert i kapittel 2: Rammebetingelser, s. 16

5 Resultater

Dette kapitlet presenterer resultater fra casestudien og klimagassregnskapet som grunnlag for besvarelse av forskningsspørsmålene gitt i oppgaven.

5.1 Dokumentanalyse og samtaler

Et av de to forskningsspørsmålene definert i oppgaven er hvilke konsekvenser fredningen har hatt for de planlagte rehabiliteringstiltakene med hensyn til ombruk, materialbruk og energi. Resultatene presentert i dette avsnittet er produsert med bakgrunn i funn gjort i casestudien som bestod gjennomførte dokumentanalyser, samtaler med prosjektaktører, samt befarig ved bygget den 20.mai 2020. Tilnærming til de ulike metodene er nærmere beskrevet i metodekapittel 3, avsnitt 3.3: Casestudie. En presentasjon av casen er gitt i kapittel 4, s. 45.

5.1.1 Grad av ombruk og konsekvenser for materialbruk

Ombrukskartlegging av bærende- og ikke bærende komponenter fra det eksisterende bygget er vist i hhv. Tabell 5.1.1 og Tabell 5.1.2. Informasjon om bygningsdelene og mengder er basert på mengdeuttak av bruttomengder fra IFC-modell i Solibri Office og supplert med egne beregninger med bakgrunn i plantegninger for eksisterende bygg og informasjon i øvrige gjennomgåtte dokumenter og samtaler med prosjektaktører. Resultatene er sortert på 2-siffernivå iht. NS 3451 «Bygningsdelstabell» og viser mengder planlagt enten for bevaring (grønn), delvis bevaring (gul) eller avhending (rød). Med delvis bevaring, menes bygningsdeler som dels skal rives, dels skal bevares eller demonteres for ombruk med eller uten mellomlagring.

Resultatene (Tabell 5.1.1) viser at alle konstruktive vegger hovedsakelig skal bevares som følger av hensyn til fredning. Bærende komponenter av en betong inkludert yttervegger, dekker, søyle- og bjelkesystem og bærevegger i betong samt yttertak over kjeller og over 4. etasje inkludert et overoppbygg over atrium utgjør en beregnet masse på omkring 1785 m³ betong eller et samlet volum på estimerte 7786 tonn betong og 335 tonn stål. Av disse utgjør fasaden som består av 290 prefabrikkerte prefab-elementer inkludert hjørnesøyler og gesims ca. 258 m³ betong eller ca. 619 betong og 258 tonn armering. Gulv på grunn utgjør omkring 470 m³ betong og skal som følger av tilbygg under eksisterende bygg i det reelle prosjektet rives og erstattes med nytt dekke. Videre skal grunnmuren i kjellere delvis bevares som følger av noe utmeisling av betong på grunn av etablering av nye rømningsveier. Yttertaket mot det fri over ca. 870 m² består av estimerte 448,8 tonn betong og skal også bevares, men deler av takbelegg skal erstattes som følger av ny toppetasje. Tak over kjeller skal bevares og etterisoleres og takoppbygg på 6. plan skal i hovedsak bevares, men det settes inn nye vinduer som overlys.

Tabell 5.1.1 Ombrukskartlegging av eksisterende bygningsdeler og tilhørende renoveringstiltak for bærende komponenter sortert iht. bygningsdelstabell NS 3451:2009

Bygningsdel (bærende)	Beskrivelse	Mengde [m ³]	Betong [kg]	Armering [kg]
Yttervegger	Grunnmur mot det fri i kjeller (U1)	57,80	138720	5780
	Yttervegg under grunn mot nord	68,30	163920	6830
	Yttervegg kjeller mot sør-øst og sør-vest over grunn	39,90	95760	3990
	Yttervegg 1.-4. etasje	258,00	619200	25800
Bærende innervegger	Bærende innervegger	370,00	888000	37000
Dekker og fundament	Etasjeskiller 1.-4. etasje	1097,00	2632800	109700
	Gulv på grunn med antatt sålefundament	470,00	1128000	47000
Søyler og bjelker	Betongsøyler i kjeller	5,92	14208	11366,4

	Betongbjelker under dekker	168,40	404160	16840
Yttertak	Yttertak inkluderer plasstøpte betongdekker, beregnet snitt på 300 mm	187,00	448800	18700
	Tak over kjeller mot det fri, ca. 350 mm betong	510,00	1224000	51000
	Overoppbygg over atrium, ca. 100 mm betong og 20 mm glass i tak	120,00	28800	1200
Sum mengde [kg]			7786368	335206

Tabell 5.1.2 Ombrukskartlegging av eksisterende bygningsdeler og tilhørende renoveringstiltak for ikke-bærende komponenter sortert iht. bygningsdeltabell NS 3451:2009

	Beskrivelse	Mengde [m ³]	Glass [kg]	Betong [kg]	Armering [kg]
Yttervegger	Vinduer i U1	63 m ²	6048	–	–
	Vinduer plan 01-04	1079 m ²	15100	–	–
	Eksisterende ytterdører		–	–	–
Ikke-bærende innervegger	1/2-steins teglvegger i atriet	11,6 m ³	–	–	–
	Isolert stenderverk, beregnet snitt 120 mm	2905 m ²	–	–	–
	Siporexvegger, beregnet snitt 150 mm	153 m ³	–	367200	–
	317 stk. eksisterende innerdører, varierende typer	661 m ²	–	–	–
Himlinger	Himlinger U1-04, varierende typer	4881 m ²	–	–	–
	Himling over atrium av støpte pusselementer inkludert bærende IPE200-550 bjelker o glasstak	108 m ²	–	–	–
Gulvbelegg	Gulvbelegg gulv mot grunn	1405 m ²	–	–	–
	Gulvbelegg plan 01-04	3476 m ²	–	–	–
Trapper og baldakiner	Innvendige trapper U1-05, estimert	22 m ³	–	52800	2200
	Utvendige baldakiner ved hovedinngang i nord, og inngang i sør-øst og sør-vest i støpt betong og bærende stålelementer	93 m ²	–	223200	6510
	Utvendig rampe og trapp inkludert dekke, ca. 200 mm betong	36 m ³	–	86400	3600
Sum mengde [kg]			21148	729600	12310

Resultater i Tabell 5.1.2 viser at store en større andel av ikke-bærende innervegger i ikke-fredede arealer, overflater på gulv og himlinger samt ytterdører og vinduer i kjelleretasje hovedsakelig skal rives. Av ikke-bærende komponenter som skal delvis eller helt bevares er vinduer fra 1.-4. etasje, en andel av innerdørene, bæresystemet til utvendige baldakiner ved hovedinnganger samt innvendige- og utvendige trapper.

Ikke-bærende innervegger

Innerveggene utgjør et samlet areal på ca. 3926 m². Deler av innerveggene også i fredede arealer er ved gjennomlesing av riveplaner også planlagt revet. I henhold til gjennomgått miljøkartleggingsrapport og informasjon fra mengdeuttak består innerveggene av betong- og siporexvegger og gipsplatekledte lettvegger i tillegg til teglsteinsvegger i atrium. Innerveggene er av relativt stor andel varierende tykkelser og dimensjoner. Basert på mengdeuttaket er det derfor beregnet en representativ vegg per type vegg som gir et snitt av materialsammensetningen i veggene. For stendervervvegger er det beregnet en gjennomsnittsvegg på 120 mm isolerte stendervegger, mens lettbetongen er beregnet til omkring 150 mm. Snittet er vektet opp mot andelen arealet slik at tykkelsen representerer den reelle mengden materialer i veggen. Lettbetongen utgjør en masse på ca. 153 m³.

Himlinger

Store deler av de ca. 4881 m² eksisterende himlingene består av ca. 44 % rabbitspuss, 37 % systemhimling, 14 % 100 mm treullsement og 3 % 10 mm fast gipshimling skal hovedsakelig rives, med unntak av en mindre andel av original rabbitspuss.

Ifølge informasjon gitt i IFC-modell samt gjennomgang av eksisterende himlingsplaner og riveplaner består de eksisterende himlingene hovedsakelig av rabbitspusshimlinger og systemhimlinger med t-profiler som utgjør rundt 80% av himlingsarealet. I tillegg til 100mm treullsementhimling i eksisterende kjeller (U1) er det fastmonterte gipshimlinger hovedsakelig ved toaletter og i eksisterende mottakelsesarealer. I miljøkartleggingsrapporten står det at det kun er rabbitspusshimlingene som er originale fra byggeår, og at systemhimlinger og mineralullplater er blitt supplert i senere tid. I dagens vestibyle er det også montert en systemhimling i metall. Alle himlinger i ikke-frede arealer er planlagt revet i forbindelse med oppgraderingen. Himlinger i fredede arealer skal hovedsakelig bevares, og består av rabbitspuss over systemhimlinger. Taket over atriet er en bærende stålkonstruksjon lagt opp på pilastre på betongveggen rundt. Den eksisterende himlingskonstruksjonen er bygget opp av pussede betongelementer med bæring i stål, og skal forsøkes bevares i sin helhet. Øvrige himlinger skal erstattes med nye Rockfon-plater for diffus ventilasjonstilførsel.

Gulvbelegg

Gulvbelegg består av en blanding av linoleum, terrazzo, travertin, vinyl, fliser og teppebelegg og slipt betong. Ifølge gjennomgått miljøkartleggingsrapport ble det påvist farlig avfall blant annet overflater på gulv og vegg og i gulv på grunn. Med unntak av terazzo og travertin i trapperom og deler av 1. etasje, skal gulvbelegg hovedsakelig rives. Etter samtale med prosjektleder og ifølge bevaringsplanene i prosjektet, er det ønskelig å tilbakeføre gulvbelegg til de opprinnelige materialene.

Ombruk av vinduer og dører

Renovering av vinduer innebærer ombruk av eksisterende karmen og innsettelse av nye trelags-isolerruter. Det er totalt 577 fredede vinduer av størrelsen 2,28 x 0,82m som utgjør et totalt vindusareal 1079 m² fordelt over fire etasjer og tre fasader eller estimert mengde glass på ca. 15 tonn.

Av mengdeuttaket er det det 317 eksisterende innerdører som utgjør et samlet areal på omkring 661 m². Innerdørene er av varierende typer, men består hovedsakelig av tre. Samtlige dører skal ifølge prosjektdokumentasjonen mellomlagres, pusses opp og monteres tilbake i bygget.

5.1.2 Energioppgradering og hensyn til inn klima

Energioppgraderingen inkluderer både oppgradering av bygningskroppen i form av innvendig etterisolering av fasader og tak, samt tekniske tiltak som nytt ventilasjonsanlegg og oppvarmingssystem til bygget. I tillegg skal eksisterende gulv på grunn som følger av prosjektert tilbygg under dagens eksisterende bygg, rives og erstattes med et nytt dekke. Vurdering av

konsekvenser for energieffektiviteten ifb. forbindelse med energioppgraderingen er basert på Simienmodell for rehabilitert bygg og energinotat evaluert mot rammekrav i TEK. Notatet inneholder også resultater fra energiberegninger av tilbygg og netto energibehov for rehabilitert bygg + tilbygg evaluert mot rammekravet. Energioppgraderingstiltak og vurderinger av disse er beskrevet i Premissnotat bygningsfysikk, Notat for vurderinger av etterisolering av betongelementfasader og bevarings- og utviklingsplaner, Notat for ventilasjonskonsept og Inneklimanotat med resultater fra utført inneklimasimulering under prosjektering.

Beregnet energieffektivitet

Ifølge gjennomgang av Energinotat er det valgte energikonseptet basert på bruk av 100 % fjernvarme for romoppvarming og tappevann og elektrisk kjøleløsning. Utførte energisimulering opp mot rammekrav i TEK 17 viste ifølge energinotat et beregnet energibehov på 143,4 kWh/m² år for rehabilitert bygg. Sammenliknet med rammekrav for kontorbygg i TEK på 115 kWh/ m² år ligger dette nesten 30 kWh/ m² år over kravet. Energisimuleringen for tilbyggene viste et beregnet energibehov på og 98,6 kWh/ m² år. Samlet netto energibehov for rehabilitert del av bygget samt tilbygg under kjeller og på tak var beregnet til 126 kWh/ m² år. Som notatet konkluderer, overskrider samlet energibehov for både rehabilitert bygg og tilbygg rammekravet for kontorbygg som er 115 kWh/ m² år. Notatet konkluderer som følger med at søknad om fravik/dispensasjon fra minstekravene i TEK17 § 14-3 anses TEK17 §14 ikke som oppfylt og at det i tillegg søkes om avvik fra krav til energiramme.

Innvendig etterisolering av fasade og tak

Som følger av fredning av fasader og innvendige arealer inkludert radiatorkasser langs med innside yttervegger begrenser muligheten for å etterisolere fasadene både inn- og utvendig seg. Eksisterende løsning er 35 mm isopor med en beregnet effektiv U-verdi tilsvarende 2,01 W/m²K. Eksisterende isopor må ifølge gjennomgått bygningsfysikk-notat fjernes på grunn av branntekniske årsaker. Eksisterende yttervegg ble beregnet med utgangspunkt i statiske beregninger. Vurderinger gjort i prinsippnotat for bygningsfysikk er at isolasjonsmengden er tilnærmet lik som ved 150mm + 100mm i gulv/himling som har nesten dobbelt så mye isolasjonsmengde. I notatet står det at effekten av å isolere ytterligere 50mm ansees som uhensiktsmessig i forhold til den økte isolasjonsmengden. Ifølge samme notat består eksisterende yttervegger i kjeller over grunn av prikkmeislet betong og er ifølge byggemeldingen fra 1959 isolert innvendig med 100 mm siporex. På grunn av byggets fredning er utvendig etterisolering av både grunnmur i kjeller og fasader utelukket. Om energitiltak for eksisterende grunnmur, er det ifølge notatet mest effektivt å fjerne eksisterende porebetongblokker og bygge opp ny isolasjon innvendig. Notatet beskriver mulige prinsipper for etterisolering, men oppgir ingen beregnede verdier for effektiv U-verdi for grunnmuren.

Ut fra prinsippnotat fra RIB-byfy er det hovedsakelig tre ulike takkonstruksjoner. Det ene er tak over kjeller som vender mot gateplan ved byggets Nord-fasade. Det andre er yttertak på plan 05 samt et tak-oppbygg over atrium med overlys. Ifølge miljøkartleggingsrapporten er det eksisterende yttertaket antatt isolert med mineralullisolasjon og utvendig tekket med asfalttakbelegg av bitumen. Som følger av prosjektets status under arbeidet med datainnsamlingen, var det ikke utarbeidet noen detaljer for eksisterende yttertak eller planlagt ny løsning i forbindelse med renoveringen. Tak over kjeller skal ifølge detaljunderlag for ny løsning bevares, men etterisoleres innvendig for bedre U-verdi.

Nye glass til vinduer med bedre U-verdi

Minimumskravet til U-verdi for alle vinduer og dører i henhold til TEK 17 er 1,2 W/m²K. For renoverte vinduer vil minstekravet på U-verdi med og tekniske kvaliteter for LT- og g-verdi gjelde i henhold til detalj for ny løsning. Siden glasset erstattes med nytt glass overholdes krav og tekniske kvaliteter. Slik det kommer frem av dokumentasjon i prosjektet er det som følger av fredningen av fasaden ikke mulig å etablere utvendig solavskjerming. Som en konsekvens er det ifølge detaljtegningene planlagt å montere innvendige persiener som solavskjerming i glasset for å redusere energibruk.

Nye fundament og gulv på grunn ifb. tilbygg under eksisterende bygg

Som en konsekvens av undergraving under eksisterende bygg, vil det ifølge premissnotat for bygningsfysikk være aktuelt å støpe nye fundament mot berg. Det er ikke foretatt noen beregninger av U-verdi for nytt gulv på grunn, men det argumenteres for at for å oppnå best mulig U-verdi og redusere kuldebrotverdier bør stripefundamenter som er helt uisolert mot grunn unngås.

Ventilasjonskonsept

Den valgte ventilasjonsløsningen er ifølge notatet basert på diffus lufttilførsler gjennom himlingsmoduler. På grunn av at store deler av innvendige arealer og interiør er fredet, er det begrenset hvor mye synlig teknisk utstyr man kan plassere ut, for eksempel i himlingen. Ifølge Prinsippnotat ventilasjon (RIV) vil vinduenes høyde gjøre at innvendig himlingshøyde ikke kan dekkes med tradisjonelle ventilasjonsføringskanaler, da dette ville bygget ned for mye i forhold til vindushøyden. Himlinger i kontorlokalene skal dekkes av 40 mm Rockfoam plater med en luftespalte på 160 mm over. Ventilasjonskonseptet krever ifølge dokumentasjonen mindre plass til kanalføring for ventilasjon og muliggjør høyere himlingshøyde som dermed kan ivareta behovet for ventilasjon samtidig som de eksisterende vinduene kan bevares. Ifølge prosjektdokumentasjonen er dette et nytt konsept som ikke er blitt testet ut i samme omfang i Norge.

Mekaniske ventilasjonen kommer som diffus innblåsing gjennom himlingsplatene i alle kontorsoner med unntak av den tidligere ambassadørens kontor. Bevaring dette kontoret medfører ifølge notatet en begrensning på luftmengden og personbelastningen som kan dimensjoneres for rommet. Ifølge notatet skal det ikke være lokal kjøling i bygget, så overskuddsvarmen må håndteres av ventilasjonsluft og solavskjerming. På grunn av fredningen av fasaden og eksisterende vinduer, er det ikke mulig med utvendig solavskjerming. Siden glassene i vinduene skal byttes ut renoveres, skal det av hensyn til å overholde krav til termisk inneklime plasseres innvendige persienner i vinduer som aktiviseres når solinnstråling når 100 W/m².

Inneklimasimuleringene i notatet ble utført for 4. etasje som i hovedsak består av kontorlokaler og er derfor mest solutsatt. For de simulerte sonene var alle innenfor kravet om maks 50 timer over 26 °C i året. I kontorlandskap og møterom mot nord var det simulert ingen eller veldig få timer med overtemperatur. Maksimalt CO₂-nivå i luften er under 1000 ppm i alle soner, og dermed tilfredsstillende i henhold til krav i TEK. Bygget skal BREEAM-sertifiseres og antar poeng innen er det i tillegg til krav i TEK definert krav til termisk inneklime på 10 % PPD som betyr at det tillates at av antall personer i rommet tillates det 10 % misfornøydhet med termisk inneklime. Krav til Resultatene fra inneklimasimuleringer viser at krav til PPD kan overholdes med tiltak som enten reduserer personbelastningen i rommet eller vinduslufting på varme sommerdager. Vindustypene avgjør hvor mye varme som slip-pes inn på varme sommerdager, definert som g-verdien til vinduet. G-verdien er et mål på hvor mye varme som slippes inn gjennom glasset. Jo lavere g-verdi, jo mindre varme slippes inn. Det oppnås tilfredsstillende termisk inneklime med begge vindustyper som ble testet ut.

Sammenstilte resultater

Konsekvenser av de vurderte tiltakene er sammenstilt og oppsummert i Tabell 5.1.3. Resultatene er sammenliknet med relevante krav i TEK for å vurdere i hvilken grad kravene overholdes eller ikke.

Tabell 5.1.3 Beskrivelse av tekniske egenskaper i forbindelse med energioppgradering av Henrik Ibens gate 48 sammenliknet med minimumskrav for energi TEK 17. Inndata fremkommer av energiberegning utført i forbindelse med beregning av energibehov for rehabilitert bygg ifb. klimagassberegning. Inndata i TEK og forutsetter av eksisterende gulv på grunn bevares.

Bygningsdel	U-verdi Rehabilert bygg	Minimumskrav U-verdi TEK 17 Nybygg	Overholdes minimumskrav i TEK 17?
Yttervegger	1,06 W/ m ² K	0,22 W/ m ² K	Nei
Tak	0,26 W/ m ² K	0,18 W/ m ² K	Nei
Glass/vinduer/dører	1,0 W/ m ² K	1,2 W/ m ² K	Ja
Gulv på grunn/mot det fri	0,33 W/ m ² K	0,18 W/ m ² K	Nei

Som konkludert i energinotat, viser resultater sammenstilt i tabellen over at det ikke være mulig å oppnå U-verdikrav iht. dagens standard på grunn av fredningsvedtaket for den eksisterende konstruksjonen. Tabellen viser at etterisolering av fredede yttervegger og fasade ikke tilfredsstillers minimumskrav definert i TEK, mens at renovering av vinduer som inkluderer å skifte ut glass med nye isolerglass medfører U-verdi som tilfredsstillers krav.

5.2 Klimagassberegninger

I foregående er resultater fra casestudien som skal svare på hvilke konsekvenser fredningen har hatt for de planlagte rehabiliteringstiltakene med hensyn til grad av ombruk, materialbruk og energi presentert. Det andre forskningsspørsmålet i oppgaven er: Hva er klimagassutslippet ved å rehabilitere og oppgradere bygget i Henrik Ibens gate 48 sammenliknet med riving og nybygg? Vurderingene fra casestudien danner grunnlaget for sentrale inndata for en teoretisk klimagassberegning for materialbruk (A1-A5, B4-B5 og C1-C4) og energibruk i drift (B6) over et livsløp på 60 år. Resultatene forutsetter inndata, valg og beregningsscenarioer redegjort for i metodeavsnitt 0:

Klimagassberegninger, s. 36. Beregninger er gjort for følgende hovedalternativer:

Alternativ 1: Rehabiliter og bevare dekke

Alternativ 2: Riving og nybygg

Først i avsnittet presenteres klimagassutslipp fra materialer, deretter energibruk i drift og til sist sammenstilles resultatene for en samlet vurdering for å besvare forskningsspørsmål 2. Variasjoner i materialbruk, transport og energiscenarioer for de to hovedalternativene utgjør følsomhetsanalyser og er presentert under tilhørende avsnitt.

5.2.1 Klimagassutslipp fra materialer

Klimagassutslipp fra materialer inkluderer utslipp fra produksjon- og byggeplass (A1-A5), utskiftning og vedlikehold (B4-B5) og avhending og avfallshåndtering (C1-C4). Det ble utført flere totalt fire ulike beregninger for materialbruk; to for alternativ 1: Bevare og rehabiliter (generiske og optimert) og to for alternativ 2: Riving og nybygg (generisk og optimert). Resultatene presenteres først hver for seg og deretter sammen for sammenlikning.

Klimagassutslipp fra materialbruk, Alternativ 1: Bevare og rehabiliter

Tabell 5.2.1 viser klimagassutslipp fra materialer fra nye, bevarte og revede materialer i forbindelse med alternativ 1 – bevare og rehabiliter forutsatt hhv. generiske data og optimerte betingelser for materialer og transport av materialer til byggeplass. Som resultatene viser, er beregnede klimagassutslipp fra materialer for livsløpet på 60 år på litt over 565 tonn CO₂e (generiske data) og

rundt 460 tonn CO₂e (optimerte betingelser). Dette gir en variasjon i resultatene på rundt 105 tonn CO₂e som representerer potensialet ved bruk av materialer med lav klimapåvirkning. I beregningen for optimerte verdier er det forutsatt produkt- og prosjektspesifikke transportavstander fra produksjonssted til byggeplass, noe som medfører en økning i utslippene fra transport (A4) på ca. 7,3 tonn CO₂e som tilordnes byggefasen. Selv om økningen isolert sett er relativt høy, er sammenliknet resultat med de totale utslippene små. Den største gevinsten ved valg av materialer med lav klimapåvirkning fås i dag (A1-A3) og ved utskiftning (B4-B5). Utslippene forbundet med utskiftning stammer hovedsakelig fra nye glass til vinduer som i modellen er satt til forventet levetid på ca. 35 år.

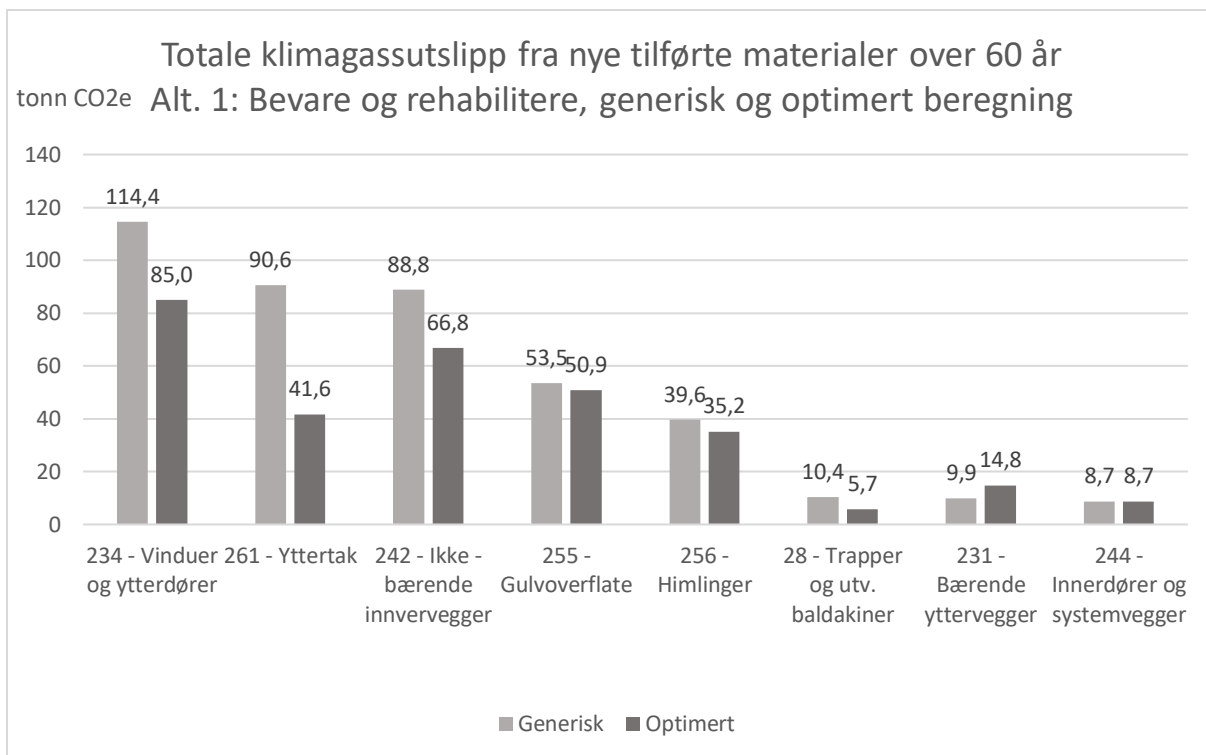
Tabell 5.2.1 Klimagassutslipp fra materialer fra nye, bevarte og revede materialer i forbindelse med alternativ 1 – bevare og rehabiliterer forutsatt hhv. generiske data og optimerte over 60 år

kg CO ₂ e	Alt 1: Bevare og rehabiliterer	
	Generisk	Optimert
A1-A3 Materialer	236670	174313
A4 Transport	3239	10578
A5 Konstruksjon	71195	67833
B4-B5 Utskiftning	153665	105559
C1-C4 Slutten på livet	100425	101735
Sum kg CO₂e nye + bevarte + revede materialer	565194	460018
Sum kg CO₂e/år	9420	7667
Sum kg CO₂e/m² BTA	97,7	79,5
Sum kg CO₂e/m² BTA per år	1,6	1,3

Tabell 5.2.2 viser samlet klimagassutslipp fra nye tilførte materialer i forbindelse med rehabiliteringen. Figur 5.2.1 viser samme utslipp fordelt på bygningsdeler.

Tabell 5.2.2 Klimagassutslipp fra nye tilførte materialer alternativ1: Bevare og rehabiliterer

Alt 1: Bevare og rehabiliterer	Generisk	Optimert	% endring
A1-A3 Materialer	236670	174313	26
A4 Transport	3239	10578	-227
A5 Konstruksjon	11954	8592	28
B4-B5 Utskiftning	147569	99463	33
C1-C4 Slutten på livet	16539	17849	-8
Sum kg CO₂e nye materialer	415971	310795	25



Figur 5.2.1 Klimagassutslipp fra nye tilførte materialer i alternativ 1: Bevare og rehabiliterer, generisk og optimert beregning

Som resultatene (Tabell 5.2.2) viser, er de totale klimagassutslippene fra nye materialer ca. 416 tonn CO2e (generisk) og 311 tonn CO2e (optimert) over 60 år. Følsomhetsanalysen viser en samlet forskjell på ca. 25 % mellom generisk og optimert beregning. Resultatene viser i tillegg følgende sentrale funn:

- Variasjonen i utslipp fra nye materialer A1-A3 illustrerer i all hovedsak variasjonene i CO2 faktorene mellom generiske verdier og optimerte verdier.
- Forskjellen i utslipp fra transport (A4) følger av endringer i bruk av produktspesifikke transportavstander enten oppgitt i EPD eller estimert basert på produktets lokasjon i forhold til Henrik Ibsens gate 48 i Oslo. Beregningen indikerer at forutsetninger for transport i stor grad påvirker utslippene for transport isolert. Utslippene har også noe påvirkning for resultatene i forbindelse med utskiftning av materialer (B4-B5) da samme avstand antas for disse materialgruppene. Utslippene fra transport er imidlertid en liten andel av de totale materialutslippene og utgjør bare ca. 1 % fra generisk beregning og ca. 3,4 % fra optimert beregning.

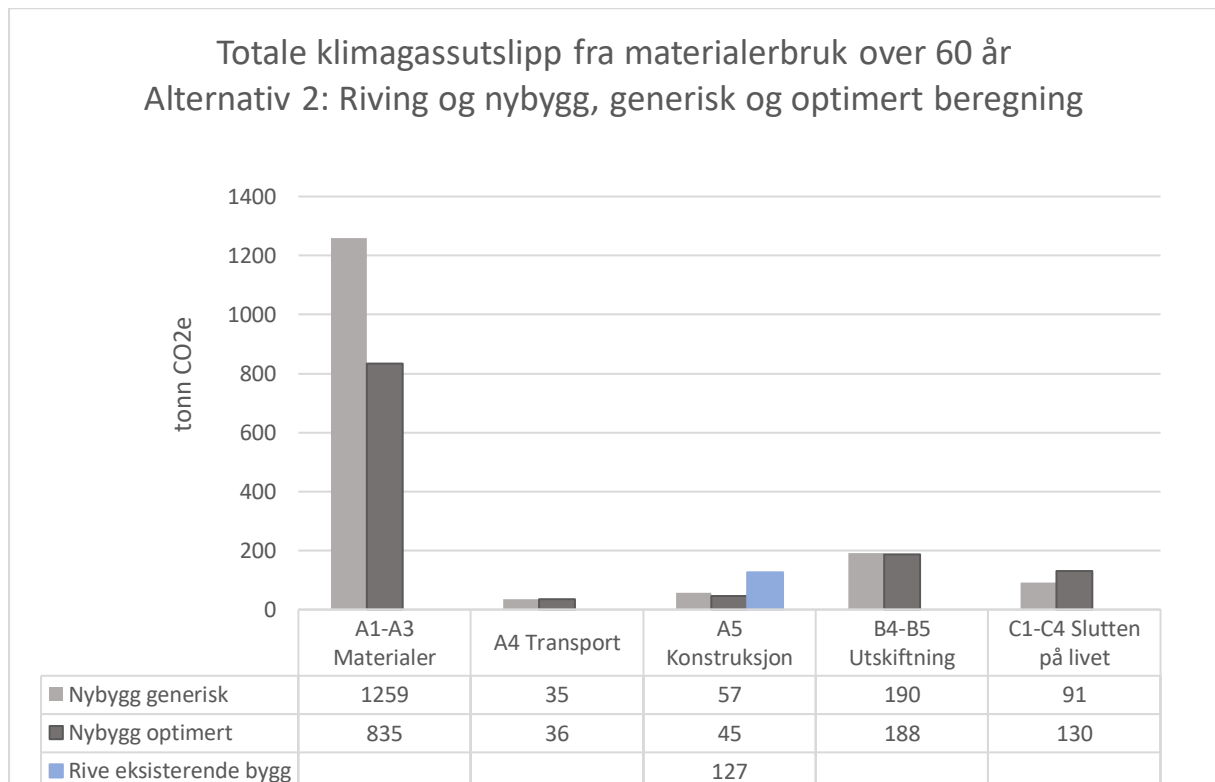
Resultatene sammenstilt i Figur 5.2.1 viser at de største utslippene knyttet til nye materialer stammer fra vinduer og dører, ny EPS-isolasjon og bitumenmembran i yttertak, samt en høy andel glassvegger og noen nye betongvegger som en del av ikke-bærende innvervegger. Nye glass til ombrukte vinduer påvirker i størst grad de totale bidragene i forbindelse med oppgraderingen av det eksisterende bygget. Størst variasjon mellom de beregnede utslippene kan sees for utslipp fra yttertak. Nye komponenter i forbindelse med yttertaket består både av EPS-isolasjon og bitumen takteknig. Ikke-bærende innvervegger består av 933 m² glassvegger som bidrar mest til utslippene for innverveggene. 497 m² betong som er ny betong samt isolasjon i stendervegger erstattet til betong og mineralull med lav klimapåvirkning, som gir en variasjon på xx – xx tonn CO2e. Nye gulvoverflater består i hovedsak av linoleum og teppegulv og her ble det ikke gjort noen videre variasjoner annet enn transport, og følgelig er forskjellene mindre. Variasjon i himlingene stammer fra endrede verdier for gipsplater og transport.

Klimagassutslipp fra materialbruk, Alternativ 2: Riving + Nybygg

Tabell 5.2.3 viser totale klimagassutslipp fra materialbruk ifb. nybygget samt avhending og transport av avfall som følger av riving av eksisterende bygg i dag. Resultatene er presentert for generisk og optimert beregning. Resultatene viser at samlet beregnet klimagassutslipp fra materialbruk fra å rive og bygge nytt på ca. 1760 tonn CO₂e (generisk) og ca. 1359 tonn CO₂e (optimert) over livsløpet på 60 år. Å rive det eksisterende bygget gir et beregnet klimagassutslipp på ca. 127 tonn CO₂e Figur 5.2.2 som tilsvarer en andel på ca. 7,2 % av de samlet utslipp fra generisk beregning og ca. 9,3 for optimert beregning.

Tabell 5.2.3 Klimagassutslipp fra materialbruk, beregningsalternativ 2: Riving + Nybygg

Delmoduler	Alt. 2: Riving + nybygg, generisk	Alt. 2: Riving + nybygg, optimert	% endring ift. generisk
A1-A3 Materialer	1258600	834514	33,7
A4 Transport	35428	35504	-0,2
A5 Konstruksjon	183715	171617	6,6
B4-B5 Utskiftning	190382	187587	1,5
C1-C4 Slutten på livet	91494	129877	-42,0
Sum kg CO₂e	1759618	1359099	22,8
Sum kg CO₂e/år	29327,0	22651,6	-
Sum kg CO₂e/m² BTA	304,3	235,0	-
Sum kg CO₂e/m² BTA per år	5,1	3,9	-



Figur 5.2.2 Klimagassutslipp per livsløpsfase fra materialbruk, beregningsalternativ 2: Riving + Nybygg

Å rive det eksisterende bygget utgjør nesten 70 % av utslippene fra kapp og svinn fra byggeplass inkludert transport og avfallsbehandling. Dette indikerer at å utelate utslipp fra rivearbeider i forbindelse med vurderinger om riving og nybygg eller rehabilitering kan underestimere de reelle utslippene generert i løpet av rive- og byggefasen. Sett i lys av at dette er utslipp som skjer i dag, kan reduksjonspotensialet for klimagassutslipp fra materialer ved ikke å rive i dag være av betydning for den totale klimapåvirkningen på kort sikt. I nybygget er materialgruppene med størst klimapåvirkning betong (ca. 40 % av totale utslipp) i bærende komponenter, yttervegger, dekker og tak og stål og metaller (ca. 25 % av totale utslipp). Gulvet består i hovedsak av teppegulv samt noe parkett og vinyl og utgjør ca. 8 %. Gips i himlinger og innvendig kledning på vegger og halvparten av himlingsarealet utgjør ca. 7 %.

Sammenstilte resultater for klimagassutslipp fra materialer

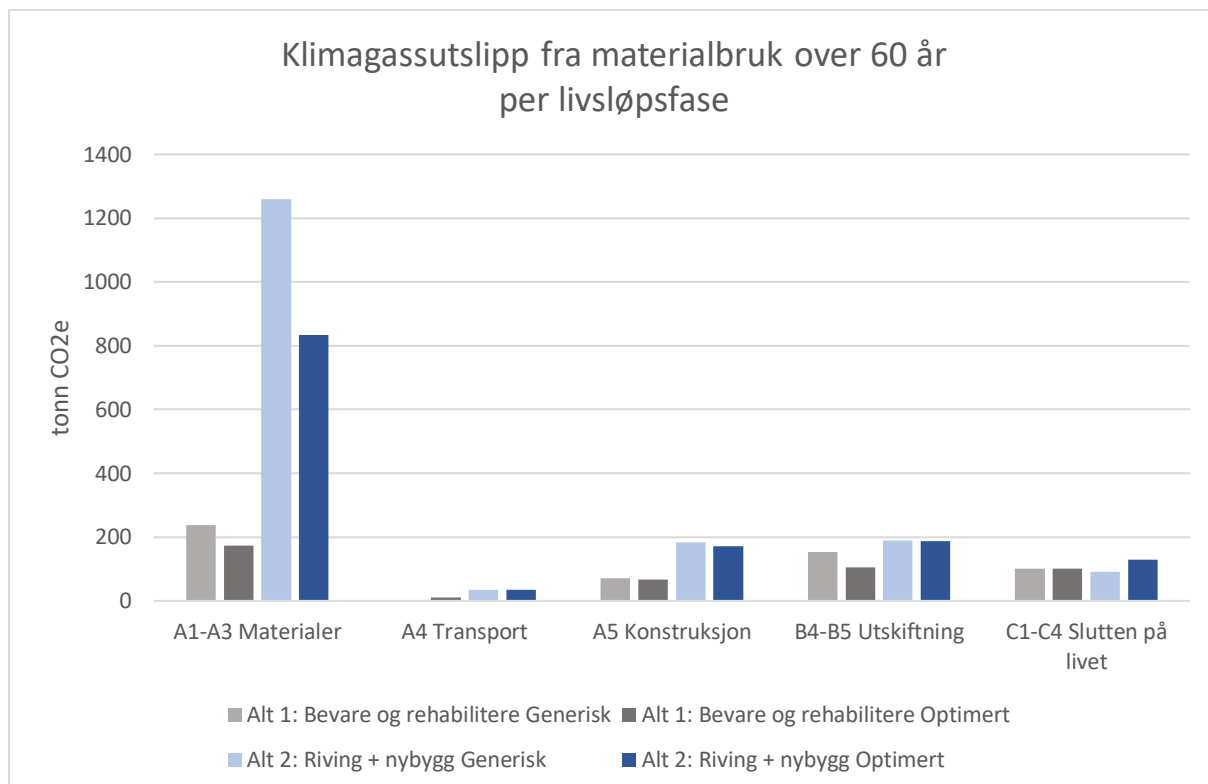
Tabell 5.2.4 viser beregnet klimagassutslipp fra materialbruk for alternativ 1 og 2 forutsatt generiske data for materialer og transport av materialer til byggeplass. Tabell 5.2.5 viser samme omfang forutsatt optimerte betingelser for materialer og transport som representerer produkt- og prosjektspesifikke transportbetingelser der disse er innhentet og kjent. Sammenstilte resultater for alle fire beregningsalternativer er sammenstilt i Figur 5.2.3.

Tabell 5.2.4 Sammenstilte klimagassutslipp fra materialbruk forutsatt generiske verdier for materialer og transport for beregningsalternativ 1: rehabilitering og bevare dekke og 2: rive + nybygg

kg CO ₂ e	Alt 1: Bevare og rehabilitering, Generisk	Alt 2: Riving og nybygg, Generisk	% endring ift. nybygg
A1-A3 Materialer	236670	1258600	81
A4 Transport	3239	35428	91
A5 Konstruksjon	71195	183715	61
B4-B5 Utskiftning	153665	190382	19
C1-C4 Slutten på livet	100425	91494	-10
Sum kg CO₂e	565194	1759618	68
Sum kg CO₂e/år	9420	29327	–
Sum kg CO₂e/m² BTA	98	304	–
Sum kg CO₂e/m² BTA per år	1,6	5,1	–

Tabell 5.2.5 Sammenstilte klimagassutslipp fra materialbruk forutsatt optimerte verdier for materialer og transport for beregningsalternativ 1: rehabilitering og bevare dekke og 2: rive + nybygg

kg CO ₂ e	Alt 1: Bevare og rehabilitering, Optisert	Alt 2: Riving og nybygg, Optisert	% endring ift. nybygg
A1-A3 Materialer	174313	834514	79
A4 Transport	10578	35504	70
A5 Konstruksjon	67833	171617	60
B4-B5 Utskiftning	105559	187587	44
C1-C4 Slutten på livet	101735	129877	22
Sum kg CO₂e	460018	1359099	66
Sum kg CO₂e/år	7667	22652	–
Sum kg CO₂e/m² BTA	80	235	–
Sum kg CO₂e/m² BTA per år	1,3	3,9	–



Figur 5.2.3 Totale klimagassutslipp fra materialbruk over 60 år, fordelt på livsløpsfase for rehabilitering (generisk og optimert) og riving + nybygg (generisk og optimert)

Som vi ser av resultatene, er beregnet klimagassutslipp fra materialbruk redusert med mellom 66-68 % for det rehabiliterede bygget sammenliknet med å rive og bygge nytt. Størst potensial er det å hente ved reduserte utslipp fra produksjons- og byggefasen (A1-A5) på hhv. ca. 80 % reduksjon fra materialbruk (A1-A3) og ca. 60 % reduksjon fra kapp og svinn inkludert borttransportering av reveede masser (A5) fra byggeplass.

5.2.2 Klimagassutslipp fra energi

Klimagassutslipp fra energibruk i drift (B6) er utført for de to beregningsalternativene med bakgrunn i beregnet netto levert energi. Det ble utført beregninger for to ulike energiforsyninger; Den ene basert på oppvarmingsbehov med varmepumpe, den andre med 100 % fjernvarme og to scenarier for CO₂ faktorer for elektrisitet som resulterte i totalt åtte beregninger. Beregninger for rehabiliteret bygg er utført i Simien evaluert mot rammekrav for kontorbygg i TEK. Beregninger for nybygget er fremskaffet ved bruk av resultater fra Carbon Designer i beregningsprogrammet OneClick LCA evaluert mot TEK 17 rammekrav for kontorbygg. Begge alternativer forutsetter samme tekniske kvaliteter (effektfactorer, fordeling av energiposter) og et oppvarmet bruksareal på 5355 m². Utført beregning for energiforsyning og netto levert energi med forutsetninger for beregningene er nærmere beskrevet i Vedlegg – 4. Resultatene presenteres først hver for seg og deretter sammen for sammenlikning.

Følsomhetsanalysene for energibruk er utført for følgende variasjoner:

VP NO+EU 28 Forutsetter beregnet netto levert energi for alternativ 1: 133,3 kWh/m² år og for alternativ 2: 97,7 kWh/m² med CO₂ faktor for el: 0,1300 kg CO₂e/kWh

Fjernvarme NO+EU 28 Forutsetter beregnet netto levert energi for alternativ 1: 168,1 kWh/m² år og for alternativ 2: 110,3 kWh/m² med CO₂ faktor for el: 0,1300 kg CO₂e/kWh og for fjernvarme, Oslo: 0,0138 kg CO₂e/kWh

VP NO Forutsetter beregnet netto levert energi for alternativ 1: 133,3 kWh/m² år og for alternativ 2: 97,7 kWh/m² med CO₂ faktor for el: 0,0123 kg CO₂e/kWh

Fjernvarme NO Forutsetter beregnet netto levert energi for alternativ 1: 168,1 kWh/m² år og for alternativ 2: 110,3 kWh/m² med CO₂ faktor for el: 0,0123 kg CO₂e/kWh og for fjernvarme, Oslo: 0,0138 kg CO₂e/kWh

Klimagassutslipp fra energibruk i drift for VP NO+EU 28 og Fjernvarme NO+EU 28

Tabell 5.2.6 og Tabell 5.2.7 viser klimagassutslipp fra energi og den nominelle endringen i utslippene fra rehabilitert bygg sammenliknet med nybygget forutsatt forbruk av norsk-europeisk strøm for hhv. energiforsyning med varmepumpe og fjernvarme. Som resultatene viser, utgjør totale klimagassutslipp over 60 år videre drift av det rehabiliterede bygget ca. 5568 tonn CO₂e (varmepumpe) og 3520 tonn CO₂e (fjernvarme). Tilsvarende utslipp fra nybygget utgjør ca. 4081 tonn CO₂e (varmepumpe) og 3336 tonn CO₂e (fjernvarme) som tilsvarer en reduksjon på ca. 1488 tonn CO₂e (varmepumpe) og 184 tonn CO₂e (fjernvarme) sammenliknet med rehabilitert beregning. Per år er utslippene ca. 16 kg CO₂e/m² BTA per år (varmepumpe) og ca. 10,1 kg CO₂e/m² BTA per år (fjernvarme).

Tabell 5.2.6 Klimagassutslipp fra energibruk i drift forutsatt energiforsyning med varmepumpe NO+EU 28, alternativ Alt 1: Bevare og rehabiliter og Alt 2: Riving + nybygg

NO + EU 28 med varmepumpe	Alt 1: Bevare og rehabiliter	Alt 2: Riving + nybygg
Elektrisitet uspesifisert [kWh/år]	2994837	2923830
Primær varmepumpe [kWh/år]	861486	313268
Sekundær varmepumpe [kWh/år]	1602764	582823
Kjøling [kWh/år]	109644	261056
Sum kg CO₂e	5568731	4080977
Sum kg CO₂e/år	92812	68016
Sum kg CO₂e/m² BTA	963	706
Sum kg CO₂e/m² BTA per år	16,0	11,8
endring ift. nybygg [kg CO₂e/m² BTA per år]	4,3	–

Tabell 5.2.7 Klimagassutslipp fra energibruk i drift forutsatt energiforsyning med fjernvarme NO+EU 28, alternativ Alt 1: Bevare og rehabiliter og Alt 2: Riving + nybygg

NO + EU 28 med fjernvarme, Oslo	Alt 1: Bevare og rehabiliter	Alt 2: Riving + nybygg
Elektrisitet uspesifisert [kWh/år]	2994837	2923830
Fjernvarme [kWh/år]	415682	151157
Kjøling [kWh/år]	109644	261056
Sum kg CO₂e	3520163	3336043
Sum kg CO₂e/år	58669	55601
Sum kg CO₂e/m² BTA	609	577
Sum kg CO₂e/m² BTA per år	10,1	9,6
endring ift. nybygg [kg CO₂e/m² BTA per år]	0,5	–

Klimagassutslipp fra energibruk i drift for VP NO og Fjernvarme NO

Tabell 5.2.8 og Tabell 5.2.9 viser klimagassutslipp fra energi og den nominelle endringen i utslippene fra rehabilitert bygg sammenliknet med nybygget forutsatt forbruk av norsk strøm for hhv. energiforsyning med varmepumpe og fjernvarme. Forutsatt el-faktor på 0,0123 kg CO₂e/kWh viser resultatene at de totale klimagassutslippene fra energibruk i drift over 60 år er ca. 527 tonn CO₂e (varmepumpe) og 709 tonn CO₂e (fjernvarme) for det rehabiliterede bygget. Tilsvarende utslipp fra nybygget utgjør ca. 386 tonn CO₂e (varmepumpe) og 453 tonn CO₂e (fjernvarme) som tilsvarer en reduksjon på ca. 141 tonn CO₂e (varmepumpe) og 257 tonn CO₂e (fjernvarme) sammenliknet med rehabilitert beregning. For det rehabiliterede bygget utgjør dette et klimagassutslipp fra energi på ca. 1,5 kg CO₂e/m² BTA per år (varmepumpe) og nesten 2 kg CO₂e/m² BTA per år (fjernvarme).

Tabell 5.2.8 Klimagassutslipp fra energibruk i drift forutsatt energiforsyning med varmepumpe NO, alternativ Alt 1: Bevare og rehabiliter og Alt 2: Riving + nybygg

NO med varmepumpe	Alt. 1: Bevare og rehabiliter	Alt. 2: Riving + nybygg
Elektrisitet uspesifisert [kg CO ₂ e]	283357,7	276639,3
Primær varmepumpe [kg CO ₂ e]	81509,8	29639,9
Sekundær varmepumpe [kg CO ₂ e]	151646,1	55144,0
Kjøling [kg CO ₂ e]	10374,0	24699,9
Sum kg CO₂e	526887,6	386123,2
Sum kg CO₂e/år	8781,5	6435,4
Sum kg CO₂e/m² BTA	91,1	66,8
Sum kg CO₂e/m² BTA per år	1,5	1,1
endring ift. nybygg [kg CO₂e/m² BTA per år]	0,4	

Tabell 5.2.9 Klimagassutslipp fra energibruk i drift forutsatt energiforsyning med fjernvarme NO, alternativ Alt 1: Bevare og rehabiliter og Alt 2: Riving + nybygg

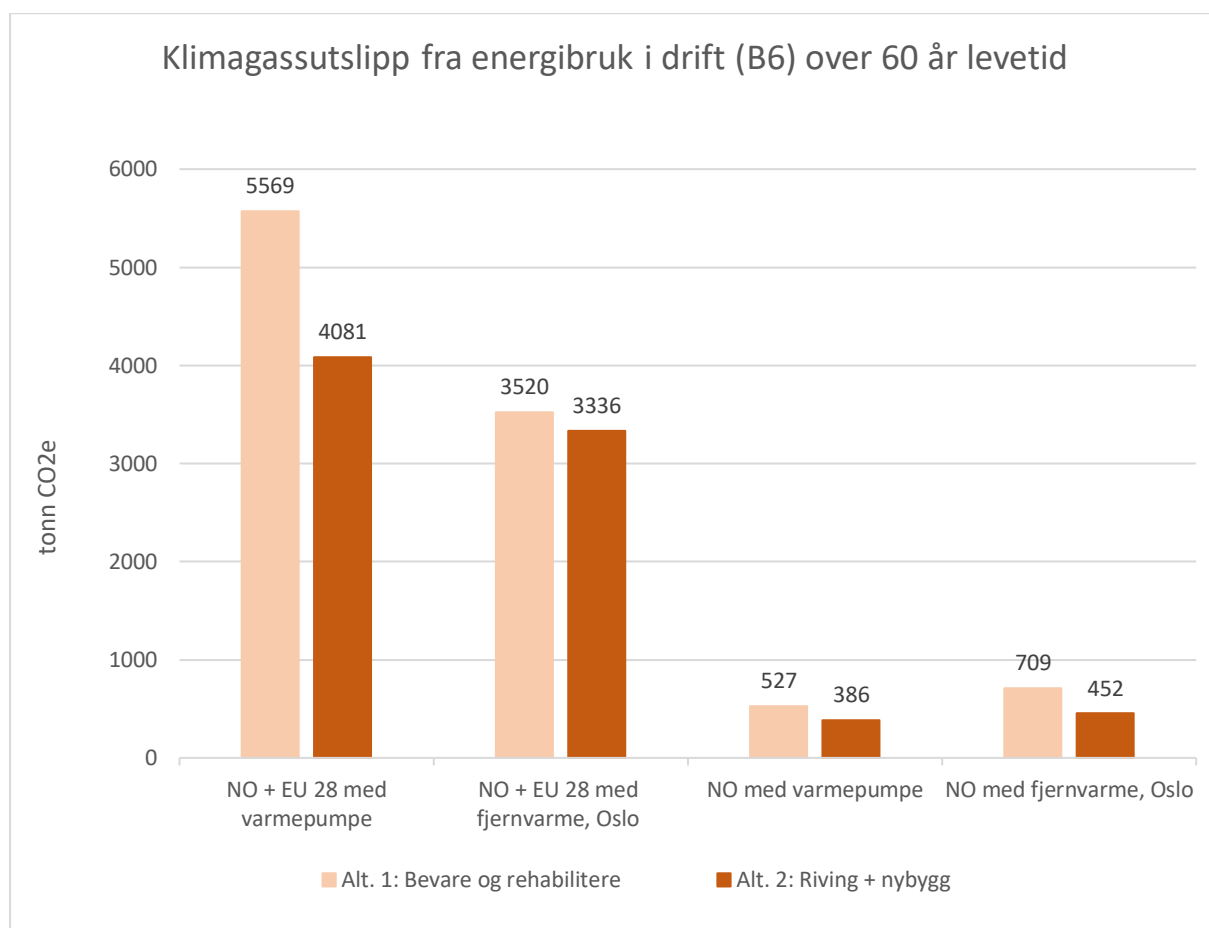
NO med fjernvarme, Oslo	Alt. 1: Bevare og rehabiliter	Alt. 2: Riving + nybygg
Elektrisitet uspesifisert [kg CO ₂ e]	283357,7	276639,3
Fjernvarme [kg CO ₂ e]	415681,9	151157,0
Kjøling [kg CO ₂ e]	10374,0	24699,9
Sum kg CO₂e	709413,5	452496,3
Sum kg CO₂e/år	11823,6	7541,6
Sum kg CO₂e/m² BTA	122,7	78,2
Sum kg CO₂e/m² BTA per år	2,0	1,3
endring ift. nybygg [kg CO₂e/m² BTA per år]	0,7	

For varmepumpa er det forutsatt en effektfaktor på 2,4 og for kjøling en COP-faktor på 2,4. Systemvirkningsgraden for fjernvarme er forutsatt som et snitt på 0,88. Dette innebærer at det må tilføres mer levert energi for å dekke varmebehovet med bruk av fjernvarme, mens bruk av varmepumpe utnytter varme i systemet slik at tilførsel av energi kan være lavere enn behovet. Med en høyere effekt på varmepumpa, kan energien som tilføres bedre utnyttes og den leverte energien som skal til for å dekke varmebehovet reduseres. Som resultatene viser, faller imidlertid gevinsten ved bruk av varmepumpe bort som følger av et høyt el-forbruk for begge beregningsalternativer.

Sammenstilte resultater for klimagassutslipp fra energi

Figur 5.2.4 viser totale klimagassutslipp fra energi i tonn CO₂e over 60 år for alle beregningsalternativer. Nominelle utslipp, dvs. forskjellen mellom beregnede utslipp fra rehabilitert

bygg og nybygg er sammenstilt i tabell Tabell 5.2.10. Tabellen viser de nominelle utslippene per 5783 m² bruttoareal (BTA) per år. Som både tendensen i Figur 5.2.4 og resultatene i tabellen viser, er forskjellene mellom beregningsalternativene mindre under forutsetning med norsk CO₂ faktor for elektrisitet og fjernvarme. Resultatene illustrerer effekten av at tiltak som reduserer behovet for levert energi for eksempel bruk av varmepumpe kombinert med bruk av energivarer med lav klimapåvirkning vil redusere klimagassutslippene fra energibruk i løpet av driftsfasen til et byggs levetid. Samtidig kan resultatene indikere at gevinsten ved energitiltakene nominelt reduseres ettersom tilførsel av energi til bygget reduseres og dersom energien som tilføres kommer fra fornybare energikilder, jamfør lav CO₂-faktor.



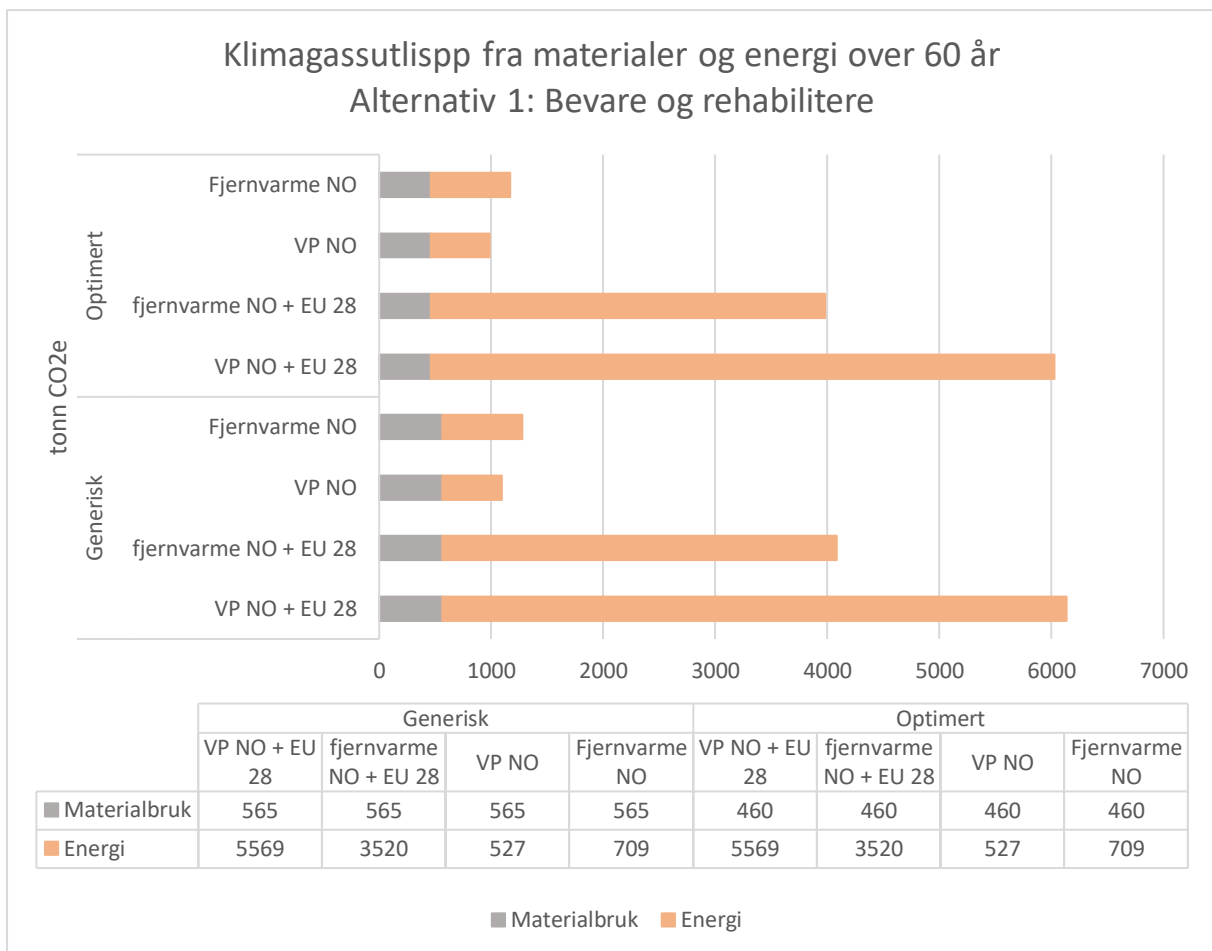
Figur 5.2.4 Totale klimagassutslipp fra energi over 60 år for begge beregningsalternativer inkludert beregning for a) varmepumpe og b) fjernvarme med to vurderte el-scenarioer

Tabell 5.2.10 Nominelle klimagassutslipp fra energibruk for alt. 1: Rehabiliterere og bevare ift. alt. 1: Riving + nybygg inkludert beregning for a) varmepumpe og b) fjernvarme med to vurderte el-scenarioer

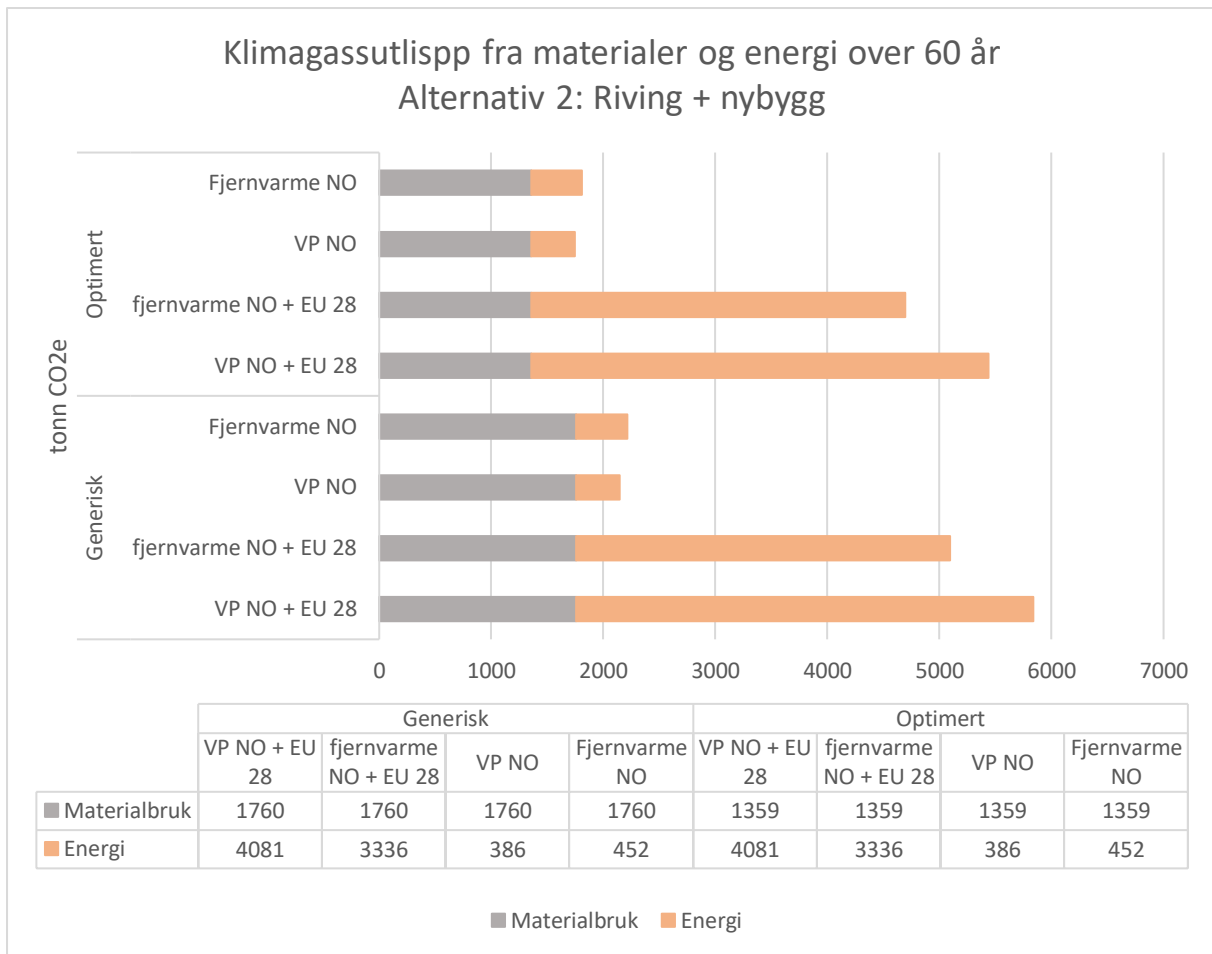
Nominell endring av klimagassutslipp Per m ² BTA per år ift. nybygg	Alt. 1: Bevare og rehabiliterere	
	NO + EU 28	NO
Varmepumpe [kg CO ₂ e/m ² BTA per år]	4,3	0,4
Fjernvarme [kg CO ₂ e/m ² BTA per år]	0,5	0,7

5.2.3 Samlet klimagassutslipp fra materialbruk og energi

Figur 5.2.5 og Figur 5.2.6 viser samlet klimagassutslipp fra materialer (A1-A5, B4-B5, C1-C4) og energibruk i drift (B6) for alle gjennomførte beregninger for hhv. alternativ 1: Bevare og rehabiliter og alternativ 2: Riving og nybygg. Stolpene i diagrammene viser summen av de beregnede utslippene forutsatt samme forutsetningene for type materialdata (generisk og optimert), energiforsyning og CO₂ faktorer for de valgte energivarene (Fjernvarme NO, VP NO, Fjernvarme NO+EU 28 og VP NO+EU 28). I tabellene under diagrammene er resultatene presentert per materialbruk og energi. Resultatene er sammenstilt i Tabell 5.2.11.



Figur 5.2.5 Sammenstilte klimagassutslipp fra materialer (A1-A5, B4-B5, C1-C4) og energibruk i drift (B6) Alternativ 1: Bevare og rehabiliter



Figur 5.2.6 Sammenstilte klimagassutslipp fra materialer (A1-A5, B4-B5, C1-C4) og energibruk i drift (B6) Alternativ 2: Riving og nybygg

Tabell 5.2.11 Sammenstilte totale klimagassutslipp fra materialer (A1-A5, B4-B5, C1-C4) og energibruk i drift (B6) Alternativ 1: Bevare og rehabiliterer og Alternativ 2: Riving og nybygg

Totale klimagassutslipp fra materialbruk og energi [kg CO2e/m2 år]		Alt. 1: Bevare og rehabiliterer	Alt. 1: Riving og nybygg	% endring i ift. alternativ 2
Generisk	VP NO + EU 28	17,7	16,8	-5
	fjernvarme NO + EU 28	11,8	14,7	20
	VP NO	3,1	6,2	49
	Fjernvarme NO	3,7	6,4	42
Optimert	VP NO + EU 28	17,4	15,7	-11
	fjernvarme NO + EU 28	11,5	13,5	15
	VP NO	2,8	5,0	43
	Fjernvarme NO	3,4	5,2	35

Resultatene markert grønt i Tabell 5.2.11 viser kombinasjoner av energiforsyning og CO2-faktorer som medfører reduserte utslipp for beregningsalternativ 1. Resultatene viser at det gitt forutsetningene teoretisk kan oppnås nesten 50 % reduksjon forutsatt bruk av varmepumpe og norsk el. Dette er imidlertid omdiskutert og den vanlige sammenlikningen er bruk av EU-miks med 0,1300 kg CO2e/kWh. Ved sammenligning med andre beregninger er det dette som er mest relevant. Samlet viser beregningen at forutsatt en EU-miks på 0,1300 kg CO2e/kWh vil alternativ 1: Bevare og rehabiliterer medføre en beregnet økning i klimagassutslipp fra materialer og energi mellom 5-11 %.



Del 6: Diskusjon og konklusjon

I dette kapitlet diskuteres funn og resultater fra studien opp mot forskningsspørsmål og formålet, og sentrale vurderinger inkludert konklusjon presenteres

6 Diskusjon

Denne studien har som mål å vurdere bærekraftpotensialet ved å bevare og rehabilitere sammenliknet med å rive en bygning. I tillegg er konsekvens av fredning vurdert. Oppgaven er gjennomført som en diskusjon av rammebetingelser, en casestudie og en teoretisk klimagassberegning basert på casestudien.

6.1 Konsekvenser av fredning

Casestudien, den tidligere amerikanske ambassaden i Oslo, representerer en modernistisk arkitektur og er et av de viktigste historiske byggene fra epoken sent 1950- tidlig 1960 tallet, både i norsk og internasjonal sammenheng. Dette understrekes ved at bygget den 20.06.2018 ble vedtatt fredet av Riksantikvaren med hjemmel i kulturminneloven. Fredningsvedtaket er en forutsetning for de planlagte rehabiliteringstiltakene.

6.1.1 Ombruk og materialer

Som følger av fredningsvedtaket gjelder det særskilte krav for bevaring av bygningen, nedfelt i fredningsbestemmelser. Fredningen av ambassaden omfatter blant annet bærende konstruksjoner, fasader og vinduer, store deler av interiør og omfatter litt over 40 % av de eksisterende arealene. Casestudien viser at fasaderehabilitering, vindusrenovering, innvendig etterisolering, bevaring av innvendige arealer og overflater samt nye tilbygg under eksisterende kjeller og på tak er de mest omfattende tiltakene i prosjektet i forbindelse med spørsmål knyttet til ombruk og ressursbruk. Resultater fra ombrukskartleggingen viser at å bevare store deler av bærekonstruksjonene og deler av ikke-bærende elementer som trapper og utvendige dekker representerer et ombrukspotensial på estimerte 8516 tonn betong og 348 tonn armering. Mesteparten stammer fra bevaring av bærende komponenter som utgjør ca. 7786 tonn betong og 335 tonn armering. Å bevare store deler av den eksisterende bygningsmassen er med andre ord positivt med hensyn til redusert avfall. Det kan argumenteres for at å rive eksisterende gulv på grunn er et spesielt tiltak og trolig ikke ville blitt gjennomført dersom bygget ikke var fredet. Det kan imidlertid argumenteres for at den omfattende jobben er et uttrykk for at tiltenkte nye funksjoner og romprogrammet ikke kan oppfylles med dagens bruksarealer i det eksisterende bygget. Som følger av restriksjoner for utbygging på tak, som med høy sannsynlighet ville være et enklere og mindre kostnadsdrivende tiltak for høyere utnyttelse, kan ny etasje under bygget anses å representere en viktig konsekvens av fredningsvedtaket.

6.1.2 Energi

Resultatene viser at dagens tekniske krav (TEK17) ikke kommer til full anvendelse for blant annet energi, ettersom fredningen overstyrer denne. I tillegg medfører fredning av innvendige arealer og radiatorkasser langs innsiden av fasaden begrensinger på hvor mye som kan innvendig etterisoleres. Som følger av fredningsvedtaket vil rehabilitering medføre dårligere energieffektivitet noe som er negativt. Resultatene fra casestudien viste at evaluering mot minimumskrav og rammekrav for kontorbygg i TEK ikke oppfylles som følger av høyt varmetap fra bygningskroppen. I casestudien ble det vist resultater som viser resultater fra energiberegninger forutsatt tilbygg under og over dages eksisterende bygg. Beregnet netto energibehov var 143,4 kWh/m² år. Som følger av fredningsvedtaket, viser resultatene fra casestudien at minimumskrav i TEK til energibruk ikke oppnås for yttertak, gulv og fasader. Dette følger av et høyere varmetap fra bygningskroppen, og følgelig et høyere oppvarmingsbehov enn et standard TEK 17 nytt kontorbygg forutsatt et netto energibehov på 115 kWh/m²år. Fredningen har med andre ord ikke vært førende for hensynet til energi, men hensynet til lavt energibruk har ifølge energinotat vært førende for valg av tekniske løsninger og innvendig etterisolering av fasade og grunnmur innenfor rammene satt av fredningsvedtaket. Fredningen er imidlertid en betingelse og medfører at krav til både energiramme og deler av minimumskrav ikke overholdes.

For klimagassregnskapet ble det lagt til grunn et høyere varmetap mot grunnen som følger av å bevare det eksisterende dekke. Antakelsen er basert på at dette ville vært det mest realistiske tiltaket for rehabilitering av et fredet bygg, da undergraving og tilbygg under et eksisterende bygg i omfanget av bygningen i Henrik Ibsens gate kan ansees som et spesielt, og derfor mindre representativt tiltak for tilsvarende rehabiliteringsprosjekter. Endringer i inndata i energiberegningen ble derfor gjort i forbindelse med klimagassberegningen og for å sikre samsvar med referanseberegningen for nybygget.

Beregnet netto energibehov evaluert mot rammekrav for kontorbygg i TEK var 160,6 kWh/m²år for det rehabiliterte bygget, noe som ligger 45,5 kWh/m² høyere enn TEK 17 nybygget. Den beregnede leverte energibruket forutsatt at varmepumpe dekker 60 % av varmebehovet og de resterende av elektrisitet, viser et forbruk på ca. 133,3 kWh/m²år for det rehabiliterte bygget og 97,7 kWh/m²år for nybygget. Dersom varmebehovet forutsettes 100 % dekket av fjernvarme fra fjernvarmenett i Oslo, viser resultatene at beregnet netto levert energi er 168,1 kWh/m²år for rehabilitert bygg og 110,3 kWh/m²år for nybygget.

6.2 Resultater fra klimagassberegningen

Resultatene fra klimagassberegningen i denne studien deler klimagassutslipp opp i:

- Klimagassutslipp fra produksjonsfasen som inkluderer utslipp fra materialer som brukes i forbindelse med oppføringen av bygget (A1-A3)
- Klimagassutslipp fra byggefase, som inkluderer transport av materialer til byggeplass (A4) og transport avfall bort fra byggeplass til deponi (A5)
- Klimagassutslipp fra materialer til vedlikehold og utskifting i byggets samlede levetid (B4-B5)
- Klimagassutslipp fra energibruk til drift av bygget (B6) og
- Klimagassutslipp fra riving av bygget og avfallsbehandling av revede masser etter 60 år endt levetid (C1-C4)

Beregningen ble utført for to hovedalternativer der den ene representerte bevaringen og rehabilitering og den andre riving og bygging av et nytt og funksjonelt ekvivalent kontorbygg som det rehabiliterte, prosjekterte bygget.

Ser man utelukkende på klimagassutslipp fra materialbruk som følger av å bevare og rehabiliterer, viser resultatene gitt forutsetningene for beregningen et samlet klimagassutslipp fra materialer på mellom 460-565 tonn CO₂e over 60 år, eller ca. 80-98 kg CO₂e/m² BTA for hhv. optimerte og generiske betingelser for materialbruk og transport av materialer til byggeplass. Over 60 år utgjør dette et beregnet årlig utslipp på hhv. 1,3-1,6 kg CO₂e/m² BTA per år. Sammenliknet med resultater for alternativ 2 – riving og nybygg er dette en reduksjon på omkring 66-68 %. Siden den største andelen av utslippene fra materialbruk skjer i forbindelse med produksjons- og byggefase, indikerer resultatene at rehabilitering og ombruk av eksisterende bygningsmasse er et sentralt tiltak for å nå lavt klimagassutslipp her og nå.

Å rive det eksisterende bygget utgjør nesten 70 % av utslippene fra kapp og svinn fra byggeplass inkludert transport og avfallsbehandling. Dette indikerer at å utelate utslipp fra rivearbeider i forbindelse med vurderinger om riving og nybygg eller rehabilitering kan underestimere de reelle utslippene generert i løpet av rive- og byggefase. Sett i lys av at dette er utslipp som skjer i dag, kan reduksjonspotensialet for klimagassutslipp fra materialer ved ikke å rive i dag være av betydning for den totale klimapåvirkningen på kort sikt.

Inkluderes klimapåvirkningen fra energibruk i drift viser resultatene at rehabilitering og videre drift av bygget teoretisk er på omkring 6029-6134 tonn CO₂e (materialbruk og energi) over 60 år eller 17,4-17,7 kg CO₂e/m²BTA per år, forutsatt energiforsyning med varmepumpe og bruk av norsk-europeisk strøm. Spennet representerer forskjellen mellom klimagassutslipp fra materialbruk for bruk av hhv. optimerte data og transportbetingelser for materialer og generiske data. Tilsvarende beregning for nybygget viste et klimagassutslipp fra materialer og energi på 15,7-16,8 kg CO₂e/m²BTA per år som tilsvarer dette en økning i utslippene over 60 år på 5-11 % ved å rehabilitere sammenliknet med å rive og bygge nytt.

Resultatene fra klimagassberegningen for energi viser imidlertid at utslippene i stor grad avhenger både av energieffektiviteten til bygget, valg av energiforsyning og videre forutsetninger for CO₂ faktorer for energivarene som benyttes. Energieffektiviteten er et mål på hvor effektivt energien til bygningen brukes målt som energibehovet til bygningen, eller med andre ord; hvor mye energi som brukes for å dekke energibehovet til bygget. Energiforbruket til bygget dekkes av behov for el-spesifikt utstyr og varmebehov.

Jamfør diskusjon om at energibruken utgjør en stadig mindre del av klimapåvirkningen som følger av strengere energikrav som gir mer energieffektive bygg samtidig med utfasing av fossil energibruk, kan det argumenteres for at tiltak som reduseres utslipp fra materialbruk vil få en stadig større del av klimapåvirkningen i nær fremtid. Siden Norge i stor grad har elektrisitet som stammer fra energiforsyning så vel som energieffektiviteten til byggene.

Resultatene viser at man for å avgjøre hva som er beste klimatiltak må klimapåvirkning fra materialbruk og energibruk sees i sammenheng. I tillegg er tidsaspektet viktig og selv om nye bygninger kan bli mer energieffektive i drift, kan tiden det tar før utslipp fra byggefasen tilbakebetales gjennom reduserte utslipp fra energibruk i drift være lang. Jamfør fristen satt for utslippskutt innen 2030 (The World Green Building Council, 2019), kan det argumenteres for at energieffektive nybygg med lengre tilbakebetalingstid for klimagassutslipp over 50-60 år ikke er nok.

6.3 Usikkerhetsmomenter

Grad av informasjon og detaljering i IFC og dokumentunderlag

Usikkerhetsmomenter knyttet både til casestudien og dokumentanalysen er først og fremst knyttet til tilgang på og tolkning av datagrunnlaget. Datainnsamlingen i forbindelse med et pågående rehabiliteringsprosjekt er gjort basert på tilgjengelig dokumentasjon i tidsrommet januar-juni 2020. Som følger må resultatene sees i lys av at endringer i prosjekteringsunderlag kan føre til andre valg særlig i forbindelse med valg av materialdata og forutsetninger for energi i forbindelse med klimagassberegningen.

Rehabiliteringen av det eksisterende ambassadebygget var under datainnstillingsperioden delt inn i ulike prosjektfaser, noe som påvirket detaljeringsunderlaget tilgjengelig for hele prosjektet; fasaderehabilitering, underetasjer og kjeller var under prosjektering og det forelå detaljer for yttervegger og for nytt gulv på grunn for ny kjeller, samt detalj for tak over kjeller. Yttertak på plan 05 var i skissefase og detaljer forelå ikke. Grad av detaljering i informasjon kom også frem ved gjennomgang og mengdeuttak fra IFC-filene i prosjektet. Mye tid gikk med på å sortere ut relevante bygningsdeler og tilordne egenskaper og materialer både for eksisterende og nye komponenter. I tillegg kan det argumenteres for at samme vurderinger kunne blitt gjort på et mer omtrentlig grunnlag og ved å se på de største materialgruppene i bygget, fremfor å gå i dybden på komponenter som gulvbelegg og himlinger og ulike typer innervegger.

Valg av produkter vil i stor grad påvirke det totale utslippet. Det har vært en utfordrende oppgave å innhente informasjon om eksisterende materialer for de ulike livsløpsmodulene, som kan si noe om hvilke antakelser som kan beskrive et representativt scenario.

For å gjennomføre en klimagassberegning for et nytt bygg, vil det kun være nødvendig å hente ut alle mengder og etablere en bygningsmodell fordi det ikke skilles mellom eksisterende konstruksjoner eller nye byggevarer. For en klimagassberegning for et rehabiliteringsprosjekt, stiller det seg annerledes fordi en må skille mellom elementer som inngår som nye og eksisterende komponenter planlagt for bevaring og riving. IFC-filen fra ARK ble innledningsvis gjennomgått i Solibri for at forfatteren skulle danne seg et bilde av de ulike definisjonene som var blitt brukt i prosjektet. Arkitekten ble kontaktet tidlig via mail og telefon for en gjennomgang og for å avklare forutsetninger for innholdet i fila på det daværende tidspunkt. Det følger en naturlig konsekvens at jo mer som utelates, jo større vil den faktiske klimapåvirkningen fra bygget i realiteten være i forhold til hva som kommer frem av resultatene, men så lenge store materialgrupper som er klimagassintensive i produksjon inkluderes, slik som betong, stål og materialgrupper av en større mengde, ansees denne effekten av ikke å inkludere alle mengder som liten på det totale resultatet.

Usikkerhet knyttet til de ulike livsløpsfasene

Det er mange inngangsparametere som må defineres i forbindelse med et klimagassregnskap og det er flere muligheter å definere de på. Jamfør (Simonen, 2014) vil resultater fra klimagassberegningen direkte avhenge av en rekke valg og antakelser gjort for beregningen og må derfor sees i sammenheng med hverandre. Usikkerhet kan i forbindelse med klimagassberegningene knyttes til flere faser av beregningen, valg av sentrale inndata og tolkning av resultatene. Av mest kritiske usikkerhetsmomenter er det vurdert at valg av materialdata, energiforsyning og valg av CO₂-faktorer for energivarer er de mest signifikante.

1- produksjon av bygningsmaterialer (A1-A3)

Usikkerhet knyttet til produksjon av bygningsmaterialer (A1-A3) i dag er i stor grad knyttet til valg av miljødata og EPD-er for de ulike produktene. En følsomhetsanalyse for materialer inkluderte en beregning av generiske og optimerte materialer. Resultatene indikerer at bruk av klimavennlige materialer kan ha en isolert stor effekt for klimagassutslipp fra materialer.

2- Usikkerhet knyttet til transport av materialer til byggeplass (A4)

Usikkerhet knyttet til transport av materialer til byggeplass (A4) er knyttet til valg av transportavstand og transporttype. Resultatene viste at det utslipp fra transport av materialer er neglisjerbare i forhold til de totale utslippene fra materialbruk, og følgelig påvirker resultatene i liten grad. Gitt økt etterspørsel etter miljøvennlig bygg- og byggeplasser er det trolig at vi i fremtida vil ha lavere utslipp fra transport av byggevarer både for produksjons- og byggeplass og som følger av utskiftning i løpet av levetiden. Usikkerhet forbundet med transport av materialer til byggeplass ansees derfor som liten til neglisjerbar.

3- Usikkerhet knyttet til utslipp fra kapp og svinn på byggeplass (A5)

Utslipp fra kapp og svinn på byggeplass (A5) avhenger av standard verdier for valgte materialer tilegnet gjennom beregningsprogrammet OneClick. OneClick LCA gir mulighet for å vurdere utslipp fra byggeplass ved bruk av enten gjennomsnittlig byggeplass påvirkning, som forutsetter en «standard» fordeling av ressursbruk fra byggeplass under norske forhold. Alternativt kan det legges inn kjente eller målte verdier for energibruk dersom dette er kjent. I denne studien har det ikke vært innhentet noen data i forbindelse med utførelsesfasen på byggeplass og som følger av prosjektets status under datainnsamlingen, ble dette datagrunnlaget, dersom det foreligger, vurdert som mindre relevant ift. oppgavens problemstilling. Det er imidlertid ikke uinteressant, og det kan argumenteres for at utslipp

på byggeplass i forbindelse med arbeidene som gjøres og planlegges utført på dette bygget, isolert sett vil kunne variere i stor grad fra et tenkt, standard kontorbygg, særlig med hensyn til spesielle grep som midlertidige konstruksjoner som følger av undergraving av bygget.

4- Energibruk (B6)

Valg av energiforsyning og utslippsfaktorer for de ulike energibærerne vil påvirke resultatene direkte. Beregningsresultatene for klimagassutslipp fra energibruk i drift illustrerer at både valg av energiforsyning og energikilder samt valget mellom hvilken CO₂ faktor som skal brukes for elektrisitet fra nettet er en viktig forutsetning siden det vil påvirke beregningsresultatene direkte.

Vektingen av energi er ikke konstant og vil følgelig endres med tida i tråd med hvordan forurensinger for fornybare energikilder endres. Under dagens forutsetning for utslippsfaktorer vil for eksempel bruk av fjernvarme, som for Oslo er forutsatt med en faktor på 0,0138 kg CO₂e/kWh, redusere klimagassutslippene sammenliknet med beregningsscenario for norsk-europeisk el-miks og være litt over scenario som antar norske utslippsfaktor for elektrisitet. Jamfør diskusjon om at energibruken som følger av strengere energikrav som gir mer energieffektive bygg samtidig med utfasing av fossil energibruk gir lavere klimapåvirkning fra den leverte energien, kan resultatene illustrere argumentet om at gitt utviklingen i energimarkedet og mer energieffektive bygg vil klimagassutslipp fra energi utgjøre en stadig mindre del av den totale klimapåvirkningen fra bygg.

Resultatene fra casestudien indikerer at de vurderte rehabiliteringstiltakene samlet og i liten grad er mindre bærekraftig sammenliknet med et standard TEK 17 kontorbygg basert på vurderinger av tekniske krav i TEK. Datagrunnlaget gir ikke grunnlag for vurderinger av rehabilitering sammenliknet med bygg mer høyere miljø- og energiambisjoner enn i TEK, slik som passivhusstandard eller nær-nullenergibygge. En sammenlikning mot et kontorbygg med høyere miljø- og energiytelse enn minstekrav i TEK vil følgelig kunne redusere klimagevinsten ved rehabilitering.

Hovedmålet for å redusere miljø- og klimabelastningen fra byggenæringen bør være å velge løsninger som gir lavt energibruk og lave klimagassutslipp. Det er imidlertid argumentert at for å fase ut fossil energi må det brukes mer elektrisitet. I tråd med at etterspørsel etter fossil energi vil øke, vil følgelig etterspørselen etter elektrisitet også øke. Selv om mye av den norske energibruken er basert på ren vannkraft, er energireducerende tiltak viktige for å nå klimamålet.

Dersom forutsetningene for energikildene endres i fremtida, for eksempel dersom avfallsforbrenning ikke lenger er ansett som miljøvennlig, vil følgelig resultatene endres og utslipp fra energibruk i drift basert på avfallsforbrenning vil være høyere enn antatt i dag.

Følsomhetsanalysene for valg av CO₂-faktorer for anvendte energivarer kan indikere at dersom utslipp fra fjernvarme reduseres, vil den nominelle endringen mellom nybygget og det rehabiliterte bygget også reduseres. Med andre ord vil gevinsten ved en mer energieffektiv bygningskropp for nybygget reduseres fordi varmebehovet har mindre å si for de totale utslippene. Med lavere utslipp vil også det høyre driftsenergi bruk for det rehabiliterte bygg bety mindre og materialbruken og utslipp fra det vil bety mer. Videre er det tidsperspektivet, og dersom utslipp fra energiforsyning i fremtiden reduseres ned mot null, vil gevinsten for nybygg også reduseres.

Da står en igjen med et høyt forbruk av el-spesifikt energibehov. For et kontorbygg med mye el-teknisk utstyr som krever mye strøm i drift, kan det kanskje antas at vi med tida ikke vil bruke, men snarere mer teknisk utstyr. Dersom utslippene fra strøm går ned, vil det være en stor gevinst å hente for bygg med høye el-teknisk energibehov. Dette vil derimot være likt for beregningen for nybygget og rehabilitert bygg da det ikke er avhengig av bygget men heller teknisk utstyr som bringes inn i bygget og de brukere som er i bygget.

Dersom betingelsene for fjernvarme og elektrisitet endrer seg i en mer miljøvennlig retning, indikerer resultatene fra beregningen utført i denne studien at utslipp fra materialbruk vil kunne utgjøre en relativt større andel av de totale utslippene fra materialer og energi. Sett i lys av at utslippene må drastisk ned innen 2030, bør tiltak settes inn der de gir mest effekt og minst usikkerhet. Med dette som argument, vil bevaring og rehabilitering selv for verneverdige bygg med restriksjoner som begrenser energioppgraderinger, men som reduserer utslipp fra materialer i dag trolig være et effektivt valg.

5- Usikkerhet knyttet til endt levetid (C1-C4)

Som følger av begrenset tilgang på informasjon og dataunderlag for C1-C4, er det brukt en standard sammensetning for modulen tilordnet i beregningsprogrammet OneClick LCA. I tillegg til usikkerhet forbundet med tidsframskrivninger, medfører manglende forutsetninger for beregning av C1-C4 en usikkerhet for beregningen. På denne måten vil utslipp tilordnet C1-C4 gi lite grunnlag for sammenlikning, annet enn at den totale summen av utslippene tar innover seg endt levetid. I C1-C4 inngår utslipp fra rivearbeider, transport av materialer til avhending og avfallsbehandling av materialene. Dersom det forutsettes mer bruk av utslippsfrie transportmidler, økt grad av ombruk og teknologi som muliggjør mer effektiv avfallsbehandling om 60 år, vil følgelig utslippene forbundet med endt levetid for bygget kunne reduseres. Reduksjonen vil imidlertid kun påvirke samlet bergene utslipp for de to modellene, og i mindre grad den relative forskjellen mellom de to. Som følger vurderes det at samlet konklusjon i liten grad vil påvirkes.

Utslippene fra å rive det eksisterende bygget inkluderer utslipp fra C1-C4 og er tilordnet delmodul A5 konstruksjon- og rivefase. I modul C1-C4 i OneClick LCA er ikke utslipp fra riving (C1) inkludert som følger av manglende datagrunnlag opplyst i beregningsprogrammet. Utslippene stammer derfor kun fra transport av avfall (C2), avfallsbehandling (C3) og avhending (C4), og å kalle det «riving» kan derfor virke misvisende. Begrepet er likevel brukt da disse er fellesbetegnelsen på resultater fra OneClick og derfor ansees som mer «kjent» enn å kalle det C2-C4. Dette ville kanskje likevel vært mer nøyaktig. Til tross for usikkerheten er det valgt å likevel inkludere utslippene fordi det er utslipp som slippes ut i dag. Å ikke inkludere klimaeffekten av å rive i vurderinger som gjøre for nybygg eller rehabiliterer, kan som følger underestimere den mulige klimapåvirkningen av å bygge nytt. Resultatene må imidlertid sees i sammenheng med at endringer i scenarioer for avfallshåndtering for rivearbeider i dag og grad av gjenbruksgrad av eksisterende byggevarer kan påvirke resultatet. Bruk av databasen i OneClick LCA er ikke transparent. Dette gjør vurdering av resultatene fra endt levetid utfordrende.

En annen utfordring i forbindelse med vurdering av gjenværende levetider for bevarte bygningsdeler for rehabilitert bygg, er knyttet til mangel på EPD-er for eldre byggevarer. Av den gjennomgått litteraturen var det vanskelig å oppdrive anbefalinger på hvordan bruk av EPD på eksisterende bygg bør brukes for å minimere grad av usikkerhet. I tillegg er det få eller ingen av de anvendte og relevante EPD-ene på markedet i dag som inneholder informasjon om denne modulen. Det ble derfor valgt å bruke standardverdier for grad av utskiftning gitt gjennom OneClick.

Generiske data ble gjennomgått, og variasjonen i datasettene ligger på omkring 35% for samtlige materialgrupper. Reduksjonen vil imidlertid ikke påvirkes dersom samme datatyper sammenliknes (generiske mot generiske og spesifikke mot spesifikke) for nybygget og rehabilitert bygg. Beregninger for de eksisterende konstruksjonene er foretatt med bakgrunn i data for nåtidens produksjonsforhold og tar ikke utgangspunkt i teknologiske utvikling de neste 60 årene.

Siden de generiske verdiene baserer seg på et gjennomsnitt av konkrete produkter tilgjengelig på dagens marked, vil det være forbundet en usikkerhet når disse anvendes for å beskrive miljøkvaliteten og scenarioer for gjenværende levetid for eldre materialer. Hvilken EPD som benyttes vil kunne påvirke resultatene i større eller mindre grad. En erfaring gjennom arbeidet med materialregnskapet

var at det kanskje kunne vært mer hensiktsmessige å snakke om intervaller når det gjelder resultater fra klimagassutslipp, snarer enn absolutte verdier, dette for å synliggjøre usikkerheten forbundet med valg av type materialer. Et spørsmål som da kan bli gjeldende er hvorvidt kostnadene i form av tids- og ressursbruk som investeres i å forfølge alle prosesser i detalj sammenliknes med nytteverdien av å få et litt mer nøyaktig resultat.

Det er usikkerhet forbundet med både hvilke type data som er brukt (generiske eller spesifikke), beregningsfaktorer for de anvendte dataene (transportavstander for A2, A4 og C2, antall utskiftninger B4-B5 og EOL-scenarier C3-C4) og utslippsfaktorene de er tilordnet. For å redusere usikkerhet forbundet med valg av data typer er det gjort bergeneinger både for generiske og spesifikke data.

Antakelser som påvirker utslipp i dag eller nær fremtid vil følgelig være forbundet med mindre usikkerhet enn ved framskrivninger.

Tidsaspektet

Beregningen omfatter utslipp i dag relatert til energibruk i drift (B6), produksjon av bygningsmaterialer ekskludert energiproduksjonsutstyr (A1-A3), transport av materialer til byggeplass (A4) og materialsvinn ekskludert energibruk på byggeplass (A5). I tillegg er utslipp fra fremtidige utskiftninger av materialer (B4-B5) og avhending og avfallsbehandling av bygget etter endt levetid (C1-C4) inkludert. Generelt er beregning av fremtidige utslipp forbundet med høyere usikkerhet enn beregningen av utslipp i dag. Usikkerhet forbundet med tilgang på type data avhenger av dagens tekniske og markedsmessige situasjon.

Bærekraftige bygninger har ikke bare lave CO₂-utslipp, men fleksibilitet – det å kunne gjøre om et bygg slik at levetida kun utvides er også et bærekraftig bygg. Rehabilitering av et 60 år gammelt bygg er i seg selv et bevis på at levetids-begrensningen i LCA-beregninger på 60 år er et teoretisk og «konstruert» levetid. Innenfor metodikken er det nødvendig å sette noen systemgrenser, men livsaspektet vil i stor grad variere avhengig av særlig bruksfasen, med fortrinnsvis behov for vedlikehold og grad av utskiftning. Det å velge rehabiliteringstiltak som også tar høyde for høy holdbarhet er en god investering over livsløpet.

6.4 Usikkerhet knyttet til tekniske rammebetingelser, valg av metoder og avgrensinger

NS 3720:2018 utkom i 2018 og er relativt ny og den gir ikke noen entydig svar på omfanget av en vurdering for rehabilitering inkludert riving eller definisjonen av et referansebygg utover at den skal være funksjonelt ekvivalent til de prosjekterte alternativet. Det har vært flere mulige innfallsvinkler til hvordan beregningen i oppgaven kunne utformes med hensyn til referansebygget. Valg av både referansebygg og CO₂ faktorer for materialer, energibruk og transport er avgjørende for sluttresultatet og følgelig avgjørende for analysen for å besvare forskningsspørsmål 2.

Ved oppstart av masterarbeidet hadde undertegnede liten kjennskap til bruk av One Click LCA som programvare. Ved hjelp av oneclicklca.com er det tilgang på informasjon og læringsvideoer som innledningsvis ble gjennomgått. Disse ga en forståelse av programmets hovedfunksjoner, muligheter og utfordringer, men var først og fremst knyttet til standard beregningsprosedyre i forbindelse med nybygg iht. klimagassregnskap for BREEAM og NS 3720 og ikke direkte til bruk i alternativ vurderinger omkring rehabilitering eller rive og bygge nytt.

En transparent og mer omforent beregningsmetodikk for rehabilitering vil med tida trolig gjøre det enklere å definere omfanget av og forutsetninger for beregninger og følgelig redusere grad av usikkerhet i forbindelse med sammenlikninger og overførhet mellom beregninger.

Valg av referanse som sammenlikningsgrunnlag

Etter NS 3720 brukt som standard iblant annet BREEAM av Statsbygg, skal det defineres et referansebygg som sammenlikningsgrunnlag. Referansebygget skal referere de tekniske og funksjonelle standardløsningene i Norge. Det er mange løsninger og materialsammensetninger som kan tilfredsstillende et funksjonelt og teknisk ekvivalent bygg som det prosjekterte. Hvilken løsning som velges vil i stor grad kunne påvirke resultatene fra beregningene, og derfor også påvirke det analyserte reduksjonspotensialet. Sett i sammenheng med teori omkring LCA generelt, er det tydelig at hensikten til vurderingen må tydeliggjøres og at en sammenlikning kun gjøres basert på formålet med vurderingen.

Mye tid ble viet til å vurdere ulike referansebygg som kunne fungere som et realistisk sammenlikningsgrunnlag innenfor rammene gitt av oppgaven. Valget landet på et nybygg tilsvarende definisjonen gitt i Futurebuilt 1.0-prosjekter som «tilpasset referanse» med samme geometri og mengder som det prosjekterte bygget. Materialsammensetningen som ble valgt var basert på generiske verdier for en rammekonstruksjon i betong. En fordel med denne sammenlikningen var at sammenlikning på bygningsnivå og bygningsdelsnivå kunne gjøres med de samme forutsetningen. For klimaskallet inkludert gulv mot grunn, yttervegger, vinduer og yttertak ble det vurdert at et mulig realistisk alternativ til å bevare ambassadebygget kunne vært å bygge opp et bygg med tilnærmet samme størrelser, antall etasjer og materialmengder for klimaskallet. Interiør og innvendig struktur ble i større grad vurdert som usikre komponenter, da disse for det rehabiliterte bygget i stor grad er påvirket av hensynet til vern. Med utgangspunkt i de reelle planene for utvidet underetasjer under dagens kjeller og nytt plan på tak, kan en rimelig antakelse være at dersom bygget likevel skulle blitt revet, ville en muligens utnyttet innvendig areal som i dag opptas av atriumet på en annen måte, og dermed ville hele den innvendige strukturen i bygget trolig vært utformet annerledes.

Valg av referansebygg som sammenlikning er vurdert som representativt opp mot dagens standard og krav. Likevel sees det oftere og oftere at byggherre strekker seg lengre enn minimumskrav og det er grunn til å forvente at med overgang til et lavutslippssamfunn, vil etterspørselen etter bygg som yter utover minimum øke. Som følger kan det argumenteres for at en sammenlikning av rehabilitering mot et TEK 17 nybygg sammenlikner med en «standard case» og ikke «best case» på markedet og på denne måten utelater kostnader ved å rehabilitere dersom nybygget var et mer energieffektivt bygg med lavkarbo-materialer og materialbruk med lave utslipp i produksjonsfasen, for eksempel massivtre. Likevel er det antatt at resultatene for sammenlikning mot referansebygget viser et realistisk grunnlag og potensialet av hva som er mulig i dag. Følsomhet for endrede resultater som følger av endrede referanser illustreres tydelig i ZEN 24 rapporten som taler for å gå bort fra referansebygg, men sammenlikne utslipp fra materialer mot absolutte krav til utslipp fra materialbruk i norske bygninger.

Det er flere forhold forbundet med referansebygg som kan gi usikre resultater sammenliknet med et mer troverdig nybygg. For det første er et slikt referansebygg en kubisk, kompakt bygg med samme BTA og BRA som det sammenliknede bygget. For ambassadebygget som allerede ligger på en trekantet tomt med definerte tomtkriterier ble et kubisk bygg ansett lite realistisk. Det eksisterende bygget har per i dag en utnyttelsesgrad på ca. 80 % (BYA). BYA kommer frem av reguleringsplanen. Med antakelsen om at ambassaden ikke var fredet, ville trolig utnyttelsesgraden på grunn av utbyggers ønske om økt utnyttelse. Tilbyggene i U2 og takplan kan illustrere et ønske fra utbygger om å maksimere utnyttelsen, og når det ikke er mulig i planet er det gjort i høyden. På grunn av utforming av tomt og gateforløpet antas det derfor mindre sannsynlig at et eventuelt nybygg på tomten ville hatt en svært annerledes form enn det eksisterende bygget.

Referansebygg med tilpasning kan ifølge Futurebuilts vise hvordan valg av andre materialer reduserer klimagassutslippet. Ulike materialer har ulike egenskaper og uttrykk, og valg av ulike materialer henger

derfor sammen med både funksjonene til bygget, det ønskede uttrykket og tekniske egenskaper, slik som brann, akustikk, lastbærende evne, spennvidder mm. Dersom en antar at utbygger ikke har noen særskilte miljøkrav og ønsker å benytte standard materialer og overholde forskrift i TEK 17, men ikke videre miljøambisjoner utover dette, kan det argumenteres for at et tenkt nybygg kunne bestått av betongramme med sandwichelementer (basert på verdier fra referansebygg opp mot TEK 17).

Formålet med oppgaven har ikke vært å vurdere ulike materialvalg, selv om dette vil kunne påvirke reduksjonspotensialet for bevaring sammenliknet med nybygg. Dersom for eksempel nybygget hadde et lavere utslipp fra materialbruk for eksempel som følger av bruk av massivtre, ville utslippene fra

Muligheter og utfordringer ved bruk av OneClik LCA

Det ble tidlig vurdert at brukersnittet til OneClik LCA ikke er direkte kompatibelt med klimagassregnskap der formålet er å vurdere rehabilitering eller nybygg inkludert rive-scenarier av eksisterende bygg med omfang knyttet til både byggefase, drifts- og endt livsløp. Dette medførte stor grad av prøving og feiling i forbindelse med tilnærmingen særlig knyttet til hvordan resultatene sammenstilles og bearbeides for å samsvare med det definert omfanget av beregningen og hensikten med problemstillingen. Med bakgrunn i disse utfordringene, ble det i løpet av prosessen tatt kontakt med en ekstern miljørådgiver i forbindelse med vurdering av rehabiliteringsprosjekter. Basert på faglig innspill fra en med erfaring med bruk av programmet og rehabiliteringsprosjekter, ble det vurdert hensiktsmessig å opprette ulike design for fortrinnsvis eksisterende og nye tilførte materialer for å kunne vurdere utslipp knyttet til ulike deler av livsløpet for begge bergeningsscenarioer. Innledningsvis ble det opprettet flere design og det ble testet ut ulike måter både å importere og bearbeide data i programmet før valget landet på sammensetningen som er gjort for studien.

Utelatte tema

Det er ikke undersøkt i oppgaven, men det antas at krav knyttet til materialbruk og avfallsmengder er overholdt med bakgrunn i krav definert TEK 17, kapittel 9 og at nye produkter ikke inneholder helse- eller miljøskadelige stoffer. Dette understrekes ved funn i miljøkartleggingsrapport og håndtering av masse fra etter samtale med riveentreprenør. Funn av miljøfarlige stoffer i fasadelementer er ikke videre belyst i oppgaven og studien gir derfor ikke grunnlag for å vurdere krav til materialbruk og ytre miljø i TEK. Det er ikke undersøkt hvorvidt ombrukte byggevarer og komponenter i forbindelse med rehabiliteringen overholder krav definert i Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) og Byggevarerforordningen. DOK stiller krav til omsetning og dokumentasjon av produkter i byggverk, herunder byggevarer og definerer i tillegg gjennom «Byggevarerforordningen» regler for produkter som kan CE-merkes, dvs. at byggevaren overholder minstekrav til helse, miljø og sikkerhet.

Ombruk av eksisterende bygg vil redusere ressursbruk til nye materialer. Dette vil i tillegg redusere miljøbelastningen på bymiljøet fra transport av byggematerialer til og fra byggeplass. For ambassadebyggets plassering i Oslo sentrum kan det argumenteres for at andre effekter av en tenkt riveprosess ville medført både støy og- og klimaforurensning lokalt. Reduksjon av lokale utslipp i en tett by-struktur som Oslo vurderes også som en positiv effekt av å rehabilitere sammenliknet med å rive og bygge nytt.

Hensynet til økonomi er ikke vurdert i oppgaven. Økonomisk bærekraft kan vurderes etter LCC-analyser som tar innover seg kostnader utover investeringskostnader, men også kostnader knyttet til drift og vedlikehold av bygget over byggets levetid. Datagrunnlaget i oppgaven gir ikke grunnlag for å kvantifisere eller vurdere noen levetidskostnader. Generelt vil det likevel kunne argumenteres for at dersom en samlet LCC-kostnad over livsløpet ikke overskrider det et nybygg ville kostet, til tross for at investeringskostnader ved rehabilitering overskrider hva det koster og rive og bygge nytt, vil det være økonomisk bærekraftig å rehabilitere fremfor og rive og bygge nytt. Hvem som påtar seg kostnadene og byggherres vektning av hensynet til miljømessige, sosiale og økonomiske vurderinger vil følgelig påvirke bærekraftpotensialet ved vurderingen. Drifts- og vedlikeholdskostnader er ikke vurdert, men

dersom det forutsettes samme tekniske og funksjonelle kvaliteter, vil avveiningen mellom nybygg og rehabilitert bygg basere seg på hvorvidt valg av materialer og eventuelt utformingen av arealer påvirker kostnader knyttet til for eksempel utskiftning, renhold, vedlikehold. Uten at resultatene i denne studien danner grunnlag for å si noe om kostnader i forbindelse med oppgraderingen, er det stor grunn til å tro at bevaringen og rehabiliteringen av ambassadebygget er negativt mht. kostnadseffektiviteten i prosjektet per i dag. Jamfør (Asplan Viak, 2019) viser studier at ombruk ikke er lønnsomt for utbygger, men at det med tiden kanskje kan bli det. Bortsett fra hensyn til kostnader for utbygger, vurderes fredningen mht. materialer stort sett å være positivt.

6.5 Overføringsverdi

Selv om bygget i casestudien er et spesielt bygg, kan det likevel trekkes noen generelle innsikter basert både på kvalitative funn gjort gjennom casestudien og resultater fra klimagassbergingen som kan ha overføringsverdi til andre vurderinger av om et eksisterende bygg skal bevares eller rives og erstattes av et nytt. Basert på resultatene og erfaringene gjort gjennom arbeidet med oppgaven er det vurdert følgende overføringsverdi til andre tilsvarende prosjekter:

- Sirkulærøkonomi er i oppgaven knyttet til gjenbruk (ombruk + materialgjenvinning). Sirkulærøkonomi er vedtatt som satsningsområde for regjeringen og rehabilitering med høy grad av ombruk er følgende et sentralt og godt sirkulært grep.
- Bruk av eksisterende bygningsmasse enten i form av rehabilitering (direkte ombruk) eller gjenbruk (ombruk + materialgjenvinning) kan i stor grad bidra med å redusere bruk av ressurser, redusere klimagassutslipp fra materialer. Innsikter fra oppgaven tilsier at å ta i bruk en tomt med eksisterende bygningsmasse i tillegg kan gi positive effekter på andre bærekrafttema, slik som reduksjon av støy fra byggeplass. Særlig ombruk av fundamenter, gulv på grunn og konstruksjoner under bakken vil kunne gi klimagevinst, da slike konstruksjoner som normalt er klimagassintensive konstruksjoner.
- Ombruk av konstruktive bygningsdeler i betong, som yttervegger, bærende innervegger og dekker vil gi en klimagevinst dersom alternativet er nye tilsvarende betongelementer.
- Ved å restaurere karmen i tre og erstatte glass, kan ombruk av vinduer tilfredsstille krav til U-verdi iht. TEK. Ombruk av karmen er antatt å ha en lengre levetid enn nye vinduer, men dette er ikke videre undersøkt i oppgaven og forsiktighet rundt påstanden må utvises. Glass er klimagassintensive i produksjon, og nye vinduer antas fra generiske data i OneClick med en levetid på omkring 35 år. Resultatene fra beregningen viser at utslipp fra transport av vinduer frem og tilbake fra Estland har liten påvirkning, selv om utslippene er høyere enn lokalproduserte nye vinduer.
- Innsikter fra metodiske vurderinger kan benyttes i prosjekter der formålet er å kartlegge potensialet ved å bevare sammenliknet med å rive og bygge nytt.

Resultatene fra oppgaven kan tyde på at vurderte energieffektiverende tiltak for både etterisolering av fasade, utskiftning av glass i vinduer og oppgradering av tekniske løsninger for ventilasjon kan gjennomføres uten at det fører til endringer av byggets arkitektoniske uttrykk og dermed påvirke verneverdien. Selv med energieffektiviseringstiltakene vil det teoretisk ikke oppnås samme energieffekt som et standard nytt kontorbygg innenfor rammene definert i TEK 17, men funnene kan likevel støtte opp under kvalitetsprinsipp 9 for rehabilitering (Bygg21, 2018) dvs god ressursutnyttelse og lave klimagassutslipp ved å medføre lavere utslipp i byggefase, til tross for høyere utslipp i løpet av driftsfasen er mulig.

Ut ifra definisjonen av bærekraftig utvikling definert av FN, er vern om kulturminner i seg selv bærekraftig ved at alternativet til vern er å frata fremtidige generasjoner den samme mulighet til å oppleve verdien av bygget. Det er samtidig ikke alle bygg som skal eller bør bevares som for eksempel

at bygget ikke kan tilfredsstillende nye tiltenkte funksjoner eller krav som bør eller må foreligge og at det dermed ikke er forsvarlig ut fra hensynet til tekniske og funksjonelle kvaliteter og krav. Avveiningen mellom ulike hensyn vil variere fra prosjekt til prosjekt, og vurderingen av hva som er mest hensiktsmessig i det ene prosjektet vil ikke nødvendigvis være gjeldende i et annet prosjekt. Men dersom det å bevare og rehabilitere kan være bærekraftig både innenfor en miljømessig vurdering og en sosial vurdering knyttet blant annet til opplevelsesverdien, variasjonen og å ta vare på deler av arkitektur- eller kulturhistorie, kan det argumenteres for at det bør foreligge tungtveiende grunner for å rive fremfor å bevare. Ved å utelate aspekter knyttet til sosial bærekraft og muligheten for klimagevinst, vil vurderinger om riving kunne bli gjort på feilaktig grunnlag. Ut fra hensynet til siklærøkonomi, kan det argumenteres for at kulturminnevern og klimagevinst to sider av samme sak.

Bygget er fredet som følger av sin kulturhistoriske verdi, og derav er det nærliggende å vurdere at bygget ved å bevares kan gi menneskene som opplever det en annen opplevelse og sanseintrykk enn et nybygg ville gitt. Det kan argumenteres for at fredning av bygget som medfører rehabilitering og bevaring kan bidra med variasjon i arkitektur og bybildet sett ut fra et historisk perspektiv. Det er stor sannsynlighet for at et tilsvarende bygg med samme formspråk, materialer og arkitektoniske kvaliteter ville blitt prosjektert dersom bygget ikke var fredet og planlagt for riving. Utover dette gir resultatene basert på oppgaven ingen mulighet til å vurdere kvaliteter for nybygget. Det kan heller ikke vurderes ut fra resultatene om det ene eller andre er mer eller mindre positivt ut fra hensynet til opplevelser.

Bevaring og ombruk av eksisterende byggevarer, og særlig eldre byggevarer uten miljødokumentasjon må vurderes særskilt i hvert enkelt tilfelle. Resultatene fra casestudien illustrerer imidlertid mengden materialer og kvaliteter knyttet til disse i form av kulturhistoriske og som karbonressurser de kan ha. Med bakgrunn i denne innsikten, kan det argumenteres for at det i prosjekter der en har å gjøre med et eksisterende bygg vil være både en miljømessig, og muligens også kulturhistorisk eller bærekraftig gevinst å hente på å kartlegge den eksisterende bygningsmassen for bevaring og eventuelt ombruk av deler av bygget. Følgelig vil ombruk av bygg bestående av store mengder betong gi ytterligere potensialet for redusert klimapåvirkning gjennom at utslipp fra tilsvarende mengder betong utvinnes på nytt.

6.5.1 Samsvar med lignende studier

Det er forbundet med stor usikkerhet om resultater fra en casestudie kan overføres til andre prosjekter og det bør utvises forsiktighet ved å generalisere funn fra en enkelt casestudie til andre studier. En klimagassberging innehar mange variabler og forutsetninger som vil kunne påvirke resultatet direkte, noe som understrekes ved ordlyden i NS 3720 som sier at sammenlikninger av resultater fra ulike klimagassregnskap i utgangspunktet ikke skal skje på tvers av den definerte funksjonelle enheten.

Funnene understøttes av funn i den gjennomgåtte litteraturen beskrevet i introduksjonen og under diskusjon av rammebetingelser. Sett ut fra et sirkulærøkonomisk perspektiv, er bevaring og rehabilitering av eksisterende bygg en form for ombruk med høy verdsetting av materialer og avfallsreduksjon og ombruk vil veie tungt. I den gjennomgåtte litteraturen blant annet understrekes det samtidig at ombruk av betong egner seg godt i form av fyllmasser til andre prosjekter. Ombruket innebærer imidlertid ofte utslipp fra demontering, transport til mellomagring eller eventuelt direkte til ny tomt. Alternative ombruksscenarioer er ikke beregnet i oppgaven.

Tendensen for potensialet for ombruk i form av reduserte utslipp fra materialer og økt utslipp fra energi, samsvarer med resultater fra andre prosjekter referert i den gjennomgåtte litteraturen. Selv om grunnlaget er lite, kan dette indikere at det kan trekkes noen generelle konklusjoner på grunnlag av data og funn gjort i oppgave som samsvarer med funn gjort av andre:

Sammenliknet med utslipp fra A1-A3 og B4 i ZEN 24 rapporten for rehabiliteringsprosjekter på 2-3 kg CO₂e/m² per år ligger de beregnede utslippene i denne studien fra samme livsløpsfaser på ca. 0,8-1,1 kg CO₂e/m² per år for alternativ 1: Bevare og rehabiliter. For kontorbygg ligger spennet ifølge ZEN 24 rapporten på 3,1 – 7,7 kgCO₂e/m² per år. Sammenliknet med beregnet utslipp for nybygget lå på 2,9-4,2 kg CO₂e/m² per år. Årsaken til forskjellen er ikke undersøkt nærmere og gir grunnlag for videre studier. Dels kan det være større grad av ombruk som følger av at bygget er fredet, noe prosjektene i rapporten ikke opplyser at de er. Det kan også ha å gjøre med metodisk valg og valg av data. Som understreket i ZEN 24 rapporten er det foreløpig ingen standardisert metode og tilnærminger for sammenlikning av studier.

7 Konklusjon

For at Norge skal overholde sine avtaler iht. klima og bygge- og anleggsnæringen nå sine mål om nærnullenergi innen 2030, må det samlede utslippet gå ned. Flere bygg som står i dag, vil bli stående og trolig omfattes av vern. Bygg som omfattes av vern vil ofte medføre restriksjoner på hvilke rehabiliterings- og oppgraderingstiltak som kan gjøres for å bedre prestasjonen til bygget. Med bakgrunn en casestudie, ble det utført en teoretisk klimagassberegning for å vurdere klimaeffekten av rehabiliteringen og ombruk av store deler av et eksisterende fredet større modernistisk kontorbygg bygg fra 1959. Klimagassberegningene inkluderte utslipp fra materialbruk og energibruk i drift over 60 år. Beregningen ble sammenliknet med et teoretisk nybygg med samme funksjonelle og tekniske kvaliteter som det prosjekterte inkludert utslipp fra å rive det eksisterende bygget. Den funksjonelle ekvivalenten for beregningen ble definert som et 5785 m² kontorbygg med tilhørende tekniske kvaliteter basert på to alternative energiforsyninger for levert energi. Den ene ble basert på dekning av varmebehov fra varmepumpe og den andre med fjernvarme. Beregningen ble utført med to ulike scenarier for elektrisitetsforsyning basert på CO₂ faktorer for hhv. norsk-europeisk og norsk el-miks.

Samlet sett vurderes det at rehabiliteringen av tiltak og designgrep foretatt for rehabiliteringen av ambassadebygget imøtekommer hensynet til fredning, med en svært høy grad av ombruk av eksisterende bygningsmasse samtidig som tekniske løsninger overholder vurderte krav i TEK 17 og legger til rette for blant annet kontorarealer med kvaliteter på samme nivå som nybygg.

Med bakgrunn i innsikter fra casestudien er det formulert følgende tre hovedkonklusjoner basert på klimagassberegningene:

4. Rehabilitering og ombruk kan gi klimagassreduksjon knyttet til materialbruk

Bevaring av eksisterende bygninger og ombruk av byggevarer kan bidra med til å redusere klimagassutslipp fra produksjon og transport av nye materialer og fra avfallsbehandling. Beregnet klimaeffekt av å ikke rive det eksisterende bygget ble beregnet til omkring 127 tonn CO₂e eller ca. 22 kg CO₂e/m²BTA som utgjorde i overkant av 7 % av utslipp fra materialer for det teoretisk nybygget med rammekonstruksjon i betong. Den beregnede reduksjonen i klimagassutslipp fra materialbruk (A1-A5, B4-B5 og C1-C4) lå på 1,3-1,6 kg CO₂e/m² BTA per år for alternativ 1 – bevare og rehabiliter som sammenliknet med resultater for alternativ 2 – riving og nybygg utgjør en reduksjon på omkring 66-68 %. Dette indikerer et stort reduksjonspotensial for klimagassutslipp fra materialbruk fremfor å rive og bygge nytt.

5. Klimagevinsten ved rehabilitering avhenger av energieffektiviteten og energiforsyningen til bygget, og endrede fremtidige forutsetninger for tilførsel av energi

Dersom målet er å oppnå høyest mulig klimaeffekt av et byggetiltak eller prosjekt, bør tiltak settes inn der utslippene er størst. Samlet klimagassutslipp fra materialbruk og energibruk i drift avhenger i stor grad av valgt energiforsyning til bygget og utslippsfaktorer for elektrisitet.

Forutsatt energiforsyning med varmepumpe og en EU-miks for strøm på 0,13 kg CO₂e/kWh viser resultatene fra klimagassberegningen at rehabilitering medfører ca. 5-11 % høyere samlet utslipp fra materialer og energi sammenliknet med å rive og bygge nytt. Den største energiposten er utslipp fra elektrisitet. Dersom betingelsene for fjernvarme og elektrisitet imidlertid endrer seg i en mer miljøvennlig retning, vil utslipp fra materialbruk utgjøre en relativt større andel av de totale utslippene. I tillegg skjer utslippene fra materialer i dag, mens utslipp fra energi er fordelt over de antatte 60 årene bygget er i drift. Sett i lys av at utslippene må drastisk ned innen 2030, bør tiltak settes inn der de gir mest effekt og minst usikkerhet.

6. Rehabilitering av verneverdige bygg kan ha et bærekraftpotensiale med hensyn til klima- og miljø i tillegg til kulturminnehensyn, men grad av gevinst vil variere og sannsynlig avhenge fra prosjekt til prosjekt

Det understrekes at usikkerhet i beregningene som følger av mangel på tilgjengelig miljødata og EPD-er for eksisterende materialer. Resultatene fra klimagassberegningene kan ikke direkte generaliseres til andre prosjekter.

8 Forslag til videre arbeid

Arbeidet med masteroppgaven har dekket et bredt og relativt nytt fagfelt. Studien og valg av arbeidsprosess har etterlatt flere spørsmål som det er interessant å gå nærmere inn på. Av disse kan det nevnes:

Økonomiske analyser: Økonomisk bærekraft kan vurderes etter LCC-analyser som tar innover seg kostnader utover investeringskostnader, men også kostnader knyttet til drift og vedlikehold av bygget over byggets levetid. En LCC-vurdering med bakgrunn i de ulike tiltakene vil gi en mer helhetlig tilnærming til bærekraftvurdering.

Belyse andre scenarier for valg av materialbruk: Ved bruk av den samme modellen som i oppgaven er det interessant å belyse hvordan andre scenarier for klimaskall, bygningskroppen og tekniske systemer ville påvirket klimagassutslippene. Dette kan brukes sammen med LCC-analyser og kostnader til å undersøke om det finnes et «optimalt» skjæringspunkt mellom kostnader av klimagassutslipp fra materialbruk i forbindelse med oppgraderingen og gevinsten ved en mer energieffektiv bygningskropp for ulike bygningstypologier.

Inkludere midlertidige konstruksjoner: I oppgavens beregninger ligger det en antakelse om eksisterende fundament på omkring 100 tonn betong og 6,5 tonn armering og golv på grunn på 200 mm betong over 1565 m² areal. I det reelle prosjektet skal det bygges tilbygg under og over eksisterende konstruksjon, noe som medfører at golv og eksisterende fundamenter skal rives. Dette innebærer i tillegg oppføring av midlertidige konstruksjoner. Midlertidige konstruksjoner er ikke en del av omfanget i klimagassberegningen i denne studien. Det er interessant å vurdere netto gevinsten ved å bevare ulike deler av den eksisterende bygningskroppen mot ulike oppgradering- og energitiltak for å se hvilke tiltak for energi som bidrar mest ift. ombrukte materialer. Selv om klimapåvirkningen fra både materialbruk og energibruk i drift for de to rehabiliteringsscenarioene isolert sett er positiv, kan gevinsten fra reduserte utslipp fra materialbruk for bevart dekke være tilnærmet neglisjerbar på grunn av økt energibehov som følger av høyt varmetap mot grunn.

Undersøke effekten av å bruke ulike referansebygg: Variasjoner i valg av referansebygg som sammenlikningsgrunnlag vil påvirke resultatene. Det er interessant å se hvordan for eksempel et «best case» nybygg tilsvarende passivhusnivå eller bedre ville påvirket grad av reduksjonspotensial for klimagassutslipp for bevaring og rehabilitering av et fredet bygg eller av rehabilitering av eksisterende bygg generelt.

Optimalisere prosessen rundt datainnsamling: Kartleggingsprosessen og datainnsamlingen som grunnlag for klimagassberegningene var svært ressurskrevende. Det er behov for å undersøke om erfaringer i dette og andre rehabiliteringsprosjekter, også de som ikke er omfattet av fredning kan brukes til å effektivisere prosessen. For eksempel er det interessant å gå mer i dybden på hva de ulike prosjektaktørene gjennom arbeidet med prosjektet har oppfattet som motiverende og utfordrende.

Videreutvikling av programvare: Brukernettet til OneClick LCA ikke er direkte kompatibelt med klimagassregnskap der formålet er å vurdere rehabilitering eller nybygg. Det er behov for en videreutvikling av programvare som dekker dette behovet.

9 Litteraturliste

- Asplan Viak. (2019). *Bygg- og anleggsektorens klimagassutslipp* Tilgjengelig fra: https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/klimautslipp_bae_2019.pdf (lest 15.03.2020).
- Baumann, H. & Tillmann, A.-M. (2004). *The Hitch Hikers Guide to LCA*. 1. utg. Lund: Forfattere og Studentlitteratur.
- Bryhni, I., Olerud, K. & Mamen, J. (2019). klimagasser. I: *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/klimagasser> (lest 15.04.2020).
- Byantikvaren Oslo Kommune & Riksantikvaren. (2018). *Fredningsdokumentasjon Del 1, Den tidligere amerikanske ambassade, Henrik Ibensgate 48*. Tilgjengelig fra: <https://www.riksantikvaren.no/wp-content/uploads/2019/12/Tidligere-Amerikanske-ambassaden-dokumentasjon.pdf> (lest 15.03.2020).
- Bygg21. (2018). *10 kvalitetsprinsipper for bærekraftige bygg og områder*. Tilgjengelig fra: https://bygg21.no/wp-content/uploads/2021/03/33019_delrapport-3a_digitalt.compressed.pdf (lest 03.04.2020).
- constructionlca. (2018). *EPD numbers continue to increase...* Tilgjengelig fra: <https://constructionlca.wordpress.com/2018/02/20/epd-numbers-continue-to-increase/> (lest 26.02.2020).
- Context AS v/ Hagen, R., Mason Haupt, H. & Grønn byggallianse v/ Bramslev, K. (2017). *Grønn Materialguide*. I: v.2.2 (red.). Tilgjengelig fra: <https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/11/Gronn-Materialeguide-V2.pdf> (lest 08.05.2020).
- Dahlstrøm, O. (2010). Life Cycle Assessment of a Single-Family Residence built to Passive House Standard.
- Direktoratet for byggkvalitet. (2017a). *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/> (lest 27.02.2020).
- Direktoratet for byggkvalitet. (2017b). *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglar/dok/> (lest 27.02.2020).
- Energimerking.no. (2009). *Beregning av energikarakteren*. Tilgjengelig fra: <https://www.energimerking.no/no/energimerking-bygg/om-energimerkesystemet-og-regelverket/beregning-av-karakter/> (lest 14.05.2020).
- Europalov. (u.å.). *Om EU-rettsaktene*. Tilgjengelig fra: <https://europalov.no/laer-mer/eu-rettsaktene> (lest 08.03.2020).
- European Committee for Standardization. (2020). *Who we are*. Tilgjengelig fra: <https://www.cen.eu/about/Pages/default.aspx> (lest 27.03.2020).
- Flyen, C., Flyen, A. C. & Fufa, S. M. (2019). *Miljøvurdering ved oppgradering av verneverdig bebyggelse*.
- FN-Sambandet. (2019). *Bærekraftig utvikling*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/Tema/Fattigdom/Baerekraftig-utvikling> (lest 19.02.2020).
- Fuglseth, M., Lyslo Skullestad, J., Dahlstrøm, O., Løken, E., Norby, A. S. & Borg, A. (2018). *Utredning av livsløpsbaserte miljøkrav i TEK*. Tilgjengelig fra: https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/utredning_av_livsløpsbaserte_miljøkrav_i_tek_asplan_viak_2018.pdf (lest 15.02.2020).
- FutureBuilt. (2019). *FutureBuilt kriterier for sirkulære bygg*. Tilgjengelig fra: [file:///C:/Users/mm911/Downloads/FutureBuilt%20kriterier%20for%20sirkul%C3%A6re%20bygg%20\(8\).pdf](file:///C:/Users/mm911/Downloads/FutureBuilt%20kriterier%20for%20sirkul%C3%A6re%20bygg%20(8).pdf) (lest 03.03.2020).
- FutureBuilt. (2020a). *Forbildeprosjekter*. Tilgjengelig fra: <https://www.futurebuilt.no/Forbildeprosjekter> (lest 12.07.2020).
- Futurebuilt. (2020b). *Kristian Augusts gate 13: Futurebuilt*. Tilgjengelig fra: <https://www.futurebuilt.no/Forbildeprosjekter?municipal%5B%5D=oslo&function%5B%5D=kontorbygg#!/Forbildeprosjekter/Kristian-August-gate-13> (lest 15.09.2020).

- FutureBuilt. (2020c). *Om oss*. Tilgjengelig fra: <https://www.futurebuilt.no/Om-oss> (lest 03.06.2020).
- Graphisoft. (u.å.). *BIM*. Tilgjengelig fra: <https://graphisoft.no/archicad/bim-og-ifc/> (lest 08.07.2020).
- Hasik, V., Escott, E., Bates, R., Carlisle, S., Faircloth, B. & Bilec, M. M. (2019). Comparative whole-building life cycle assessment of renovation and new construction. *Building and Environment*, 161. doi: 10.1016/j.buildenv.2019.106218.
- Ibenholt, K., Frisell, M. M., Gobakken, L. R., Hegnes, A. W. & Myhre Walbækken, M. (2020). *Samfunnsøkonomisk analyse av redusert avfall i byggebransjen*. Tilgjengelig fra: <https://static1.squarespace.com/static/576280dd6b8f5b9b197512ef/t/5ece74e01918df58751ef858/1590588661416/R7-2020+Samfunns%C3%B8konomisk+analyse+av+redusert+avfall+i+byggebransjen.pdf> (lest 15.05.2020).
- Kilvær, L., Sunde, W. L., Eid, S. M., Rydningen, O. & Fjeldheim, H. (2019). *Forsvarlig ombruk av byggevarer*. DiBK FoU-prosjekt 2019. Tilgjengelig fra: https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/forsvarlig-ombruk-av-byggevarer_resirqel-2019.pdf (lest 05.03.2020).
- Kjendseth Wiik, M., Selvig, E., Fuglseth, M., Resch, E., Lausset, C., Andresen, I., Brattebø, H., Hahn, U., SINTEF., Civitas., et al. (2020). *Klimagasskrav til materialbruk i bygninger - Utvikling av grunnlag for å sette absolutte krav til klimagassutslipp fra materialbruk i norske bygninger* ZEN REPORT No. 24 – 2020. Tilgjengelig fra: <file:///C:/Users/mm911/Downloads/ZEN%20Report%20no%2024.pdf> (lest 29.06.2020).
- Kulturminneloven. (1920). *Lov om kulturminner av 3. desember 1920 nr. 2* Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1978-06-09-50> (lest 13.04.2020).
- Kvellheim, A. K. & Stoknes, S. (2020). *Fremtidens bygg skal demonteres og ikke rives*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/siste-nytt/fremtidens-bygg-skal-demonteres-og-ikke-rives/> (lest 10.06.2020).
- LOOP - Stiftelsen for Kildesortering og Gjenvinning. (2018). Tilgjengelig fra: <https://snl.no/avfallshierarki#-Gjenbruk> (lest 12.06.2020).
- Miljødirektoratet. (2019). *Klimagasser*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/Klima/Klimagasser/> (lest 06.07.2020).
- Plan- og bygningsloven. (2008). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) av 8 mai 2009 nr. 27*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71> (lest 21.02.2020).
- ProgramByggerne. (u.å.). *SIMIEN*. Tilgjengelig fra: <http://www.programbyggerne.no/> (lest 28.01.2021).
- Regjeringen.no. (2014). *Bygningsvern i Norge*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/kulturminner-og-kulturmiljo/innsiktsartikler-kulturminner/bygningsvern-i-norge/id2343540/> (lest 17.06.2020).
- Riksantikvaren. (u.å.). *Den tidligere amerikanske ambassaden i Oslo*. Tilgjengelig fra: <https://www.riksantikvaren.no/fredninger/den-tidligere-amerikanske-ambassaden-i-oslo/> (lest 23.01.2020).
- Riksantikvaren Direktoratet for kulturminneforvaltning. (2020). *Om - Energisparing. Hva sier lovverket?* Tilgjengelig fra: <https://www.riksantikvaren.no/hva-sier-lovverket/> (lest 13.04.2020).
- Riksantikvaren Direktoratet for kulturminneforvaltning. (2001). *Veileder Kulturminner og kulturmiljøer, Plan- og bygningsloven*. Riksantikvarens rapporter, Nr. 29.2001. Tilgjengelig fra: https://www.byggogbevar.no/media/6539/kulturminner_kulturmiljoe-modum.pdf.
- Selvig, E., Enlid, E., Arge, N., Civitas., Hagen, R. & Mason, H. (2019). *Regneregler for klimagassberegninger i Future Built Bygg og områder*. Tilgjengelig fra: <https://www.futurebuilt.no/Om-oss> (lest 06.05.2020).
- Simonen, K. (2014). *Life Cycle Assessment*. New York: Routledge.
- SINTEF Byggforsk. (2014). *Miljødeklarasjoner (EPD) av byggevarer*. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/3006/miljoedeklarasjoner_epd_av_byggevarer (lest 12.02.2020).

- SINTEF Byggforsk. (2017). *Bygningsvern. Lover, aktører og støtteordninger*. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/614/bygningsvern_lover_aktorer_og_stoetteordninger.
- SINTEF Community. (u.å.). *Hva er Byggforskserien*. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/side/198/hva_er_byggforskserien (lest 21.02.2020).
- Standard Norge. *NS 3454 Livssyklus kostnader for bygg*. Tilgjengelig fra: <https://www.anskaffelser.no/hva-skal-du-kjope/bygg-anlegg-og-eiendomsbae/livssyklus-kostnader/hva-er-lcc>.
- Standard Norge. (2012a). *NS-EN 15978:2011 Bærekraftige byggverk - Vurdering av bygningers miljøprestasjon - Beregningsmetode* Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=15978&subscr=1> (lest 18.03.2020).
- Standard Norge. (2012b). *NS 3940:2012 Areal- og volumberegninger av bygninger*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=NS+3940> (lest 15.01.2020).
- Standard Norge. (2018). *NS 3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=LCA&subscr=1> (lest 30.01.2020).
- Standard Norge. (2019a). *CE-merking*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/standardisering/ce-merking/> (lest 08.03.2020).
- Standard Norge. (2019b). *Norsk Standard*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/standardisering/norsk-standard/> (lest 27.03.2020).
- Standard Norge. (2019c). *NS 3451:2009+A1:2019 Bygningsdelstabell*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1107100>.
- Standard Norge. (2019d). *Standardisering*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/standardisering/> (lest 21.02.2020).
- Standard Norge. (2020). *Beregning av bygningers energibehov og energiforsyning – Norsk Spesifikasjon*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nyheter/nyhetsarkiv/energi-og-klima/2020-nyheter/beregning-av-bygningers-energi-behov-og-energiforsyning-norsk-spesifikasjon/> (lest 02.12.2020).
- Statistisk Sentralbyrå. (2019). *Avfall fra byggeaktivitet*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfbyggen> (lest 16.05.2020).
- symetri. (2019). *Solibri Office - den nye versjon av Solibri Model Checker*. Tilgjengelig fra: <https://info.symetri.com/bim-timen-opptak-nyheter-solibri> (lest 08.10.2020).
- The Norwegian EPD Foundation. (u.å.). *Hva er en PCR?* Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/pcr_2/ (lest 05.06.2020).
- The Norwegian EPD Foundation. (u.å.). *Hva er en EPD?* Tilgjengelig fra: <https://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/> (lest 24.02.2020).
- The World Green Building Council. (2019). *Building a better future*. Annual report 2018/19. Tilgjengelig fra: https://www.worldgbc.org/sites/default/files/WorldGBC%20Annual%20report%202018_19.pdf (lest 10.04.2020).
- Tjora, A. (2019). *norm*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/norm> (lest 21.02.2020).

10 Vedlegg

Vedlegg- 1. Dokumentoversikt

Type dokument	Antall / Navn på dokument	Formål / Bruk av dokument		
		Presentasjon av case	Forsknings-spørsmål 1	Forsknings-spørsmål 2
Bevarings- og utviklingsplaner	1 Samledokument betongfasade	x	x	x
	1 Innvendige arealer: Himling	x	x	x
	1 Innvendige arealer: Trapp og ventilasjon	x	x	x
	1 Innvendige arealer: overflater som ønskes bevart	x	x	x
Riveplaner/snitt eksisterende bygg	20 riveplaner (10 himling, 10 plan. 2 faser av prosjekt: fredede arealer og ikke fredede arealer)	x	x	x
Planer/snitt for prosjektert bygg	8 planer ny løsning	x	x	x
Detaljer eksisterende og ny løsning (ARK) + historiske detaljer	4 detaljer utarbeidet ifb. dagens rehabilitering Øvrige detaljer fra historiske dokumentasjon			x
3D-modeller i IFC-format	3 BIM-modeller; 1 ARK eksisterende bygg 1 ARK ny løsning 1 RIB eksisterende bygg (bærekonstruksjon)		x	x
Miljøkartleggingsrapport			x	
Avfallsplan (rive-ENT)			x	
Konstruksjonsnotat (RIB)		x		
Prinsippnotat og energibergening (RIE)		x	x	x
Inneklimasimuleringer		x	x	
Prinsippnotat ventilasjon (RIV)		x	x	
Prinsippnotat (RIB-Byfy)		x	x	x

Vedlegg- 2. Samtaleoversikt

Rolle i prosjekt	Format / dato	Formål med kontakt
PL (Prosjektleder)	Samtale over teams, 22.04.2020 Befaring, 05.05.2020	Overordnet prosjektbeskrivelse og prosjektutvikling Befaring og utdyping av planlagte rehabiliteringstiltak
RIB 1 - Rådgivende konstruksjon 2	Samtale over teams, 21.04.2020	Fasadeelementer
RIB 2 - Rådgivende konstruksjon 2	Samtale over teams, 25.05.2020	Innhold i BIM-modell og forespørsel om tegningsunderlag/detaljer for eksisterende bærekonstruksjon
ARK 1 – Arkitekt 1	mailutveksling	Innhold i tegningsunderlag og BIM-modell
ENT 1 og 2 – Entreprenør 1 og 2 for renovering av fasaden	Samtale over teams, 26.05.2020	Fasaderehabilitering
ENT 3 – Entreprenør for renovering av vinduer- og dører	mailutveksling	Vindus- og dørrenovering Utfyllende informasjon om renoveringstiltak primært for vinduer og underlag for klimagassberegning. Videreformidlet til transportselskap ansvarlig for transport av vinduer i forbindelse med renovering ble brukt som underlag for transporttyper og avstander for klimagassberegning for vinduer.

Vedlegg- 3. Inndata klimagassregnskap

Arealer og geometri er felles for begge bergeningalternativer:

m ² BTA	m ² BRA	m ² BRA oppvarmet	m ² fredet areal	m fasade-høyde	m himlings-høyde
5783	5515	5355	2441	20,1	17,1

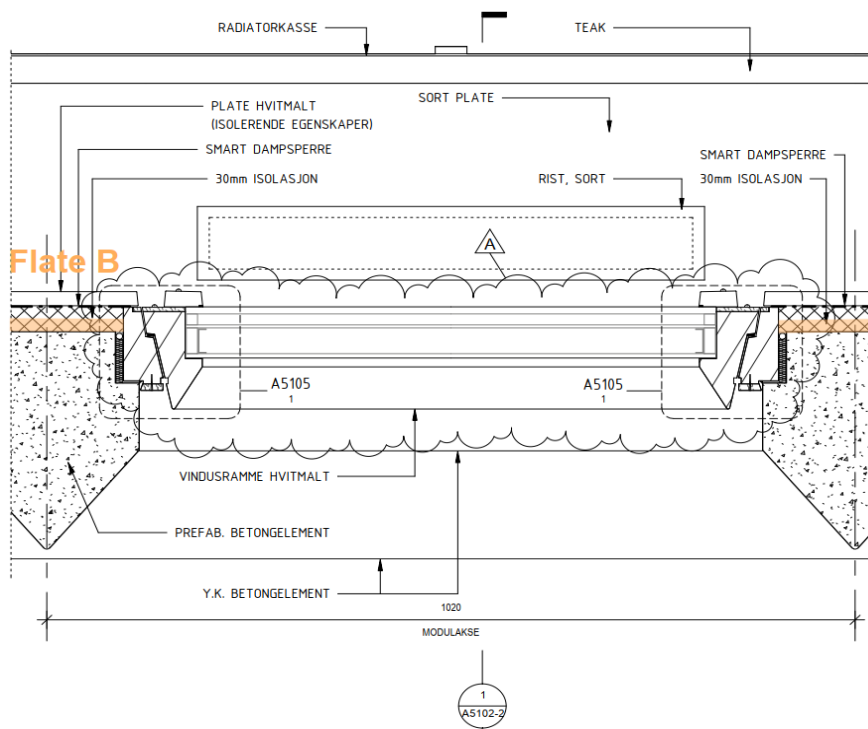
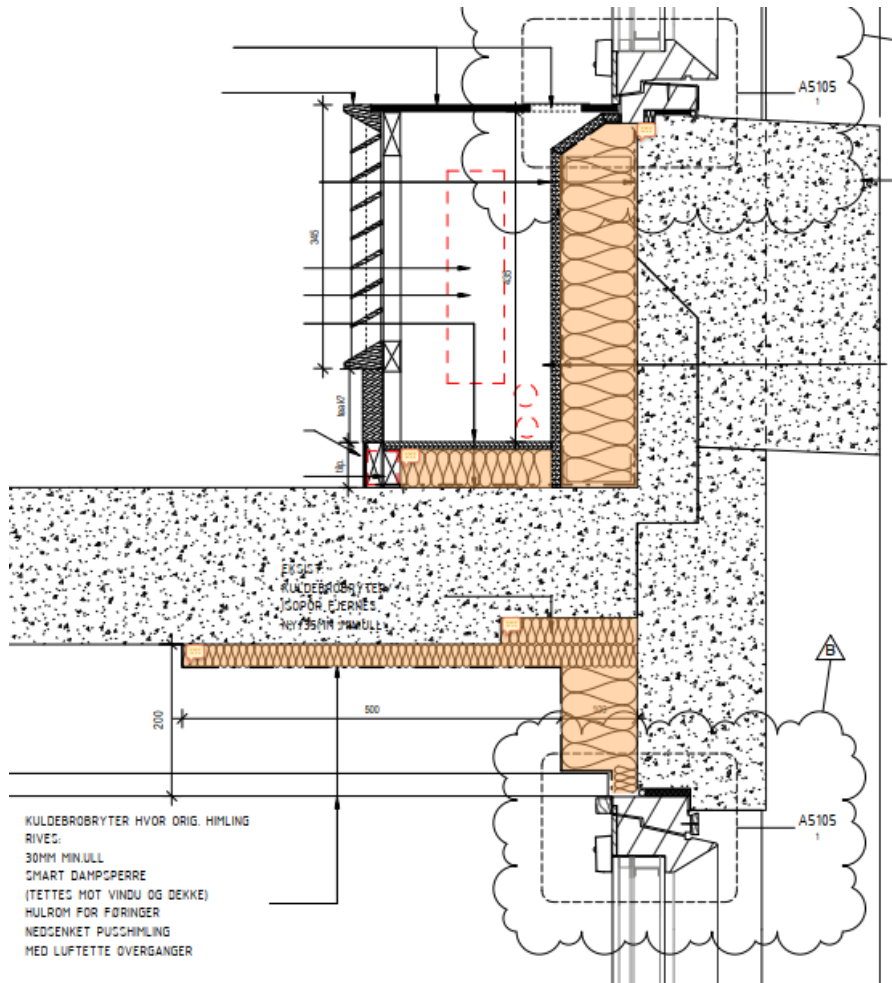
3-0: Inndata nye materialer alternativ 1: Bevare og rehabiliterer

Bygningsdel	Type og delkomponenter	Mengde	Enhet
21: Yttervegger under grunn	Ny XPS-isolasjon innside yttervegger	342	m ²
23: Yttervegger	Betong til 3 stk. nye replikaer av fasadeelementer	2,3	m ³
	Selvklebende asfaltmembran: antatt 5mm	498	m ²
	100 mm mineralull	360	m ²
	Smart dampsperre, antatt 0,2mm	980	m ²
	12,5mm plate: aquapanel: cement board indoor	432	m ²
	50mm mineralull	120	m ²
	30mm mineralull	302	m ²
	Glass i vinduer	1079	m ²
24: Innervegger	Glassveggsystemer	933	m ²
	Nye stendervegger	916	m ²
	Innvendig betongvegg	497	m ²
	Innerdører	113	m ²
	Funksjonsvegg i tre	30	m ³
26: Yttertak	Tak over kjeller mot 1.etasje: <ul style="list-style-type: none"> • 100 mm EPS isolasjon • 50 mm glassullisolasjon • Dampsperre 0,2 mm • Gipsplater 12,5 mm • Bitumen takteking 5 mm Yttertak plan 05: <ul style="list-style-type: none"> • Etterisoleres med 300 mm EPS • Dampsperre 0,2 mm 	890	m ²
28: Trapper og balkonger	Ny betong 200 mm og armering for utvendige baldakiner	93	m ²
255: Gulvbelegg	Linoleum 2,25 mm	1100	m ²
	Teppegulv	9,9	m ³
	Keramiske fliser	66	m ²
256: Himling	Akustiske himlingsplater		
	Gipsplatehimling	838	m ²

Mengdebergeninger eksisterende ambassadebygg

ANTAKELSER ARMERINGSMENDGER EKSISTERENDE BETONGKONSTRUKSJONER			
Antakelsene er basert på middelveidien av materialsammensetninger etter dagens praksis. Antakelsene er gjort med bakgrunn i generiske verdier fra Ecoinvent database, tilgjengelig gjennom One Click LCA			
Yttervegg: Grunnmur mot det fri (1)	100 kg/m ³ betong		
Yttervegg under grunn mot nord (2)	100 kg/m ³ betong		
Yttervegg over/under grunn sør-øst/sørvest hjørne (3)	100 kg/m ³ betong		
Yttervegg: Fasademoduler: forankring m/kamstål	100 kg/m ³ betong		
Ikke-bærende innervegger (ytre/indre) del av takoppbygg over atrium	85 kg/m ³ betong		
Søylar i kjeller	8 % armering		
Bærende innervegger (1) i kjeller	85 kg/m ³ betong		
Ikke-bærende innervegger U1-04 i lettbetong	70 kg/m ³ betong		
Dekker: Gulv på grunn og plan 01-04	100 kg/m ³ betong		
Utvendig dekke	100 kg/m ³ betong		
Utvendig rekkverk i betong	70 kg/m ³ betong		
Betongbjelker 01-05	100 kg/m ³ betong		
Himling over atrium	70 kg/m ³ betong		
Utvendig Baldakiner	70 kg/m ³ betong		
Trapper: inne og ute	100 kg/m ³ betong		

Kilde: Horisontal og vertikal detalj for etterisolering av fasade, ARK



Inndata transport – produkt- og prosjektspesifikke

Beregning av transpottutslipp fra transport av renoverte vinduer og ombrukte dører (A4)

Transportberegninger, prosjektspesifikke transport

T1: *Transportrute og utslipp for nye glass til renoveirng av vinduer, Estland - Oslo*

	Mengde, tonn	km avstand	transporttype	tonn*km
	48,555		25 liten lastebil m/fyllingsrate 55 %	1213,9
			600 semitrailer m/fyllingsrate 100 %	29133,0
			260 ferjetrasnport	12624,3
			50 semitrailer, min euro-5 motor	2427,8
sum	<u>48,555</u>	935		

A4 = 1918,2 kg CO2e legges inn i beregningen for nye glass for bergening med trasnport inkludert

T2: *Beregnet transportutslipp for ombrukte vinduer Oslo- Estland eksisterende vinuder*

	Mengde, tonn	km avstand	transporttype	tonn*km
glass	21,5		25 liten lastebil m/fyllingsrate 55 %	1109,8
trerammer	22,892		600 semitrailer m/fyllingsrate 100 %	26635,2
			260 ferjetrasnport	11541,9
			50 semitrailer, min euro-5 motor	2219,6
sum	<u>44,392</u>			

T3: *Beregnet transportutslipp for ombrukte dører, 295 stk a ca. 0,5 m2, antatt tredører = 147,5 m2 ombrukte dører*
Antatt 36.348 kg/m2 for dører, kilde: Wooden interior door, per m2, 809x2053 mm, 42x92 mm fram

	Mengde, tonn	km avstand	transporttype	tonn*km
dører, ombrul	5,36133		800 liten lastebil m/fyllingsrate 55 %	4289,1
sum	<u>5,3613</u>			

Inndata materialer og mengder for Nybygg i alt.2:

Inndata for nybygget er definert iht. Futurbuilt v 1.0 definisjon av tilpasset referansebygg.

Materialsammensetningen som automatisk tildelt med Carbon Designer for et standard TEK 17 kontorbygg med rammer i betong. Hovedmengder er som prosjektert (rehabiliter) bygg med unntak av mengder for stripefundament + frostisolering, samt bæresystemer som er autogenerated med Carbon Designer.

Bygningsdel	Type og delkomponenter	Mengde	Enhet
21: Grunn og fundament	Stripefundament på fjell	5783,0	m2
	EPS frostisolering	177,0	m
21: Yttervegger under grunn	80mm + 90mm betong sandwichelement + 190mm EPS + 5mm bitumenmembran	291,0	m2
22: Bæresystemer	søyler, stål 80%	22162,0	kg
	søyler, betong 20 %	97,0	m
	bjelker, stål	109350,0	kg
23: Yttervegger	70% bindingsverk inkl. min-ull	679,0	m2
	20% betongvegg m/ utvendig påføring inkl. stenderverk	194,0	m2
	10% lettklinkerblokker inkl. utvendig min-ull	97,0	m2
	Ytterdør	33,0	m2
	3-lags vinduer m/ alu-kledning	1079,0	m2
	70% mursteinkledning inkl. mørtel	679,0	m2
	30% fiber sement platekledning	291,0	m2
24: Innervegger	60 % bindingsverk i stål inkl. 100mm min-ull + 2x13mm gipsplater + maling	1472,4	m2
	20 % 75mm glassvegg m/ treramme	490,8	m2
	15 % 150mm betongvegg + overflate mørtel	368,1	m2
	5 % innerdører	0,0	m2
	100% Innervegg, lastbærende 152mm betong	1975,0	m2
25: Dekker	300mm betonggulv på grunn + 250mm EPS-isolasjon på grunn	1565,0	m2
	265mm frittstående hulldekker + 50mm betong inkludert glassull + 20mm avretning	4219,0	m2
	balkonger	93,0	m2
26: Yttertak	265mm betong + 300mm EPS + 0,2mm dampspærre + 5mm bitumenmembran	1565,0	m2
28: Trapp og heis	Betongtrapp	18,0	m
255: Gulvbelegg	70 % teppegulv	3500,0	m2
	15 % parkett inkl. membran	750,0	m2
	10 % vinyl	500,0	m2
256: Himling	5 % keramiske fliser	250,0	m2
	50 % gipsplater	2500,0	m2
	50 % 20mm min-ull suspendert takplater i stål	2500,0	m2

Vedlegg- 4. Inndata energiregnskap

Beregnet netto energibehov og levert energi, alternativ 1: Bevare og rehabilitere

Beregning av energibehov for rehabilitert bygg er basert på Simienmodell i prosjektet. Simienmodell i prosjekt forelå med inndata forutsatt tilbygg under kjeller og på deler av tak, plan 05. Som følger av at klimagassbergingene ikke inkluderer tilbygg på tak eller kjeller, ble Simienmodellen oppdatert med takareal som vender mot det fri. Dette gir et større varmetap enn i det reelle prosjektet. Det ble i tillegg lagt inn oppdaterte arealer for oppvarmet areal basert på egne beregninger som lå noe lavere enn i prosjekt. Dette for å at oppvarmet BRA for energiberginger skal samsvare med inndata forutsatt for klimagassbergingen. I tillegg ble det forutsatt en dårligere U-verdi for gulfv på grunn for beregningsalternativet som forutsetter at gulfv på grunn bevares.

Resultater av evalueringen	
Evaluerings av	Beskrivelse
Energiramme	Bygningen tilfredsstill ikke energirammen ihht. §14-2 (1)
Minstekrav	Bygningen tilfredsstill ikke minstekravene i §14-3
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstill minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)
Energiforsyning	Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstill ikke byggeforskriftenes energikrav

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	53,9 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	23,6 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	5,0 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	10,9 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	1,2 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	25,1 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	34,5 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	0,0 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	6,3 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov	160,6 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	115,0 kWh/m ²

Minstekrav (§14-3)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	1,06	0,22
U-verdi tak [W/m ² K]	0,26	0,18
U-verdi gulfv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,33	0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	1,00	1,20
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,50	1,50

Energiforsyning alternativ 1: Bevare og rehabilitering

Oppvarmet BRA

5355,00 m²

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	288634,5 kWh		53,9 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varme)	126378 kWh		23,6 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	26775 kWh		5 kWh/m ²
3a Vifter	58369,5 kWh		10,9 kWh/m ²
3b Pumper	6426 kWh		1,2 kWh/m ²
4 Belysning	134410,5 kWh		25,1 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	184747,5 kWh		34,5 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh		0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjøleb)	33736,5 kWh		6,3 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sur	859477,5 kWh		160,5 kWh/m²
<i>Energibehov formålsdelt summert</i>			
Oppvarming	441787,5 kWh		
El	383953,5 kWh		
Kjøling	33736,5 kWh		
	859477,5 kWh		
	160,5 kWh/m ²		
1a) Varmepumpe	Energiforsyning 60 % VP + 40 Energibehov	Beregnet levert energi	Forutsatt effektfaktor
	Elektrisitet uspesifisert [kW]	383953,5	383953,5
	Primær varmpumpe [kWh]	265072,5	110446,9
	Sekundær varmpumpe [kV]	176715,0	205482,6
	Kjøling [kWh/år]	33736,5	14056,9
	Sum netto energi	859477,5	<u>713939,8</u>
	Sum spesifikt energi	160,5	<u>133,3</u>
1b) Fjernvarme	Energiforsyning 100 % Fjernv: Energibehov	Beregnet levert energi	Forutsatt effektfaktor
	Elektrisitet uspesifisert [kW]	383953,5	383953,5
	Fjernvarme [kWh/år]	441787,5	502031,25
	Kjøling [kWh/år]	33736,5	14056,875
	Sum netto energi	859477,5	<u>900041,6</u>
	Sum spesifikt energi	160,5	<u>168,1</u>

Beregnet netto energibehov og levert energi, alternativ 1: Riving + nybygg

Nybygg – referanseberegning: Energibehov generert vha. Carbon Designer i OneClick LCA forutsatt TEK 17 rammekrav for energi for kontorbygg.

Scenarioer for varmepumpe er basert på forutsetninger for effektfaktorer og fordeling av energikilder for varmepumpe gitt fra Carbon Designer i OneClick LCA. Scenarioer for fjernvarme er basert på inndata i Simien.

Screenshot fra OneClick LCA:

ENERGIFORSYNING	Behov kWh/m ²	Systemvirkningsgrad	Behov kWh	Kjøpt energi kWh	Tonn CO ₂ e	CO ₂ -andel	Energiforsyning
Du kan justere energibehovet eller systemvirkningsgraden og energiforsyningen. Energibehovet er beregnet for et samlet areal på 5355 m ² .							
Elektrisitet (uspesifisert bruk)	70	1	374850	374850	2908	52%	Elektrisitet, EU28 + Norge, forve ▼ ?
Primærvarme (varmepumpe) ⓘ	18	2.4	96390	40500	314	5.6%	Elektrisitet, EU28 + Norge, forve ▼ ?
Sekundær oppvarming (elektrisk kjele) ⓘ	12	0.86	64260	74721	580	10%	Elektrisitet, EU28 + Norge, forve ▼ ?
Kjøling (varmepumpe)	15	2.4	80325	33469	260	4.6%	Elektrisitet, EU28 + Norge, forve ▼ ?

Total Etterspørsel: 615825 kWh

Energiforsyning alternativ 2: Nybygg

Alt 2: Nybygg, a	Energiforsyning 60 % VP + 4 Energibehov	Beregnet levert energi	Forutsatt effektfaktor
	Elektrisitet uspesifisert [kW]	374850	1
	Primær varmepumpe [kWh/]	96390	2,4
	Sekundær varmepumpe [kW]	64260	0,86
	Kjøling [kWh/år]	80325	2,4
	Sum netto energi	615825	523202
	Sum spesifikt energi	115,0	97,7

Alt 2: Nybygg, b	Energiforsyning 100 % Fjern Energibehov	Beregnet levert energi	Forutsatt effektfaktor
	Elektrisitet uspesifisert [kW]	374850	1
	Fjernvarme [kWh/år]	160650	0,88
	Kjøling [kWh/år]	80325	2,4
	Sum netto energi	615825	590876
	Sum spesifikt energi	115	110,3

Beregnet klimagassutslipp fra energibruk i drift, alle scenarier

Klimagassutslipp fra energibruk (B6)			
Bruttoareal BTA		5783	
Antall år levetid		60	
Scenarier	Kilde utslippsfaktor		
EI-scenario 1 (a)	Norsk-europeisk elektrisitetsmiks (NO + EU28)		
EI-scenario 1 (a*)	Norsk elektrisitetsmiks (NO)		
Fjernvarme	utslippsfaktor fjernvarme, Oslo		
Energiforsyningsscenarier			
a) NO + EU 28 med varmpumpe			
	Alt 1: Rehab bevare dekke E1a	Alt 2: Nybygg E1a	
Elektrisitet uspesifisert [kWh/år]	2994837,3		2923830,0
Primær varmpumpe [kWh/år]	861485,6		313267,5
Sekundær varmpumpe [kWh/år]	1602764,0		582823,3
Kjøling [kWh/år]	109643,6		261056,3
Sum kg CO ₂ e	5568730,5		4080977,0
Sum kg CO ₂ e/år	92812,2		68016,3
Sum kg CO ₂ e/m ² BTA	962,9		705,7
Sum kg CO ₂ e/m ² BTA per år	16,0		11,8
nominell endring ift. nybygg	4,3		
b) NO + EU 28 med fjernvarme, Oslo			
	Alt 1: Rehab bevare dekke E1b	Alt 2: Nybygg E1b	
Elektrisitet uspesifisert [kWh/år]	2994837,3		2923830,0
Fjernvarme [kWh/år]	415681,9		151157,0
Kjøling [kWh/år]	109643,6		261056,3
Sum kg CO ₂ e	3520162,8		3336043,3
Sum kg CO ₂ e/år	58669,4		55600,7
Sum kg CO ₂ e/m ² BTA	608,7		576,9
Sum kg CO ₂ e/m ² BTA per år	10,1		9,6
nominell endring ift. nybygg	0,5		
a*) NO med varmpumpe			
	Alt 1: Rehab bevare dekke E2a	Alt 2: Nybygg E2a	
Elektrisitet uspesifisert [kWh/år]	283357,7		276639,3
Primær varmpumpe [kWh/år]	81509,8		29639,9
Sekundær varmpumpe [kWh/år]	151646,1		55144,0
Kjøling [kWh/år]	10374,0		24699,9
Sum kg CO ₂ e	526887,6		386123,2
Sum kg CO ₂ e/år	8781,5		6435,4
Sum kg CO ₂ e/m ² BTA	91,1		66,8
Sum kg CO ₂ e/m ² BTA per år	1,5		1,1
nominell endring ift. nybygg	0,4		
b*) NO med fjernvarme, Oslo			
	Alt 1: Rehab bevare dekke E2b	Alt 2: Nybygg E2b	
Elektrisitet uspesifisert [kWh/år]	283357,7		276639,3
Fjernvarme [kWh/år]	415681,9		151157,0
Kjøling [kWh/år]	10374,0		24699,9
Sum kg CO ₂ e	709413,5		452496,3
Sum kg CO ₂ e/år	11823,6		7541,6
Sum kg CO ₂ e/m ² BTA	122,7		78,2
Sum kg CO ₂ e/m ² BTA per år	2,0		1,3
nominell endring ift. nybygg	0,7		



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway