

August Aakenes Nysted

Vurderinger av kostnader tilknyttet klimaambisiøs rehabilitering

Casestudie av tre næringseiendommer

Masteroppgave i Eiendomsutvikling og -forvaltning

Veileder: Tore B. Haugen og Svein Bjørberg

Juni 2020

August Aakenes Nysted

Vurderinger av kostnader tilknyttet klimaambisiøs rehabilitering

Casestudie av tre næringseiendommer

Masteroppgave i Eiendomsutvikling og -forvaltning
Veileder: Tore B. Haugen og Svein Bjørberg
Juni 2020

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for arkitektur og design
Institutt for arkitektur og planlegging



NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på masterstudiet Eiendomsutvikling og -forvaltning ved Norges tekniske-naturvitenskapelige universitet, NTNU i Trondheim. Masteroppgaven utgjør 30 studiepoeng og inngår i emnet *AAR4992 Masteroppgave i eiendomsutvikling og -forvaltning*. Arbeidet bygger videre på prosjektoppgaven i faget *AAR4874 Teori og metoder for masteroppgaver*.

Tema for denne masteroppgaven er kostnader tilknyttet klimaambisiøs rehabilitering. Studiebakgrunn, jobberfaring, valgbare emner og fremtidig karriere har lagt føringer for masteroppgavens tema. Jeg har en Bachelor of Science in Business administration - financial analysis major - fra Creighton University, USA. Her fikk jeg en generell forståelse for økonomi og spesifikk kunnskap om finans. Etter å ha blitt uteksaminert i 2016, har jeg jobbet to år innen eiendomsbransjen før jeg startet på det toårige masterstudiet Eiendomsutvikling og -forvaltning ved NTNU. Under masterstudiet har jeg valgt å fordype meg innenfor de valgbare emnene *TPK4115 prosjektplanlegging og styring* og *TEP4235 Energibruk i bygninger*.

Masteroppgaven vil ta del i Statsbyggs *FoU-prosjektet 1169301 Økt kompetanse om kostnader knyttet til miljøtiltak*, delprosjektet *miljøtiltak i driftsfasen* og underprosjektet *klimaambisiøs rehabilitering*.

Jeg er spesielt takknemlig for å ha skrevet oppgaven i samarbeid med Statsbygg. De har bistått med veiledere, oppfølging og administrert befaringen ved Statens Vegvesens kontorsted i Steinkjer. Noen av de Statsbygg ansatte jeg vil rette en takk til er Randi Merethe Rogstad, André Østby, Inger-Johanne Tollaas og Rune Gausen. Videre vil jeg takk NTNU veilederne Tore Haugen og Svein Bjørberg som har kommet med nyttige innspill. Takk til alle prosjektledere, eiendomssjefer og bedrifter som har bistått til intervjuer. Til slutt vil jeg rette en takk til alle som har hjulpet til med korrekturlesning og kommet med gode råd.



August Aakenes Nysted

Trondheim, 17. juni 2020

Sammendrag

Verden er nødt til å håndtere global oppvarming, større knapphet på naturressurser samt stigende befolkningstall. Norge har nasjonale klima- og miljøambisjoner om en gradvis omstilling, kalt «grønt skiftet», for å bli et lavutslippssamfunn innen 2050. Her er BAE-næringen sentral fordi de står for rundt 40 prosent av det globale energiforbruket og nesten 40 prosent av de totale direkte og indirekte CO₂ utslippene. Av den totale bygningsmassen, er det eksisterende bygninger som er klimaverstingen. Rehabilitering av den eksisterende bygningsmassen er den meste hensiktsmessige løsninger for å bekjempe klimaproblemene.

Formålet med denne masteroppgaven er å øke kompetansen og kunnskapen rundt kostnader tilknyttet klimaambisiøs rehabilitering. På denne bakgrunn har følgende problemstilling blitt formulert: *«Hvordan gjennomføres kost-/nyttevurderingene i klimaambisiøse rehabiliteringsprosjekt og hvilken påvirkning har dette for kostnadene og byggets restverdi?»*.

Masteroppgaven er skrevet som casestudie. Statsbyggs rehabiliteringsprosjekt av Statens vegvesens kontorsted i Steinkjer er brukt som masteroppgavens hovedcase, to caseobjekter er brukt som sammenlikningsgrunnlag. Dokumentanalyse, observasjon og intervjuer er gjennomført i forbindelse med casestudie. Totalt er det gjennomført åtte intervjuer.

De kvalitative og kvantitative forskningsprosessene er brukt som utgangspunkt for oppgavens resultatdel. Funnene viser til at kostnader er en helt sentral del for å gjennomføre en klimaambisiøs rehabilitering og utgjør en sentral del gjennom bygningers livsløp. Resultatdelen viser til at kostnadene i tidlig- og produksjonsfasen for klimaambisiøse rehabiliteringsprosjekter utgjør en liten merkostnad, men at disse kostnadene vil gi store besparelser i bruksfasen. I tillegg slår klimaambisiøs rehabilitering positivt ut på byggets restverdi.

Opgaven konkluderer med at merkostanden for klimaambisiøs rehabilitering ikke er mye høyere enn å bygge etter byggeteknisk forskrift. For en passivhusrehabilitering er merkostnaden rundt 10 prosent høyere enn å bygge etter TEK10. Dette kommer blant annet av incentiv- og støtteordningene som reduserer investeringskostnadene. Klimaambisiøse rehabiliteringer vil erfare energi- og kostnadsbesparelsen rundt 50 prosent fra førtilstand. Masteroppgaven kunne ikke konkludere en spesifikk restverdi for klimaambisiøse rehabiliteringer.

Abstract

Global warming, greater scarcity of natural resources and population growth are some of the socioeconomical issues the world needs to combat in the near future. Norway has strict climate- and environmental ambitions to not only cope with the situation but to thrive by becoming a low-emission society by 2050. Here the BAE-industry is of uttermost importance. The industry accounts for roughly 40 percent of global energy consumption and approximately 40 percent of total direct- and indirect CO₂ emissions. One of the most effective ways to reduce energy consumption and CO₂ emissions within the industry, is to refurbish the existing building stock.

This master's thesis wants to examine the costs associated with climate ambitious refurbishment. To fulfil the purpose of this master's thesis, the following research question has been developed: "How are the cost-/benefit analysis carried out in climate ambitious refurbishment projects and what impact does this have on the costs and the residual value of the building?".

A case study has been used as a research method. Three refurbishment projects have been investigated: Statsbygg's refurbishment of The Norwegian Public Roads Administration in Steinkjer, KLP Eiendom's refurbishment of Tempeveien 22 and Entra's refurbishment of Schweigaards gate 15. Document analysis, observation and interviews were carried out as part of the case study. A total of eight interviews have been conducted.

The results are based on a qualitative and quantitative research processes. The findings could reveal that costs not only are a crucial part of carrying out climate ambitious refurbishment projects but also a constitute a central part throughout the entire life cycle of the building. In addition, climate ambitious refurbishment has a positive effect on the buildings residual value.

The thesis concludes that climate ambitious refurbishments have a slightly higher investment costs compared to similar projects built after the national building regulations. Passive houses are estimated to have a 10 percent higher investment costs compared to the regulations requirements from 2010, called TEK10. The small difference in investment costs is partly due to lucrative incentives and grants. On the contrary, climate ambitious refurbishments will experience energy- and cost savings of approximately 50 percent. Unfortunately, this master's thesis did not have sufficient findings to come up with a specific residual value for climate ambitious refurbishments.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	iii
Figurliste	vi
Tabelliste	vii
Forkortelser, begreper og definisjoner	viii
1. Innledning	1
1.1 <i>Bakgrunn</i>	<i>1</i>
1.1.1 Det grønne skiftet	1
1.1.2 Tema	3
1.1.3 Inspirasjon og avgrensninger	4
1.2 <i>Formål, problemstilling og forskningsspørsmål</i>	5
1.3 <i>Masteroppgavens disposisjon</i>	6
2. Teori	7
2.1 <i>Rehabilitering</i>	7
2.1.1 Rehabilitering av eksisterende bygningsmasse	7
2.1.2 Begrepet rehabilitering	8
2.1.3 Sustainable REfurbishment - SURE	10
2.2 <i>Energi og miljø</i>	13
2.2.1 Energibruk	13
2.2.2 Potensiale for energieffektivisering	15
2.2.3 Veien mot 2050	19
2.2.4 Sertifiserings- og merkeordninger	22
2.3 <i>Kostnader</i>	24
2.3.1 Livssyklus kostnader (LCC)	24
2.3.2 Kostnader i de ulike fasene	25
2.3.3 Kostnadsdekkende husleie	28
2.3.4 Kostnader som en barriere	29
2.4 <i>Merverdi av klimaambisiøse bygg</i>	30
2.4.1 Verdi	30
2.4.2 Markedsverdi og FDVU-kostnader	31
2.4.3 Finanskostnad	32
2.4.4 Støtte- og fradragsordninger	32
2.4.5 Husleie	33
2.4.6 Risiko, avkastningskrav og eierkostnader	34
3. Metode	35
3.1 <i>Samfunnsvitenskapelig metode</i>	35
3.1.1 Kvalitativ og kvantitativ metode	35
3.1.2 Forskningsdesign	36
3.2 <i>Valg av metodisk tilnærming og forskningsdesign</i>	37
3.2.1 Litteraturstudiet	39
3.2.2 Casestudier	40
3.2.3 Intervju	40
3.2.4 Dokumentstudier	43
3.2.5 Observasjoner	44
3.3 <i>Dataanalyse</i>	45
3.3.1 Evaluering av datakvalitet	45
3.4 <i>Forskningsetiske retningslinjer</i>	48

4. Casestudie	50
4.1 <i>Statens vegvesens kontorsted i Steinkjer</i>	50
4.2 <i>Tempeveien 22 – Sammenlikningscase 1</i>	51
4.3 <i>Schweigaardsgate 15 – Sammenlikningscase 2</i>	52
5. Resultat og diskusjon	53
5.1 <i>Bakgrunn</i>	53
5.1.1 Valg av caseobjekter	53
5.1.2 Valg av intervju	54
5.1.3 Valg av dokumentanalyser	56
5.2 <i>Motivasjonsfaktorer for klimaambisiøse rehabilitering</i>	57
5.2.1 Resultater fra hoved-case	57
5.2.2 Resultater fra andre aktører	59
5.2.3 Resultater fra litteraturstudiet	61
5.2.4 Diskusjon	62
5.3 <i>Kost-/nyttevurderinger i tidlig- og produksjonsfase</i>	65
5.3.1 Resultater fra hoved-case	65
5.3.2 Resultater fra andre aktører	69
5.3.3 Resultater fra litteraturstudiet	70
5.3.4 Diskusjon	71
5.4 <i>Kostnader i bruksfasen og restverdi</i>	74
5.4.1 Resultater fra hoved-case	74
5.4.2 Resultater fra andre aktører	79
5.4.3 Resultater fra litteraturstudiet	80
5.4.4 Diskusjon	82
6. Konklusjon og evaluering	87
6.1 <i>Konklusjon</i>	87
6.2 <i>Forslag til videre forskning / anbefalinger til bransjen</i>	88
6.3 <i>Evaluering av metode</i>	90
7. Referanseliste	91
8. Vedlegg	96
8.1 <i>Følg brev (mal) i forbindelse med invitasjon til intervju</i>	96
8.2 <i>Intervjuguide mal</i>	97
8.3 <i>Inndata Vegkontoret i Steinkjer</i>	98
8.4 <i>3D-model av SVV kontorsted i Steinkjer</i>	99

Figurliste

Figur 1: Verdens energiforbruk (kWh/m ²). Egenprodusert, inspirert av (Abergel et al., 2017)	2
Figur 2: Statens vegvesens kontorsted i Steinkjer (Statsbygg, 2017).....	3
Figur 3: Begrepene rehabilitering, ombygging, drift og vedlikehold (Bjørberg & Larsen, 2007).....	9
Figur 4: Målet med bærekraftig rehabilitering. Egenprodusert, inspirert av (Nordic region, 2015).	11
Figur 5: Energiforbruk for ulike bygningstyper kWh/m2 (Enova, 2017)	13
Figur 6: Energiforbruk for et eldre kontorbygg (Bramslev & Askjer, 2016).....	14
Figur 7: Energiforbruk etter at kontorbygget i Figur 6 er rehabilitert (Bramslev & Askjer, 2016).....	15
Figur 8: Samspill energi, inneklima og kostnader. Egenprodusert, inspirert av (Novakovic et al., 2007) .	18
Figur 9: Ambisjonsnivå for energistandard i bygninger frem mot 2050 (Evjenth et al., 2011)	19
Figur 10: Energiforbruk/-produksjon. Egenprodusert, inspirert av (Byggforskserien 473.003, 2015)	21
Figur 11: Livssyklus-kostnader. Egenprodusert, inspirert av (Bjørberg & Larsen, 2007).	24
Figur 12: Akkumulerte kostnader og påvirkningsmulighet. Egenprodusert, inspirert av (Eikeland, 2001)	25
Figur 13: Omtrentlig fordeling av FDVU-kostnadene for et næringsbygg. Egenprodusert, inspirert av (Bjørberg & Larsen, 2007).	27
Figur 14: Forhold mellom risiko og avkastningskrav. Egenprodusert, inspirert av (Bærug, 2017).....	34
Figur 15: Forskningsdesign. Egenprodusert, inspirert av (Gripsrud, Olsson & Solkoset, 2016).....	36
Figur 16: Stegvis oversikt over forskningsprosessen (egenprodusert)	38
Figur 17: Validitet og reliabilitet (Varmdal, 2017)	46
Figur 18: Illustrasjon av fasadene for SVV kontorsted i Steinkjer (foto: A.A. Nysted)	50
Figur 19: Illustrasjon av Tempeveien 22 (Syltern, 2019).....	51
Figur 20: Illustrasjon av Schweigaardsgate 15 (Lynås, 2020)	52
Figur 21: Energimerke for Vegkontoret i Nord-Trøndelag (Prosjektutvikling Midt-Norge AS, 2013).....	58
Figur 22: Energibudsjett for Vegkontoret i Nord-Trøndelag (Prosjektutvikling Midt-Norge AS, 2013)...	58
Figur 23: Oversiktstegning SVV kontorsted i Steinkjer (egenprodusert)	65
Figur 24: Skille mellom tilbygget og det gamle bygget og korridor av SVV kontorsted i Steinkjer (foto: A.A. Nysted).....	67
Figur 25: Energiforbruk før og etter rehabiliteringen av SVV kontorsted i Steinkjer (egenprodusert).....	74
Figur 26: Illustrasjonene viser hovedtavle (t.v.), oppvarmingssystemet (t.m.) og kontrollhall (t.h.) (foto: A. A. Nysted).....	76
Figur 27: Investeringskostnad ved å oppgradere fra TEK10 til passivhusnivå (egenprodusert).....	77
Figur 28: Energibesparelser ved å oppgradere fra TEK10 til passivhusnivå (egenprodusert)	77
Figur 29: Kostnadsbesparelser ved å oppgradere fra TEK10 til passivhusnivå (egenprodusert).....	78
Figur 30: Påvirkningen av Norges ambisjoner mot 2050 (egenprodusert)	89
Figur 31: 3D-model av SVV kontorsted i Steinkjer	99

Tabelliste

Tabell 1: Forsknings spørsmål.....	5
Tabell 2: Kapittelbeskrivelse for masteroppgaven	6
Tabell 3: Eksisterende bygningsmasse. Egenprodusert, inspirert av (Statistisk sentralbyrå, 2020)	8
Tabell 4: Steg 2 i beslutningsprosessen for SURE	12
Tabell 5: Minimumskrav til u-verdier på bygningskroppen for TEK10 og passivhus.....	20
Tabell 6: Vekting av de ulike kategoriene i BREEAM sertifisering.....	23
Tabell 7: Beregningsgrunnlag for Statens husleieordning	28
Tabell 8: Søkematrise brukt i litteraturstudie	39
Tabell 9: Oversikt over gjennomførte intervjuer	42
Tabell 10: Handlingsplan for Total Concept	44
Tabell 11: Statsbyggs FoU-prosjekt. Egenprodusert, inspirert av (Stenrød & Rogstad, 2019)	53
Tabell 12: Oversikt over caseobjektene.....	54
Tabell 13: Oversikt over dokumenter fra dokumentanalysen	56
Tabell 14: Motivasjonsfaktorer for klimaambisiøs rehabilitering	62
Tabell 15: Lønnsomhetsberegninger for hvert enkelt energiltak	66
Tabell 16: Faktaboks om Statsbyggs rehabiliteringsprosjekt av SVV kontorsted i Steinkjer.....	68
Tabell 17: Kost-/nyttevurderingeri tidlig- og produksjonsfase	71
Tabell 18: Kost-/nyttevurderingeri bruks- og avhendingsfase	82
Tabell 19: Inndata til energisimulering: TEK10 og passivhus	98

Forkortelser, begreper og definisjoner

Definisjoner:

De viktigste definisjonene som er brukt i avhandlingen er listet opp under:

- Det grønne skiftet: Omlegging av handlingsmønster i en mer miljøvennlig retning uten å gå på bekostning av verdiskapningen (Bramslev & Askjer, 2016)
- Diskontering: Omregning av framtidig inntekter til en verdi i dag (Bærug, 2017)
- Fast eiendom: Grunnareal som har en særegen egenskap nemlig at den ikke kan flyttes. Ingen annen ting som kan eies har en slik forankring på et sted (Bærug, 2017)
- Global oppvarming: Økning i den globale gjennomsnittstemperaturen (NHO, 2020)
- Klimaambisiøs rehabilitering: oppgradering av bygningsmasse utover dagens forskriftsmessige standard (Enova, 2012)
- Klimaendring: En endring av gjennomsnittsværet over tid (NHO, 2020)
- Kost-/nytteprinsippet: Innebærer at identifiserte tiltak blir valgt dersom nytten er større enn kostnaden (Digitaliseringsdirektoratet, 2015)
- Parisavtalen: Historiens første globale klimaavtale som skal sørge for at verdens land klare å begrense klimaendringene (FN-sambandet, 2019)
- Passive tiltak: Bygningsarbeid som er uavhengig av brukervaner. Typiske tiltak er etterisolering av tak, vegger og gulv, utskiftning av vinduer og dører samt tetting av eksisterende dører og vinduer (Novakovic, Hanssen, Thune, Wangensteen & Gjerstad, 2007).
- Rehabilitering: Istandsettelse av en eldre bygningsmasse uten å endre funksjon (Husbanken, 2019).
- Restverdi: Avhendingskostnad ved endt brukstid.
- Togradersmålet: Begrensningen av global oppvarming til 2 grader over førindustrielt nivå (NHO, 2020)
- Yield (= direkteavkastning): Første års leieinntekter delt på pris eller verdi (Bærug, 2017)

Forkortelser:

- BAE næringen: Bygg-, anlegg- og eiendomsnæringen
- BREEAM: Building Research Establishment Environment Assessment Method
- FDVU: Forvaltning, Drift, Vedlikehold og Utvikling
- LCA: Livssyklusanalysen, livsløpsvurderingen eller på engelsk Life Cycle Analysis
- LCC: Livssyklus kostnader, eller på engelsk Life Cycle Costs
- NOK: Norske kroner
- NS: Norsk Standard
- ROT: Rehabilitering, ombygging, tilbygg
- SURE: SUstainable REfurbishment
- SVV: Statens vegvesen

Begreper:

- Hovedcase: SVV kontorsted i Steinkjer, tidligere kalt Vegkontoret i Steinkjer og Vegkontoret i Nord-Trøndelag
- Sammenlikningscase: Tempeveien 22 og Schweigaards gate 15

1. Innledning

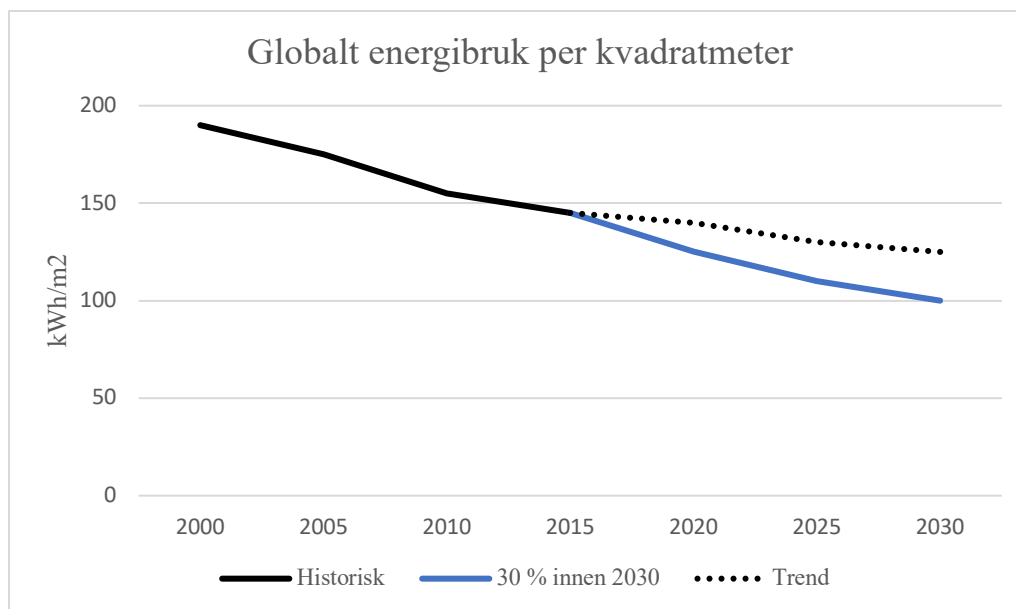
Dette kapittelet introduserer bakgrunnen for masteroppgaven med en relativt kortfattet oversikt over tema som inngår i oppgaven. Basert på bakgrunn, presenteres formålet med oppgaven samt problemstilling og forskningsspørsmål. Avslutningsvis vil oppgavens disposisjon bli presentert.

1.1 Bakgrunn

1.1.1 Det grønne skiftet

De neste årene er menneskeheten nødt til å håndtere global oppvarming, større knapphet på naturressurser samt stigende befolkningstall. Anslag viser at menneskeheten trenger to jordkloder for å støtte vårt daglige forbruk (Global Footprint Network, 2019). Den menneskeskapt miljøpåvirkningen har fått global oppmerksomhet med et felles mål om å redusere drivhuseffekten. FN har klare bærekraftige utviklingsmål for å imøtekomme klimamålene i Parisavtalen (De forente nasjoner, 2019). Landene som har undertegnet Parisavtalen er enige om at temperaturen på kloden ikke må stige mer enn 2 grader før århundret er over, vil jobbe for at temperaturen ikke skal stige mer enn 1,5 grader (FN-sambandet, 2019). Parisavtalen sier at de rike landene skal gjøre mer. Som et av verdens rikeste land, har Norge har satt høye klimaambisjoner med mål om å bli et lavutslippssamfunn innen år 2050.

Bygg-, anleggs og eiendomsnæringen (BAE-næringen) er sentral for å redusere miljøpåvirkningen. Næringen står for rundt 40 prosent av det globale energiforbruket og nesten 40 prosent av de totale direkte og indirekte CO₂ utslippene (Abergel, Dean & Dulac, 2017). World Green Building Council (2019) estimerer at BAE-næringen står for 39 prosent av all CO₂ utslipp i verden. For å imøtekomme klimamålene i Parisavtalen, må BAE-næringen redusere energiforbruket (kWh/m²) med 30 prosent innen 2030, sammenliknet med 2015 nivåer. Figur 1 viser verdens energibruk per kvadratmeter bygningsareal i en historisk sammenheng, trenden de kommende årene samt hva energibruken må være for å nå klimamålene i Parisavtalen. Grafen viser at energiforbruket har forbedret seg med en rate på 1,5 prosent, men reduksjonen er ikke tilstrekkelig for å møte klimamålene. Årsaken er at den totale bygningsmassen øker med 2,3 prosent per år som bidrar til en fire prosent økning i verdens totale energiforbruk.



Figur 1: Verdens energiforbruk (kWh/m²). Egenprodusert, inspirert av (Abergel et al., 2017)

Norsk Eiendom og Grønn Byggallianse har i rapporten *Eiendomssektorens Veikart mot 2050* etterspurt en endringsprosess for å øke verdiskapningen med mindre samlet miljøpåvirkning (Bramslev & Askjer, 2016). Denne endringsprosessen er kalt for *det grønne skiftet*. I følge administrerende direktør i Statsbygg, Harald Vaagaasar Nikolaisen, er det mest miljøvennlige vi kan gjøre er å bygge om eller bygge til eksisterende areal slik at de kan bli utnyttet på en best mulig måte (Statsbygg, 2019b).

Det koster imidlertid å transformere bygningsmassen opp til et klimaambisiøst nivå (Bramslev & Askjer, 2016). Enova (2012) sin *Potensial- og barrierestudie* estimerer at kostnader er den største barrieren for å transformere bygninger, mye på grunn av høy investeringskostnad. Støtteordninger og incentiver vil bidra til å redusere kostnadsbarrieren. I tillegg er det ikke unaturlig at ekstra investeringer er helt nødvendig for å møte nasjonale- og internasjonale klimamål.

1.1.2 Tema

Tema for denne masteroppgaven *kostnader tilknyttet klimaambisiøs rehabilitering*. Med klimaambisiøs rehabilitering menes oppgradering av bygningsmasse utover forskriftsmessige standard. Hovedsakelig vil byggeteknisk forskrift fra 2010 (TEK10) bli brukt som referanse. Et synonym for klimaambisiøs rehabilitering er «dyp energirehabilitering». Det vil gis en nærmere forklaring av begrepet rehabilitering i delkapittelet 2.1.2 Begrepet rehabilitering.

Når det kommer til kostnadene vil masteroppgaven se på kostnadene i et livsløpsperspektiv. Herunder, kostnader i tidlig-, produksjons-, bruks- og avhendingsfase. Det vil blant annet bli redegjort for årsakssammenhengen for investeringskostnaden av ulike energiøkonomiske tiltak i tidlig- og produksjonsfasen og de påfølgende kostnadsbesparelsene i bruksfasen. Kost-/nytteprinsippet vil også bli benyttet gjennom hele masteroppgaven. Prinsippet, eller vurderingen, innebærer å identifisere de aktuelle klima- og miljøtiltakene for så å velge å implementere tiltaket dersom nytten er større en kostnaden.

For å belyse oppgavens tema, har det blitt brukt casestudie som forskningsmetode. Tre casestudier vil danne grunnlaget for oppgavens besvarelse: Statsbyggs rehabiliteringsprosjekt av SVV kontorsted i Steinkjer, KLP Eiendom sitt rehabiliteringsprosjekt på Tempeveien 22 og Entra rett rehabiliteringsprosjekt av Schweigaards gate 15. SVV kontorsted i Steinkjer er hovedcase i denne masteroppgaven, mens de to andre vil brukt som sammenlikningscase - en nærmere beskrivelse av casestudie kommer i kapittel 4. Casestudie. Det ferdigstilte rehabiliteringsprosjektet av SVV kontorsted i Steinkjer er avbildet i Figur 2.



Figur 2: Statens vegvesens kontorsted i Steinkjer (Statsbygg, 2017)

1.1.3 Inspirasjon og avgrensninger

Masteroppgaven har hentet inspirasjon fra akademiet, boligbyggelag og fagmiljøer. Denne avhandlingen har sett på tidligere masteroppgaver som omhandler liknende tematikk. Eksempelvis ble det skrevet masteroppgaver som går inn på rehabilitering i et bærekraftig perspektiv (Nakstad & Engebakken, 2019), rehabilitering i tidligfase (Lund, 2016) og myndighetenes krav til arbeid på eksisterende bygninger (Holtmon, 2017).

Det er hentet inspirasjon fra Sintefs mulighetsstudie for rehabiliteringen av Vestlia borettslag, boligområde i Trondheim fra 70-tallet (Skeie et al., 2018). Mulighetsstudiet viser hvilken påvirkning rehabiliteringen har på energiforbruk og klimafotavtrykket samt kostnadene ved de ulike tekniske løsningene for rehabiliteringen.

Fagmiljøer som Hjernringen, et ledd i Norske Boligbyggelags Landsforbund, har bevisstgjort viktigheten av rehabilitering for å nå FN's bærekraftsmål som ligger til grunn for Norges klimaavtale (Bjørberg, Bendiksen, Salaj & Senior, 2020). Hjernringen har gitt grunnlag for en rekke rapporter – som også er brukt som kilder i masteroppgaven. Her understrekes det at boliger utgjør den viktigste rollen for det grønne skiftet. Likevel er forskningen høyst relevant også for kontorbygninger som min masteroppgave går i dybden på.

Det har vært nødvendig å avgrense denne masteroppgaven. Dette har blant annet blitt gjort ved å velge casestudie som forskningsmetode. I tillegg har forskeren begrenset seg til de spesifikke klima- og miljøtiltakene som har blitt gjennomført ved Statsbyggs rehabilitering av SVV kontorsted i Steinkjer. Funnene har blitt sammenliknet med to tilsvarende rehabiliteringsprosjekter.

Restkostnad/-verdi av klimaambisiøs rehabilitering har fått spesiell oppmerksomhet. Denne verdien er av viktig karakter både for private og offentlige aktører. Andre kostnadene tilknyttet avhendingsfasen har blitt utelatt i denne undersøkelsen. Det samme har generelle kostnader tilknyttet rehabilitering opp til forskriftsmessige standarder.

1.2 Formål, problemstilling og forskningsspørsmål

Formål med masteroppgaven er å øke kompetansen og kunnskapen angående kostnader tilknyttet klimaambisiøs rehabilitering. Masteroppgaven vil ta del i Statsbyggs *FoU-prosjektet 1169301 Økt kompetanse om kostnader knyttet til miljøtiltak*, delprosjektet *miljøtiltak i driftsfasen* og underprosjektet *klimaambisiøs rehabilitering*. FoU-prosjektet skal gi statelige oppdragsgivere kvalifiserte råd om kostnader tilknyttet energiøkonomiske tiltak. Rådene skal gi grunnlag for å vurdere tiltakenes nytteverdi opp mot kostnad og gi et bedre beslutningsgrunnlag for å avveie verdi og kostnader for de forskjellige miljø-/klimatiltakene (Stenrød & Rogstad, 2019).

På bakgrunn av formålet med masteroppgaven har jeg kommet opp med en problemstilling. For å kunne svare på problemstillingen har det blitt utarbeidet tre forskningsspørsmål, vist i Tabell 1. Det er vektlagt en naturlig flyt mellom de tre forskningsspørsmålene. Et livsløpsperspektiv er derfor satt som utgangspunkt for de forskningsspørsmålene. Problemstillingen for oppgaven er som følger:

«Hvordan gjennomføres kost-/nyttevurderingene i klimaambisiøse rehabiliteringsprosjekt og hvilken påvirkning har dette for kostnadene og byggets restverdi?»

Tabell 1: Forskningsspørsmål

Forskingsspørsmål	Beskrivelse
Hva er motivasjonsfaktorene for å gjennomføre klimaambisiøs rehabilitering?	Dette forskningsspørsmålet tydeliggjør de bakenforliggende interessene for klimaambisiøs rehabilitering. Her belyses blant annet førtilstanden til byggene i casestudie.
Hvordan er kost-/nyttevurderingene i tidlig- og produksjonsfase ved klimaambisiøse rehabilitering?	Hensikten med dette forskningsspørsmålet er å beskrive de klima- og miljøtiltakene som blir vurdert for å reise et klimaambisiøst bygg og hvilken påvirkning dette har på kostnadene i tidlig- og produksjonsfase.
Hvilke påvirkning har klimaambisiøs rehabilitering for kostnadene i bruksfasen og byggets restverdi?	Her blir de faktiske kostnadene i bruksfasen av det klimaambisiøse rehabiliteringen dokumentert. Det vil også belyses hvilken påvirkning klimaambisiøse bygg har på restverdien.

1.3 Masteroppgavens disposisjon

Masteroppgaven er delt inn i seks kapitler som vist i Tabell 2. Det er vektlagt flyt mellom de ulike kapitlene og struktur gjennom hele oppgaven for å bygge opp under problemstillingen og forskningsspørsmålene.

Tabell 2: Kapittelbeskrivelse for masteroppgaven

Kapittel	Innhold
1. Innledning	Presenterer bakgrunn for oppgaven, team og kort beskrivelse av casestudiene. Videre blir det redegjort for formålet, problemstillingen og de tilhørende forskningsspørsmålene. Oppgavens disposisjon blir også presentert.
2. Teori	Inneholder det teoretiske rammeverket for oppgaven. Kapitlet er delt opp i fire deler: rehabilitering, energi og miljø, kostnader og merverdi av klimaambisiøse bygg. Hver delkapittel har sine respektive underkapitler.
3. Metode	Gir en beskrivelse av den samfunnsvitenskapelige forskningsprosessen og hvilken metodisk tilnærming som er benyttet, samt hvorfor og hvordan. Basert på valg av metodisk tilnærming vil dataene i forskningsprosessen analyseres. Avslutningsvis presenteres forskningsetiske retningslinjer.
4. Case	Presenterer hovedcase og de to andre casene som er brukt til sammenlikningsgrunnlag i dette casestudie. En kort beskrivelse av hver case gir nødvendig bakgrunnsinformasjon til resultatdelen.
5. Resultat og diskusjon	Hoveddelen av masteroppgaven består av presentasjon og analyse av fra de kvalitative og kvantitative forskningsprosessene. Funn fra hovedcase, andre aktører og litteraturstudiet blir presentert i dette kapitlet. Herunder funn fra dybdeintervju, dokumentanalysen, observasjoner, litteraturstudiet og total concept metoden. Resultatene for hvert enkelt forskningsspørsmål vil bli diskutert fortløpende. Resultat og diskusjonsdelen danner grunnlag for oppgavens konklusjonsdel.
6. Konklusjon	Inneholder konklusjon på problemstillingen basert på resultat- og diskusjonsdelen. I tillegg presenteres det forslag til videre arbeid og evaluering av masteroppgavens forskningsmetoder.

2. Teori

Det teoretiske rammeverket består av eksisterende litteratur og danner grunnlaget for å belyse oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål. Funn fra litteraturstudiet vil bygge opp under resultatdelen og drøftingsdelen i denne oppgaven.

For å skape en forståelse av vurderinger tilknyttet kostnader for klimaambisiøs rehabilitering, vil det innledningsvis presenteres et delkapittel om rehabilitering. Så vil det presenteres et delkapittel om energi og miljø før det presenteres litteratur om kostnadene og merverdi av klimaambisiøs rehabilitering.

2.1 Rehabilitering

2.1.1 Rehabilitering av eksisterende bygningsmasse

Det er bred enighet om at den eksisterende bygningsmassen er sentral for å redusere miljøpåvirkningen (Abergel et al., 2017). BAE-næringen står for rundt 40 prosent av den globale energibruken og det er spesielt den eldre bygningsmassen som må energieffektiviseres for å nå nasjonale- og internasjonale klimamål. Når hele livssyklusanalysen, livsløpsvurderingen eller på engelsk Life Cycle Analysis (LCA), er tatt i betraktning vil riving av den eldre bygningsmassen ikke være den mest miljøvennlige måten å håndtere situasjonen på. Dette kommer av at det er store CO₂-utslipp tilknyttet riving av grunnkonstruksjonen og fundament. Grønn byggallianse anbefaler heller å rehabilitere byggene eller gjør mindre energieffektive tiltak (Grønn byggallianse, 2019).

Bygningsmassen er fordelt på rundt 400 millioner kvadratmeter bruttoareal (BRA) og cirka 4,2 millioner bygninger (Statistisk sentralbyrå, 2020). Nybygg utgjør mindre enn to prosent av den norske boligmassen, resten utgjør eksisterende bygningsmasse (Novakovic et al., 2007). Store deler av bygningsmassen er bygd før 1960-tallet og omtrent en fjerdedel av den totale bygningsmassen er bygd før 1940 (NTNU, 2019). Dette er en tankevekker ettersom majoriteten (mer enn 70 prosent) av bygningene som vil bli brukt i 2050 allerede er bygget (Norsk kommunalteknisk Forening, 2015).

Bygningsmassen består av over 4,2 millioner antall bygninger per 1. januar 2020 (Statistisk sentralbyrå, 2020). Kontor- og forretningsbygg utgjør nesten 1 prosent av bygningsmassen. En detaljert oversikt over eksisterende bygningsmassen er vist i Tabell 3.

Tabell 3: Eksisterende bygningsmasse. Egenprodusert, inspirert av (Statistisk sentralbyrå, 2020)

Eksisterende bygningsmasse, etter bygningstype			
	2016	2020	2016-2020
I alt	4 113 674	4 212 721	99 047
Boligbygg	1 523 073	1 564 662	41 589
Andre bygg enn bolig	2 590 601	2 648 059	57 458
<i>Kontor- og forretningsbygg</i>	<i>38 875</i>	<i>38 863</i>	<i>-12</i>

2.1.2 Begrepet rehabilitering

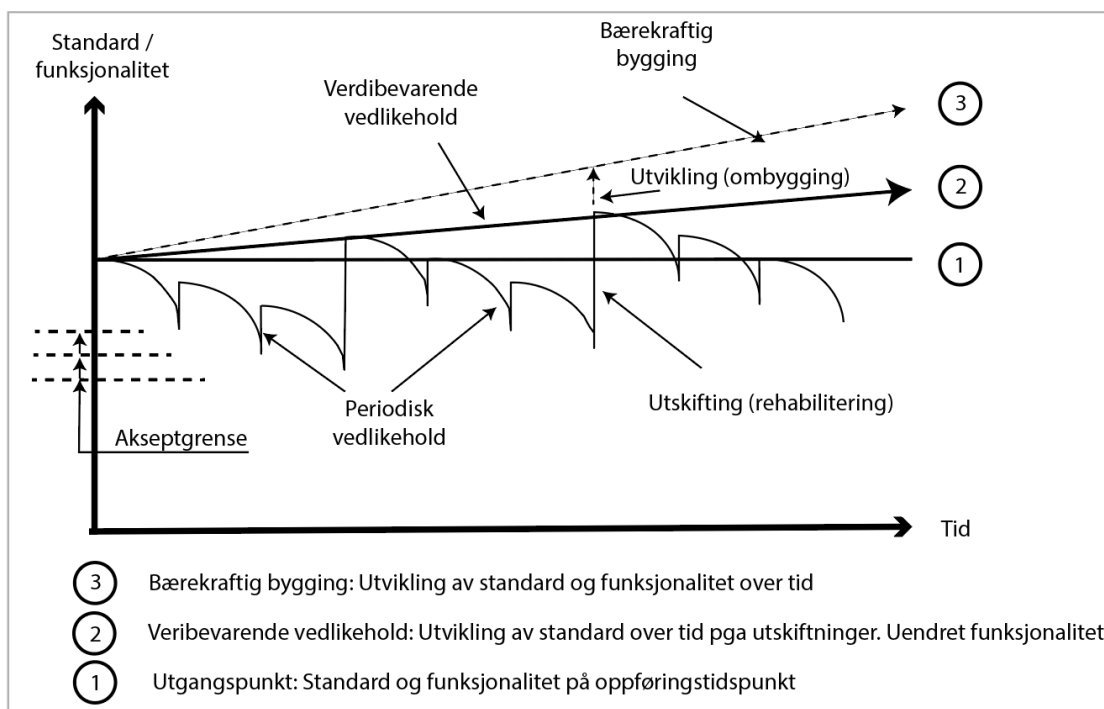
Rehabilitering er et begrep som brukes i mange sammenhenger. For bygninger er det i den engelske litteraturen brukt over 20 uttrykk for å beskrive begrepet rehabilitering (Mansfield, 2002). I den norske litteraturen blir rehabilitering av bygninger hovedsakelig benyttet for å beskrive en istandsettelse av en eldre bygningsmasse uten å endre funksjon (Husbanken, 2019). En liknende definisjon blir brukt av Store Norske Leksikon (2018) og Byggordboka (2020). Standard Norge (2014) definerer rehabilitering i NS 3420-1 som «det å gjøre et objekt i stand til å møte gjeldende krav til funksjon og ytelse».

For å tydeliggjøre begrepet rehabilitering vil avhandlingen ta utgangspunkt i den engelske definisjonen av rehabilitering, nemlig «refurbishment». Nordic region (2015) definerer refurbishment som: «modification and improvements to an existing building, or civil engineering work in order to bring it up to an acceptable condition». Begrepet rehabilitering i masteroppgaven vil derfor omfatte reparasjon, restaurering, oppgradering og endring av planløsning.

Rehabiliteringer vil heve bygningsmassen til dagens standard (Almås, Klinski & Mellegård, 2015) samt bevare de kulturhistoriske verdiene i gamle bygg (Riksantikvaren, 2017). I tillegg skal rehabiliteringsprosjekter tilfredsstille krav til økonomi, ytre- og indremiljø, sosiale forhold og tekniske funksjoner samt støtte organisasjonens kjernevirksomhet (Nordic region, 2015).

Rehabilitering blir ofte forvekslet med ombygging, vedlikehold og drift. Ombygging inkluderer rehabilitering samt omfatter funksjonsendring for å tilfredsstille nye krav (Evjenth, Sandvik, Almås & Bjørberg, 2011). Ombygging blir ofte brukt i dagligtalen om større rehabiliteringsprosjekter. Drift er daglig arbeid som renhold, ettersyn av tekniske installasjoner og

kontroll av bygningsdeler; mens vedlikehold er arbeid som er nødvendig for å opprettholde kvaliteten til en bygning eller bygningsdel på et fastsatt nivå (Byggforskserien 700.320, 2017). Vedlikehold kan deles inn i løpende vedlikehold og periodisk vedlikehold. I starten av et byggs levetid vil det være tilstrekkelig med daglig drift samt løpende vedlikehold. Ettersom funksjonalitet reduseres vil det være behov for periodisk vedlikehold. Akkumulert vedlikeholdsbehov øker behovet for større utskiftninger av bygg eller bygningsdeler (Bjørberg & Larsen, 2007). Illustrasjon av begrepene rehabilitering, ombygging, drift og vedlikehold, er vist i Figur 3.



Figur 3: Begrepene rehabilitering, ombygging, drift og vedlikehold (Bjørberg & Larsen, 2007)

Energirehabilitering

Det er ikke uvanlig å bruke ordet energirehabilitering som omhandler rehabilitering av bygg for å gjøre de mer energieffektive (Enova, 2012). Det skilles mellom to typer energirehabilitering:

1. **Lett energirehabilitering:** Innebærer enkle tiltak som forbedrer energiutnyttelsen, men som ikke imøtekommer dagens standarder. Eksempler er utskiftninger av enkelte vinduer, etterisolere deler av bygningen og lettere reparasjoner
2. **Dyp energirehabilitering:** Innebærer flere tiltak med formål å bringe bygget opp til, eller utover, dagens standard. Tiltakene karakteriseres som ambisiøse. Eksempler på omfattende tiltak som utskifting av vinduer, etterisolering og ending av teknisk anlegg.

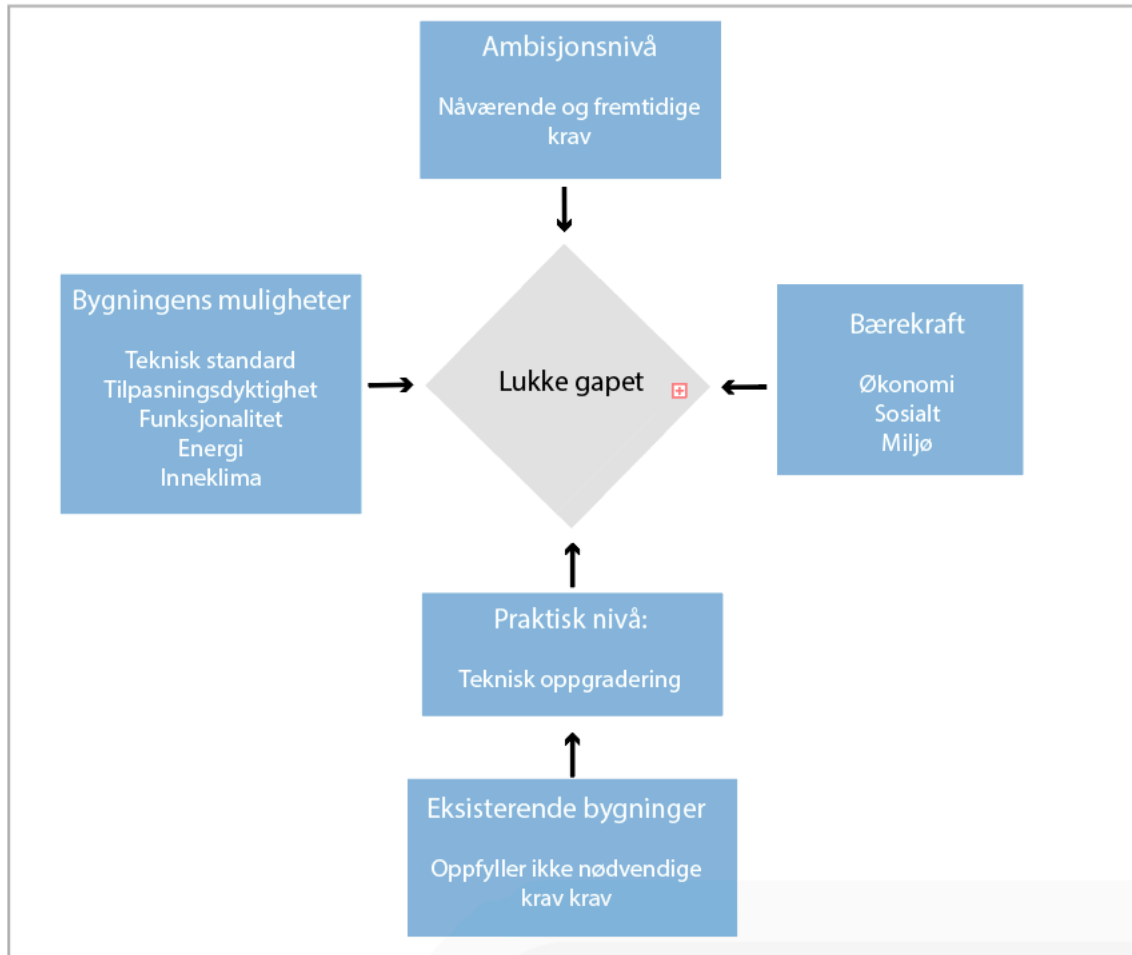
Det er både privat- og samfunnsøkonomisk fornuftig å kombinere energioppgraderinger i forbindelse med andre tiltak (Enova, 2012). Det vil i jevne mellomrom være nødvendig eller ønskelig å utføre arbeid knyttet til rehabilitering, ombygging og tilbygg (forkortet ROT). Motivasjonsfaktorene kan være alt fra vedlikeholdstiltak, tilrettelegging for fleksibilitet, tilpasningsdyktighet, universell utforming og modernisering. Flere motivasjonsfaktorer kan bidra til å redusere de økonomiske barrierene for energieffektiverende tiltak.

De fleste rapporter estimerer at boligoppgraderinger bruker en «dyp» rehabiliteringsrate på 1,5 prosent i året, mens 12 prosent gjør en tilsvarende «lett» energirehabilitering per år (Klinski, Hauge, Godbolt & Skeie, 2017). Det estimeres at rates for mer ambisiøse rehabilitering må utvides (øke tiltakene, ved større rehabiliteringer eller stykkevis rehabiliteringer) opp mot 2,5-3 prosent i året. En slik rehabiliteringsrate er i tråd med EU sine planer, men vil gi store finansielle utfordringer og det vil kreve enorme subsidier og insentiver.

2.1.3 SUsustainable REfurbishment - SURE

Det nordiske forskingsprosjektet «SUsustainable REfurbishment», også kjent som SURE, har som formål å se på hvordan man skal oppgradere den eksisterende bygningsmassen til en bærekraftig nivå (Nordic region, 2015). Prosjektet ble gjennomført som et samarbeid mellom fagmiljøet i Norge, Island, Danmark og Finland. Hvert av landene skal arbeidet med caser fra eksisterende bygninger og sammen ble erfaringene brukt til å utarbeide en felles nordisk veileder – Guidelenes for green procurement for sustainable refurbishment of buildings. Industrien, organer, forskere og offentlige myndigheter bidrar i forskingsprosjektet.

Bærekraftig rehabilitering av eksisterende bygningsmasse vil ikke bare oppgradere bygninger opp til dagens minstekrav, men også møte fremtidige krav på en bærekraftig måte som vist i Figur 4. Økonomi, sosiale og miljømessige forhold må bli tatt i betraktning. For å tette gapet mellom dagens tilstand i den eksisterende bygningsmassen og fremtidige krav, må kvalitetene i bygget utnyttes på en best mulig måte. Kvalitetene innebærer bygningens tekniske standard, tilpasningsdyktighet, funksjonalitet, energi og inneklimate.



Figur 4: Målet med bærekraftig rehabilitering. Egenprodusert, inspirert av (Nordic region, 2015).

Metoden for SURE inneholder seks steg med vurderinger, tiltak og indikatorer som skal være til hjelp for bygningseiere i deres beslutningsprosess ved gjennomføring av bærekraftig rehabilitering. Det er foreslått et poengsystem av indikatorene som måler bærekraft for å gjøre evalueringsprosessen enklere. De seks stegene er som følger:

1. Strategisk beslutning: Bærekraftig oppussing eller kun energioppgradering
2. Evaluering av bygningen
3. Planlegging og gjennomføring av bærekraftig avvikling
4. Planlegging og gjennomføring av bærekraftig ombygging
5. Igangkjøring: overlevering og start av byggingen
6. Bruksevaluering av bærekraftighet

Denne masteroppgaven vil ikke gå i dybden på alle stegene i SURE, men steg 2, *evaluering av bygningen*, er spesielt viktig for tidlig beslutningstaking for bærekraftig rehabilitering. I steg 2 blir

evalueringen av bygningen delt i kategoriene: teknisk standard, funksjonalitet, tilpasningsdyktighet og inneklima. Kategoriene, antall indikatorer for bærekraft og definisjon er vist i Tabell 4.

Tabell 4: Steg 2 i beslutningsprosessen for SURE

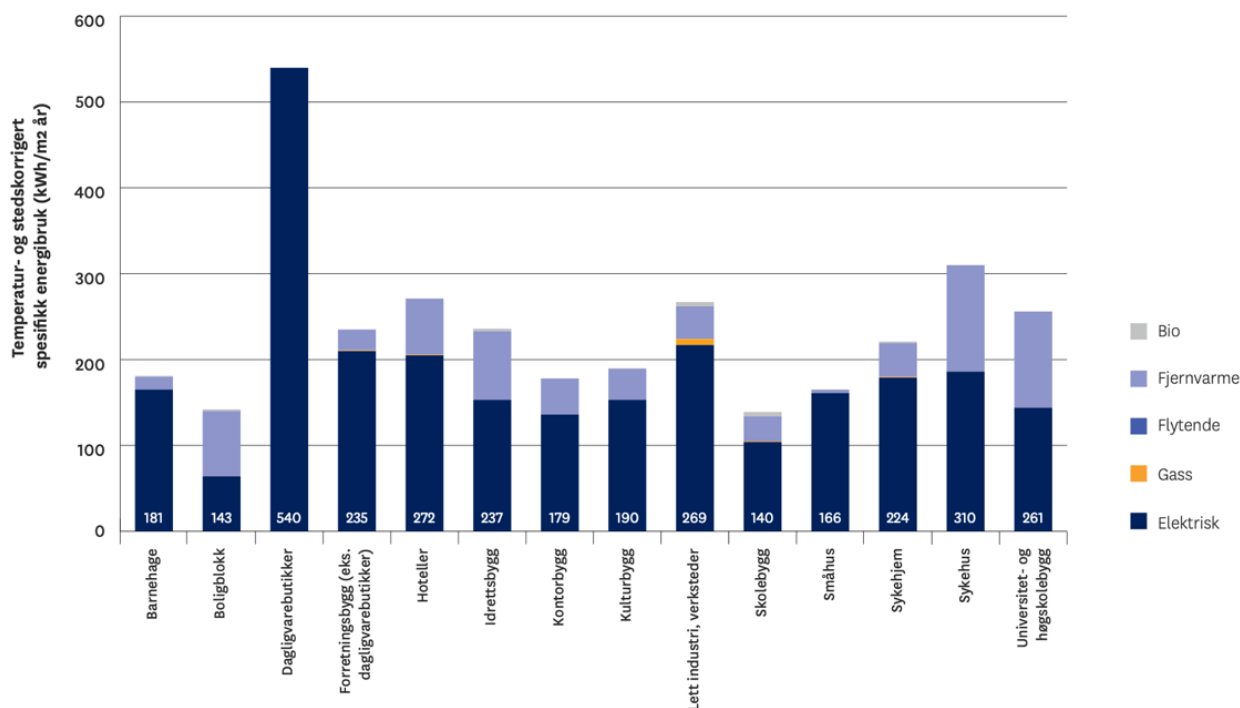
Kategori	Indikatorer	Definisjon
Teknisk standard	18	Et byggs eller en bygningsdels tekniske standard blir vurdert etter den Norske Standarden NS 3424 «Tilstandsanalyse for byggverk». Tilstandsgraden gir oversikt over tilstanden til bygg eller bygningsdel befinner seg i, sett i forhold til et gitt referansenivå.
Funksjonalitet	7	Funksjonalitet er de valgte karakteristiske egenskaper med ytelser som kan måles. Funksjonalitet beskriver hvordan en bygning eller bygningsdel møter virksomhetens behov som areal, utforming, logistikk, nærhet til støttefunksjoner, ytre og indre miljø.
Tilpasningsdyktighet	12	Tilpasningsdyktighet forteller oss om byggets fleksibilitet (evnen en bygning har til å endre funksjonelle krav gjennom å endre egenskaper), generalitet (evnen til å endre funksjonelle krav uten å endre egenskaper) og elastisitet (evnen en bygning har til å utvide eller redusere arealer).
Inneklima (helse)	11	Helse og komfort i bygg er hvordan mennesket opplever forholdene som de er omkranset av.

2.2 Energi og miljø

2.2.1 Energibruk

Norske bygninger har et totalt energibruk i bruksfasen rundt 80 TWh (Bygg21, 2018). Boligmassens energibruk er beregnet til 45 TWh, mens yrkesbygg er estimert til i overkant av 35 TWh (Enova, 2012). Energibruk i bruksfasen er sentral for å redusere bygningers miljøpåvirkning (Almås et al., 2015). Håndtering av klimagassutslipp i driftsfasen er særdeles viktig ettersom 72 prosent av industriens CO₂ utslipp forekommer i driftsfasen og de resterende 28 prosentene ved ferdigstillelse av nybygg samt materialbruk gjennom hele byggets livsløp (World Green Building Council, 2019). Bjørberg og Larsen (2007) og Cloy og Smith (2015) estimerer at hele 80 til 90 prosent av miljøbelastningen forekommer i bruksfasen i en bygnings livssyklus.

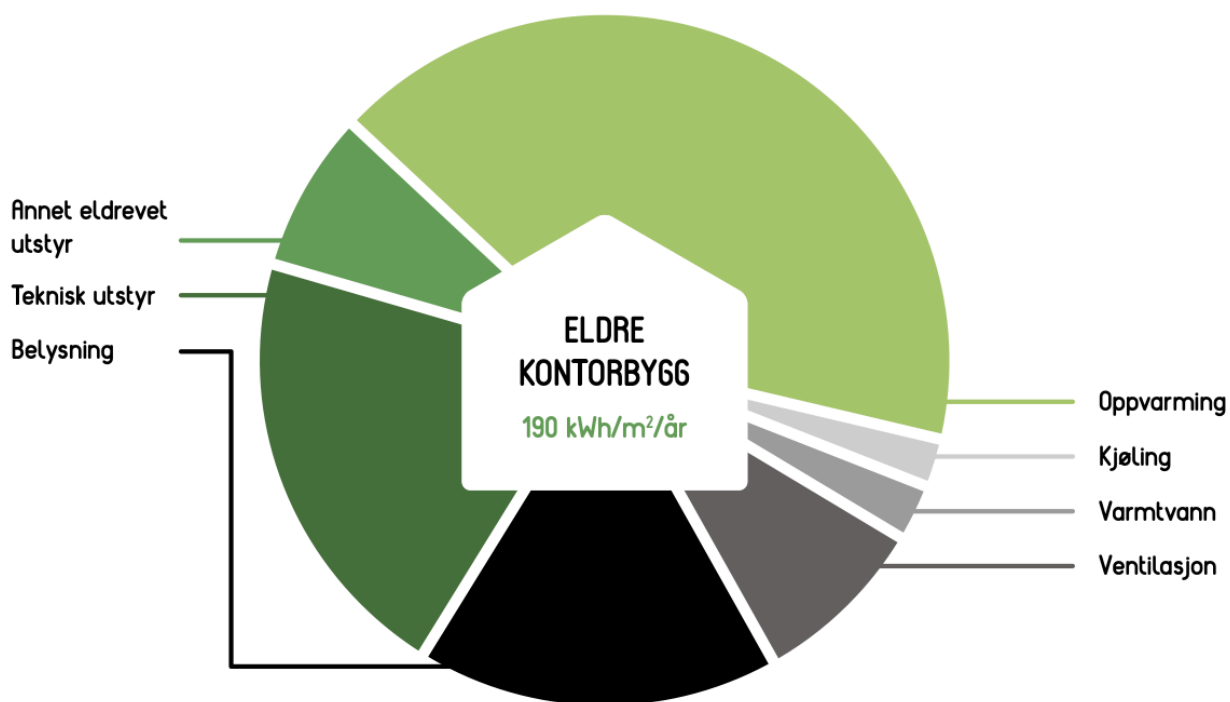
Enova utarbeider årlig statistikk om energibruk i bruksfasen fordelt etter bygningstyper. Statistikken viser at bygningstypene har forskjellig energibruk, og den gjennomsnittlige (arealvektet) temperatur- og stedskorrigert spesifikk tilført energibruken for alle bygninger var 244 kWh/m² (Enova, 2017). Av den totale energibruken blir elektrisitet brukt som den primære energibæreren, som tilsvarer 81,5% av energibruken. Fjernvarme, gass og brensel utgjør, henholdsvis, 16,8%, 0,5% og 0,6%. Energiforbruk for ulike bygningstyper er vist i Figur 5.



Figur 5: Energiforbruk for ulike bygningstyper kWh/m² (Enova, 2017)

Figur 5 viser at gjennomsnittlige energiforbruk for kontorbygg var 179 kWh/m²/år (Enova, 2017). I rapporten *Eiendomssektorens veikart mot 2050*, utarbeidet av Grønn Byggallianse og Norsk Eiendom, estimeres det et energiforbruk for eldre kontorbygg på 190 kWh/m²/år (Bramslev & Askjer, 2016).

Energibehovet for eldre kontorbygget er hovedsakelig tilknyttet romoppvarming som normalt utgjør mellom 30-40 prosent av energibehovet. Et annen vesentlig del av energiforbruket er tilknyttet teknisk utstyr som kontormaskiner, ladere, telefoner samt annet system. Andre energikilder er kjøling, varmtvann, ventilasjon og belysning. Et eksempel på energiforbruket for et eldre kontorbygg er illustrert i kakediagrammet i Figur 6.

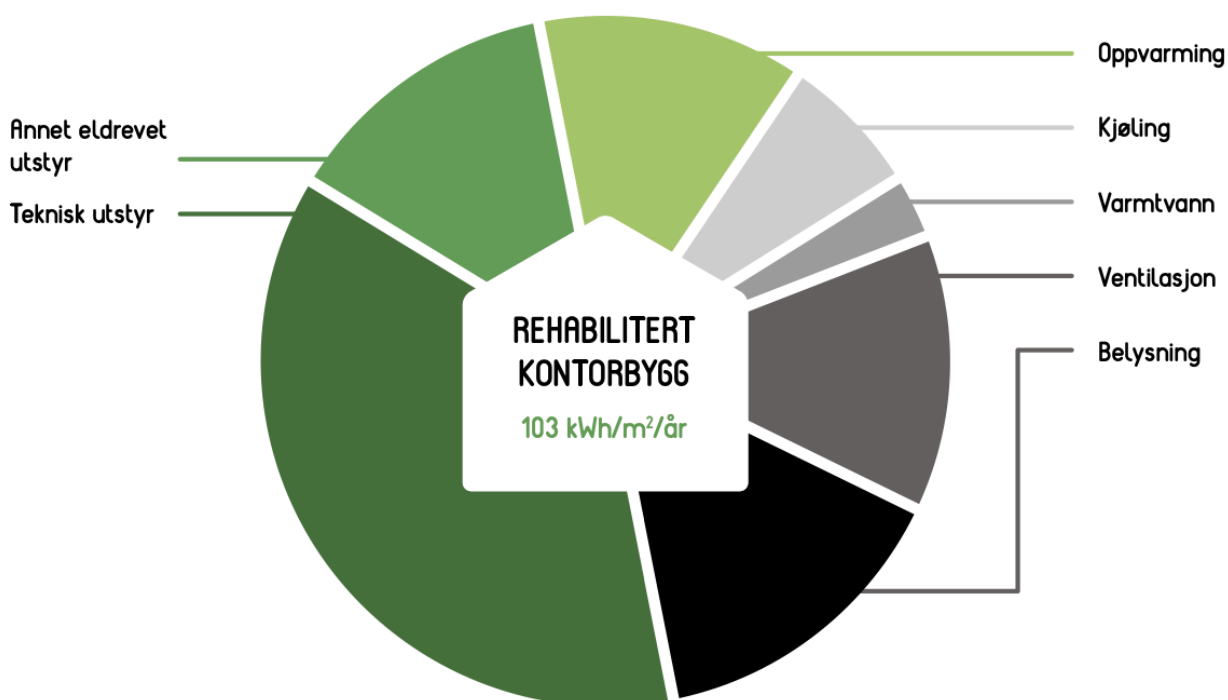


Figur 6: Energibruk for et eldre kontorbygg (Bramslev & Askjer, 2016)

2.2.2 Potensiale for energieffektivisering

Enova (2012) sin *potensial- og barrierestudie* viser at det tekniske potensialet for energisparing i den norske bygningsmassen er 32,8 TWh. Rapporten utgitt fra Bygg21 (2018) i samarbeid med Grønn Byggallianse anslår på sin side et enda høyere potensial for energieffektivisering i den totale norske bygningsmassen på hele 40 TWh til 2040. Det tekniske potensialet for næringsbygg er 19,4 TWh (Enova, 2012). Det største potensialet er oppgraderingen av forretningsbygg, etterfulgt av kontorbygg. Årsaken er først og fremst at byggene utgjør det største samlede arealet, og ikke nødvendigvis at energibruken er høyest for hvert enkelt av byggene.

Redusering av oppvarmingsbehovet utgjør det største teoretisk potensial på 1,6 TWh (Enova, 2012). For et eldre kontorbygg kan romoppvarming reduseres fra 30-40 prosent av energibehovet, vist i Figur 6, til 5-15 prosent gjennom en passivhusrehabilitering som i Figur 7. Reduksjonen av oppvarmingsbehovet oppnås hovedsakelig gjennom passive tiltak som etterisolering av tak, vegger og gulv, utskiftning av vinduer og dører samt tetting av eksisterende dører og vinduer (Enova, 2012). Tiltakene er «passive» fordi de er uavhengig av brukervaner (Novakovic et al., 2007).



Figur 7: Energibruk etter at kontorbygget i Figur 6 er rehabilitert (Bramslev & Askjer, 2016)

I kontorbygg er oppvarmingsbehovet størst utenfor driftstiden og minst under driftstiden da transmisjonsvarmetapet ofte blir dekket av intern varme, strøm til belysning og varmeoverføring fra utstyr. Noen moderne kontorer produserer faktisk et varmeoverskudd. Likevel er passive tiltak nødvendig for å redusere transisjonstapet utenfor driftstiden og bidrar til en jevn strøm av varme i bygget.

Etterisolering

Etterisolering anses som det beste energieffektiviseringstiltaket for å redusere oppvarmingsbehovet (Novakovic et al., 2007). En dobling i tykkelse av etterisolering vil resultere i en halvering av varmegjennomgangen, og en firedobling av tykkelsen av etterisolering vil resultere i en tre fjerdedels reduksjon i varmegjennomgangen. For et best og mest økonomisk lønnsomt resultat anbefales det å isolere jevnt over bygningskroppen, unngå kuldebroer og heller isolere vegger enn tak (Enova, 2012).

Oppvarmingssystem

Oppvarmingssystemet har mye å si for energikostnadene, herunder oppvarming, kjøling og varmtvann (Novakovic et al., 2007). Eksempler på oppvarmingsløsninger er direkte elektrisitet oppvarming, lokale ildsteder (peis, ovn, gas), fjernvarme, solfangere, biobrensel og varmepumpe. Etter det ble forbudt å fyre med fossil olje i 2020 (Enova, 2020) har varmepumpen blitt et populært fornybart alternativ. Det finnes forskjellige typer varmepumper som væske-til-vann-varmepumpe og luft-til-vann-varmepumpe. En væske-til-vann-varmepumpe utnytter bergvarme, jordvarme eller sjøvarme og reduserer energibruken sammenliknet med strøm.

Det er viktig at oppvarmingssystemet er dimensjonert riktig etter størrelse. For en varmepumpeløsning er det anbefalt at varmepumpen dekker grunnlast som ofte tilsvarer 80-95 prosent av det årlige energibehovet for oppvarming. Det resterende energibehovet, ofte kalt spisslast, dekkes av en annen varmekilde, ofte elektrisitet. En slik fordeling kommer av at varmepumpen har en effektfaktor også kalt COP-faktor (coefficient of performance). Effektfaktor beskriver hvor mye mer varmeeffekt man får fra varmepumpen enn hva den bruker av strøm. Dette kalles også COP-faktor (coefficient of performance). Hvis en varmepumpe har en COP-faktor på 3, betyr det at varmepumpen produserer tre ganger mer enn den forbruker.

Ventilasjon

Når oppvarmingsbehovet er redusert med riktig oppvarmingssystem, vil det tekniske potensialet ligge i oppgradering av teknisk anlegg. Ventilasjon utgjør store deler av det totale energibruket i bygninger og er helt sentral for å bidra til et godt innemiljø (Novakovic et al., 2007). Ventilasjon innebærer forflytning og utskiftning av luft i bygninger, og er viktig for å redusere mengden av forurensning av luften i bygget. Det finnes hovedsakelig tre typer av ventilasjon:

1. **Naturlig ventilasjon:** bruker termisk oppdrift og vind som drivkrefter. Termisk oppdrift forekommer ved at kald luft som blir oppvarmet stiger og skaper luftbevegelser, mens forskjell i lufttrykk skaper et vindsug.
2. **Mekanisk ventilasjon:** også kalt tvunget ventilasjon, bruker elektrisk drevne vifter for å skape luftbevegelser til den naturlige ventilasjonen. Vifter er ofte plassert på badrom for å transportere vekk luftmengder for å skape et godt inneklima.
3. **Balansert ventilasjon:** er anlegg der bygningen få tilført omtrent like store mengde tilluft og avtrekksluft. Hovedmotivasjonen for å bruke denne formen av ventilasjon er god temperaturkomfort og redusert energibruk. Det er vifter som styrer luftskiftet der tilluft fordeler filtrert luft ved hjelp av kanaler til oppholdsrommene gjennom ventiler, mens avtrekksluft trekker ut brukt luft. I ventilasjonsaggregatet blir tilluften forvarmet med en varmegjenvinner. Det anbefales i SINTEF Byggforsk (2015) at varmegjenvinneren har mist 80 prosent årgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad.

Sensorer og målere (proptech)

Installasjon av teknologiske løsninger i bygningen, ofte kalt *proptech* fra de to engelske ordene «property» og «technology», kan bidra til å optimalisere bruken av ressurser i bygget. Sensorer og målere er ikke energireduserende i seg selv, men kan være til stor nytte ved smartere bruk av bygget (M. Johannessen, 2019). Et eksempel er sensorer som regulerer luftmengden eller CO₂ i rommet også kalt behovsstyrt ventilasjon (på engelsk Demand Controlled Ventilation, forkortet DCV). Luftmengden kan enten være konstant (på engelsk Constant Air Volume, forkortet CAV) eller variabel (på engelsk Variable Air Volume, forkortet VAV). Andre eksempler er avanserte målesystemer (AMS) som måler for eksempel strømforbruket.

Planløsning og form

Planløsning spiller en viktig rolle for byggets energibruk (Novakovic et al., 2007). Organisering av funksjoner og areal kan optimalisere energibruken blant annet gjennom solvarme, dagslys, vind og termisk oppdrift for ventilasjon og kjøling. Å utnytte solvarme og dagslys er spesielt viktig for energibruken. I tillegg anbefales det å eliminere utstående elementer siden de er utsatt for infiltrasjonstap og gjør at bygningen trenger ekstra isolasjon.

Innetemperaturen kan variere fra et rom til et annet med forskjellige funksjoner. Det samme gjelder internvarme. Når forskjellige type rom plasseres på en fornuftig måte og skaper termiske funksjoner, kan internvarmen utnyttes og varmetapet reduseres. Rom som krever høyt temperaturbehov anbefales å plasseres sentralt i kjernene av bygget, men rom med lite oppvarmingsbehov langs fasadene. Videre anbefales det å plassere lager, inngangsparti og garasje mot nord og oppholdssteder mot sør for å utnytte solvarmen. Andre smarte planløsninger er å tenke på hvordan rom med samme brukstid og temperaturbehov plasseres i forhold til hverandre for å utnytte systemer for varme og ventilasjon.

Samspeillet mellom energi, innemiljø og kostnader

Planleggingen, design og konstruksjon av en bygning er komplisert, men med riktig bruk av ressurser kan funksjonene i bygningen støtte opp under byggets energibruk, inneklima og kostnader, som vist i Figur 8. Noen av temaene er beskrevet i dette delkapittelet.

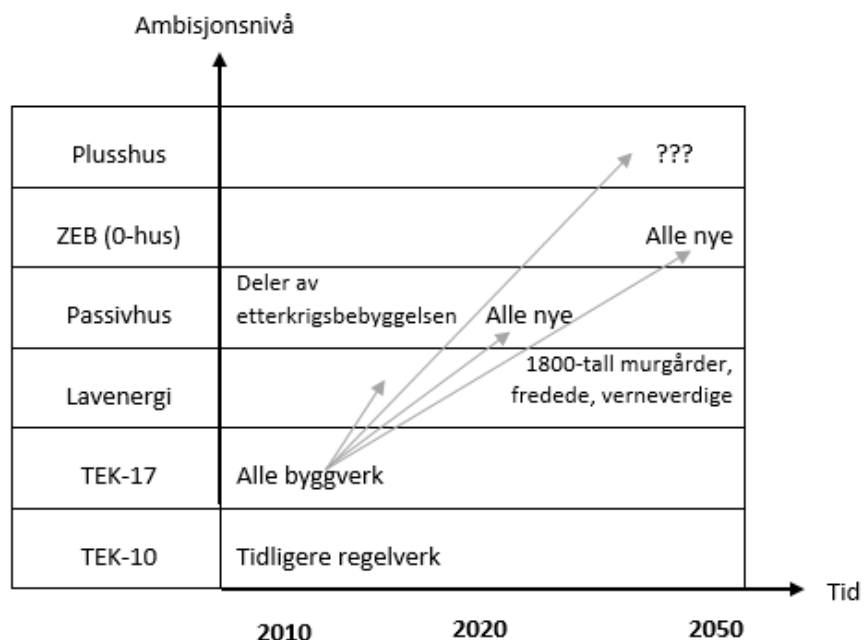
Samspill			
Klima	Bygning	Installasjon	Bruker
Utetemperatur	Beliggenhet Orientering	Energi og vann	Vaner Holdninger
Sol	Form Planløsning	Romvarme Varmtvann	Aktivitet Driftstid
Vind	Isolasjon Lufttethet	Ventilasjon Kjøling	Vedlikehold Utvikling
Fuktighet	Varmekapasitet	Elektrisitet Belysning	Informasjonskunnskap
Miljø	Vinduer	Varmegjenvinning Automatikk	Informasjon Kunnskap
Energibruk - Innemiljø - Kostnader			

Figur 8: Samspill energi, inneklima og kostnader. Egenprodusert, inspirert av (Novakovic et al., 2007)

2.2.3 Veien mot 2050

Med et stort potensial for å redusere energibruken har Norge store statelige ambisjoner for en gradvis transformasjon mot en mer energieffektiv bygningsmasse frem mot 2050 (Evjenth et al., 2011). Stortinget er i samsvar med Grønn Byggallianse og har lagt nasjonale mål om å redusere energibruken i den eksisterende bygningsmassen med 10 TWh innen 2030 samelignet med 2016 nivå (Arnstad, Naversete & Nordås, 2017).

Figur 9 viser Norske myndigheters ambisjonsnivå for energistandard i Norge bygninger, og til hvilken tid disse energieffektive bygningene skal tre i kraft. Byggeteknisk forskrift (TEK) og de ulike energieffektive byggene vil bli beskrevet. Avslutningsvis vil det illustreres energibruken og -produksjon for energieffektive eneboliger sammenliknet med dagens bygningsmasse i Figur 10.



Figur 9: Ambisjonsnivå for energistandard i bygninger frem mot 2050 (Evjenth et al., 2011)

Byggeteknisk forskrift

Byggeteknisk forskrift er fastsatt med hjemmel i Plan- og bygningsloven (Pbl) fra 2008 og trekker minimumskrav for å oppføre byggverk i Norge (Direktoratet for byggkvalitet, 2017). TEK17 er en revidert forskrift fra den tidligere byggetekniske forskriften (TEK10). Boliger som er utført etter TEK17 har et totalt energibehov og bruker energi til romoppvarming på henholdsvis 125 og 50 kilowattime per kvadratmeter i året. I tillegg til strengere tekniske krav til energi, sikrer TEK17 at bygg oppfyller krav til sikkerhet, HMS og universell utforming (Lovdata, 2017).

Strengere krav i byggetekniske forskrifter fører til redusert energiforbruk, samtidig som det øker kostnader knyttet til ferdigstillelse av bygg (Skeie, Lien, Svensson & Andresen, 2016). Øke prosjektkostnader gir besparelser i driftsfasen. Merkosten for å rehabilitere til dagens standard kommer selvfølgelig an på hvilke tiltak som utføres.

Passivhus

I motsetning til byggetekniske forskrifter, som har hjemmel i en lov, har passivhus kriterier som er fastsatt i standardene NS 3700 og NS 3701 for henholdsvis boligbygninger og yrkesbygninger (Byggforskserien 473.003, 2015). Standardene er frivillig å følge og har ikke straffebestemmelser. Som vist i Figur 10, er passivhus mer energieffektive enn bygninger bygd etter dagens standard. Dette kommer primært av lav energibehov til oppvarming gjennom godt isolert og vindtett bygningskropp, bruken av vinduer med lave u-verdier og effektive ventilasjonsanlegg. Minimumskravene for varmegjennomgangskoeffisient (u-verdi) passivhus sammenliknet med TEK-10 er vist i Tabell 5:

Tabell 5: Minimumskrav til u-verdier på bygningskroppen for TEK10 og passivhus

Energiltak	Enhet	TEK10	Passivhus
Vegger – utvendig isolering	W/m ² K	0,22	0,16
Vegger – Lekkasjetall (n50)	(/h)	1,5	0,4
Vegger – Norm. kuldebroverdi	W/(m ² K)	0,09	0,03
Tak – utvendig isolering	W/m ² K	0,13	0,08
Gulv	W/m ² K	0,13	0,1
Vinduer og dører	W/m ² K	1,2	0,8

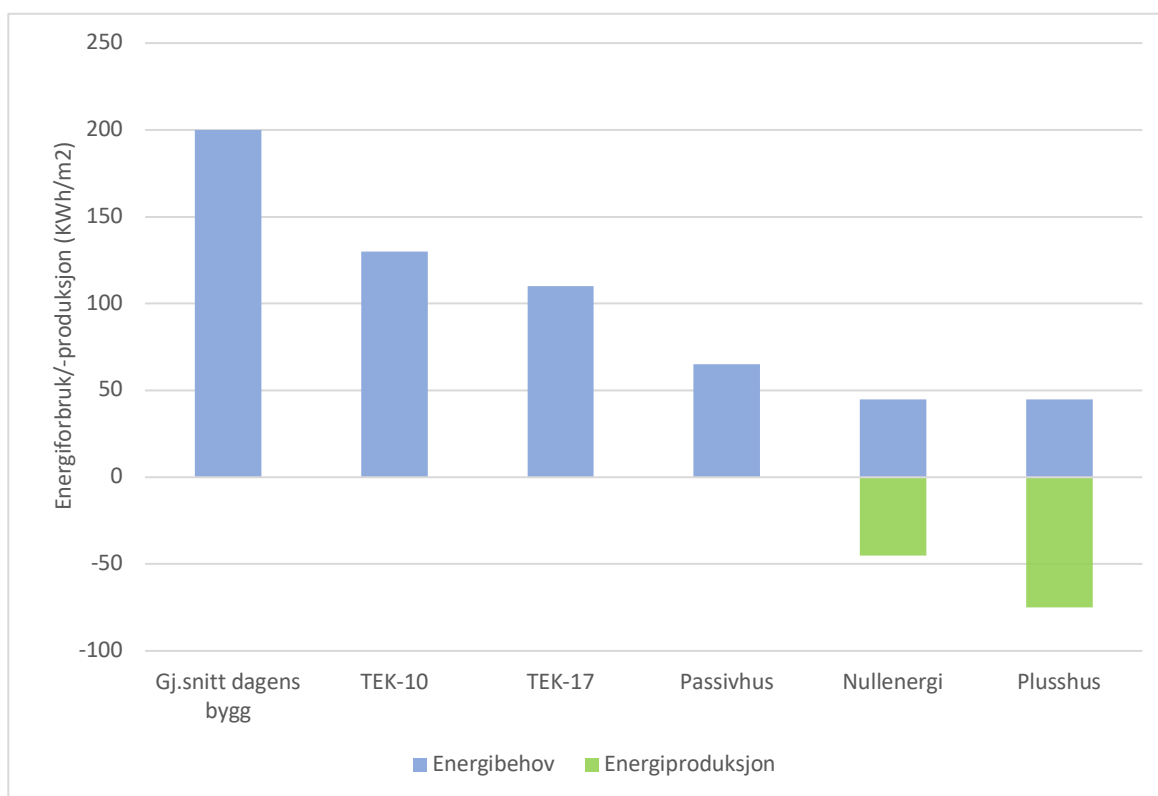
Det er usikkert hva merkosten er ved å bygge etter passivhustandarden. Er rapport utarbeidet av SINTEF Byggforsk og Husbanken, skrevet av Skeie et al. (2016), har estimert at passivhus medfører noe økte byggekostnader, men sjelden over 10 prosent. Merkostnaden i investeringen vil kunne forsvares gjennom lavere energiforbruk med en inntjeningstid på litt over ti år.

Nullenergibygning (ZEB)

Et nullenergibygning (Zero Energy Building eller ZEB) er et bygg som har et netto energibehov lik null regnet over hele husets levetid (Byggforskserien 473.003, 2015). Bygninger vil slippe ut klimagasser og generere et energibehov i arbeid som forekommer ved ferdigstillelse av bygget, men i driftsfasen skal fornybar energi gi et energioverskudd. Typiske fornybare energikilder vil være bruken av solenergi, vindkraft eller kogenereringsanlegg som produserer strøm og varmer ved hjelp av biogass, biobrensel eller liknende. I tillegg kan det produserer varme gjennom varmepumpe.

Plusshus

Plusshus er det optimale målet for å senke utslippet av klimagasser (Byggforskserien 473.003, 2015). Disse byggene produserer fornybar energi gjennom driftsfasen akkurat som nullenergibygninger, men har et høyere fokus på planleggingsstadiet slik at byggets planløsning, fasader, vindusløsninger, og elementer for innvinning av solenergi eller termisk energi blir optimalisert.



Figur 10: Energibehov/-produksjon. Egenprodusert, inspirert av (Byggforskserien 473.003, 2015)

2.2.4 Sertifiserings- og merkeordninger

De siste årene har det kommet mange forskjellige sertifiserings- og merkeordninger som premierer energieffektivitet og generelle miljøkvaliteter (Bramslev & Askjer, 2016). Eksempler er Svanen, Miljøfyrtårn, BREEAM, LEED, CEEQUAL og energimerkeordningen. I tillegg har det kommet standarder som ISO 14001 og CE-merking for å minimere negativ påvirkning av miljøet eller å sikre at et produkt oppfyller krav fra myndighetene. To av disse sertifiserings- og merkeordningene vil bli beskrevet nærmere i dette underkapittelet.

Energimerkeordningen

Beregningene av faktisk energibruk angir bygningens energistandard (Energimerking.no, 2009). Energimerke evaluerer energistandarden til bygninger, og består av en energikarakter og en oppvarmningskarakter. Energikarakteren gir en samlet vurdering av bygningens energibehov målt i antall kilowatt-timer per kvadratmeter (kWh/m²). Karakteren begrenses ved å sammenlikne liknende bygningstype ettersom ulike bygg har forskjellig energibehov. Normalt bruk og klima blir tatt som utgangspunkt for målingene. Energikarakteren går fra A (best) til G (svakest). Oppvarmningskarakteren angir hvor mye av oppvarmingsbehovet (romoppvarming og varmtvann) i bygningen som kan dekkes av andre energikilder enn strøm og ikke-fornybare energikilder (olje og gass). For eksempel vil bruken av oljefyrt panelovner gi rødfarget karakter, mens bruken av varmepumper gi en grønnere (positiv) karakterfarge. Slik skal oppvarmningskarakteren motivere til økt bruk av fornybare energikilder som varmepumper, solenergi, biobrensel og fjernvarme. Når energimerkingen er gjennomført, får bygget en energiattest. Denne attesten gir skal vedlegges ved salg eller utleie av bolig og næringsbygg (Energimerking.no, 2009).

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) administrerer ordningen og er ansvarlige for å beregne energiforbruket. Beregningsmetodene for energikarakteren er basert på den nasjonale standarden for energiberegninger «NS 3031». Programvare for å gjennomføre disse energiberegninger kan gjøres i det norskutviklede energiberegningsprogrammet Simien (Tekna, 2018). Programmet kan gjennomføre simuleringer basert på oppgitte opplysninger om bygget, enten det er boligbygg eller yrkesbygg. Der opplysninger ikke er oppgitt av bygningseier blir standardverdier for den aktuelle bygningstypen brukt i beregningene, noe som igjen kan føre til et avvik mellom målt energi og beregnet levert energi fra simuleringene.

BREEAM

Markedet har begynt å utvikle miljøsertifiseringsverktøy uten at dette er lovpålagt fra myndighetene (Bramslev & Askjer, 2016). BREEAM, som står for den engelske forkortelsen av Building Research Establishment Environment Assessment Method, er verdens eldste og Europas ledende miljøsertifiseringsverktøy. BREEAM tilsvare det amerikanske sertifiseringsprogrammet LEED.

I Norge har vi en nasjonal tilpasset BREEAM sertifisering, kalt BREEAM-NOR, og ble innført i 2012. Gjennom BREEAM-NOR-sertifiseringer vil bygningen få poeng for dokumentert miljøprestasjon (Grønn byggallianse, 2020). Kategoriene er innenfor de ni kategoriene: ledelse, helse- og innemiljø, energi, transport, vann, material valg, avfall, arealbruk og økologi og forurensning. Vektingen av de ulike kategoriene er vist i Tabell 6. Basert på poengsummen vil bygget bli sertifisert etter fem nivåer; Pass, Good, Very Good, Excellent og Outstanding.

Miljøsertifiseringen kan også kartlegge potensial og for forbedringer av eksisterende bygningsmasse, kalt BREEAM-In-Use. Målet med denne sertifiseringen er å oppnå optimal drift- og vedlikehold av bygningsmassen. En del av arbeidet med sertifiseringen er å samle inn FDV-dokumentasjon.

Tabell 6: Vekting av de ulike kategoriene i BREEAM sertifisering

Kategori	Vekting (%)
Ledelse	12
Helse- og innemiljø	15
Energi	19
Transport	10
Vann	5
Materialer	13,5
Avfall	7,5
Arealbruk og økologi	10
Forurensning	8

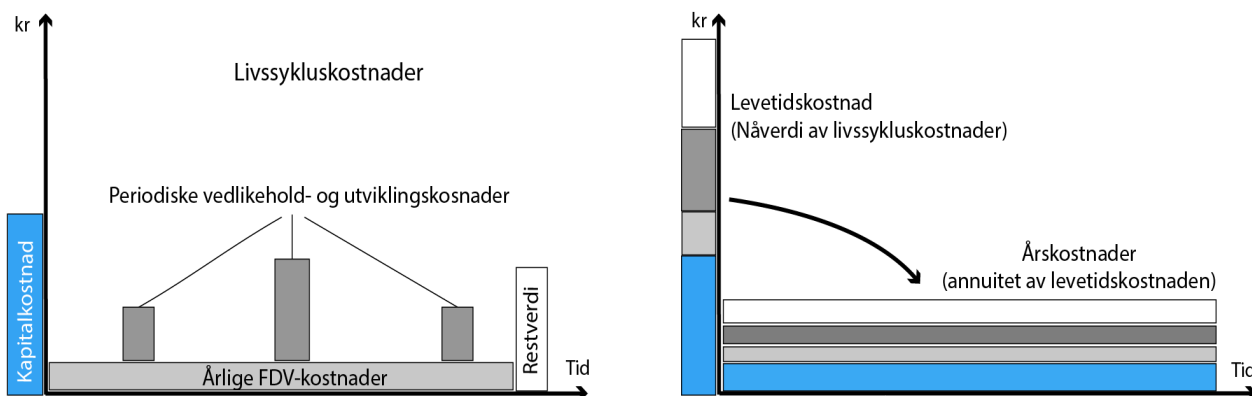
2.3 Kostnader

2.3.1 Livssyklus-kostnader (LCC)

Livssyklus-kostnader, eller på engelsk Life Cycle Costs (LCC), er en livssyklusmetode som måler de totale kostnadene til et bygg eller bygningsdel (Standard Norge, 2013). Metodikken estimerer samtlige kostnader og utgifter gjennom livsløpet slik de prosjekterende vil være bedre egnet til å prioritere tiltak fra et økonomisk perspektiv. Livssyklus-beregninger utføres på bakgrunn av NS 3454 «Livssyklus-kostnader for byggverk». Den nasjonale standarden tar for seg de totale kostnadene for byggverket samt identifiserer forholdet mellom årlige kostnader, levetidskostnader og årlige kostnader, og fastsetter hovedposter for disse:

1. **Kapitalkostnader:** tilsvarer total investering, rivekost samt restverdi ved salg.
2. **Årlige kostnader:** beregner eller registrerer de årlige FDV-kostnadene, et akronym for forvaltning-, drift- og vedlikeholdskostnadene i bruksfasen av bygget.
3. **Periodiske kostnader:** beregner eller registrerer de periodiske kostnadene tilknyttet vedlikehold, utskiftninger og oppgraderinger.
4. **Restkostnad/-verdi:** Avhendingskostnad ved endt brukstid.
5. **Levetidskostnad:** nåverdien av neddiskonterte livssyklus-kostnader.
6. **Årskostnader:** annuitet av levetidskostnaden.

Livssyklus-kostnadene beregnes ved å neddiskontere FDVU-kostnadene, rivekost samt restverdi hvis dette er aktuelt (Ellingham og Fawcett, 2006). De neddiskonterte verdiene vil så bli summert opp for å finne nettonåverdi (NPV) av livssyklus-kostnadene. Videre kan annuitet av levetidskostnaden beregnes som vist i Figur 11.

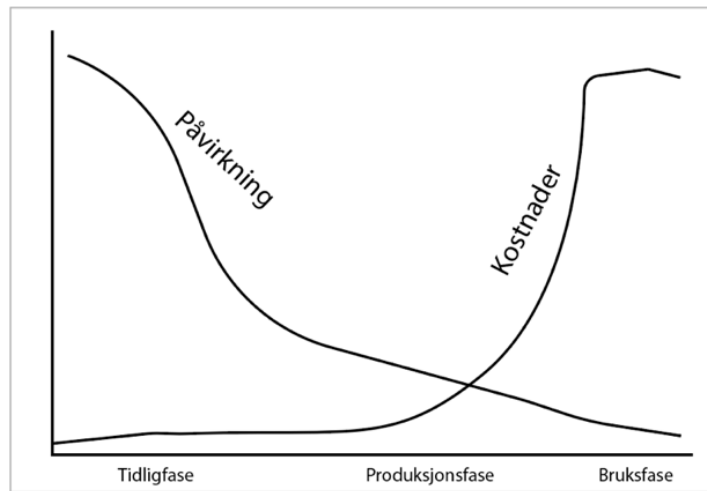


Figur 11: Livssyklus-kostnader. Egenprodusert, inspirert av (Bjørberg & Larsen, 2007).

2.3.2 Kostnader i de ulike fasene

Kostnader påvirker alle fasene i et byggeprosjekt (Eikeland, 2001). Figur 12 viser kostnadsforløpet i tidligfase og produksjonsfasen helt til bruksfasen. Her sees kostnadene i sammenheng med påvirkningsmuligheten de prosjekterende har gjennom de ulike fasene.

I tidligfase har de prosjekterende stor påvirkningsmulighet til planlegging, prosjektering, forpliktelser og kontrakter (Eikeland, 2001). I produksjonsfasen reduseres påvirkningsmuligheten gjennom selve byggeprosessen og iverksettelse av tiltakene. Hvis prosjektet har prosjekteringsfeil, vil prosjektet medføre store kostnader til endringsarbeid (COWI, 2008) hvis det ikke er tilrettelagt for tilpasningsdyktige løsninger. Tilpasningsdyktige løsninger er en opsjon til å utføre bygningsendringer uten store merkostnader.



Figur 12: Akkumulerte kostnader og påvirkningsmulighet. Egenprodusert, inspirert av (Eikeland, 2001)

Kostnader i tidligfase

Kostnader i tidligfase utgjør kun en liten del av de totale livssyklus kostnadene (Ellingham og Fawcett, 2006). Kostnadene er hovedsakelig tilknyttet administrasjon som innebærer prosjektering og planlegging. Selv om administrasjonskostnadene i tidligfase kun utgjør en liten del av de totale kapitalkostnaden, er de gjengående vurderingene avgjørende for fremtidige kostnader i produksjons-, bruks og avhendingsfasen.

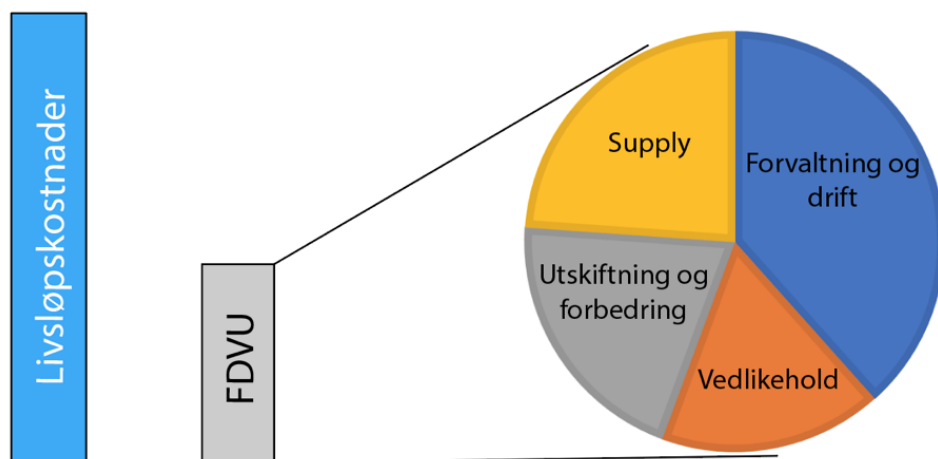
Kostnader i produksjonsfasen

I produksjonsfasen vil kostnadsbildet være preget av bygge- og materialkostnader (Ellingham og Fawcett, 2006). Prosjektet har også kostnader tilknyttet leie av maskiner og anlegg samt entreprisekostnad. Materialvalg basert på kvalitet vil prege de fremtidige kostnadene i bruksfasen. I dag har byggherrene en overflod av byggematerialer å velge mellom som gjenspeiler forskjellige kostnader og holdbarhet (Eberhardt, Birgisdottir & Birkved, 2019). For eksempel vil klimaambisiøse bygg ofte ha en merkostnad mye på grunn av økte ventilasjons- og isolasjonskostnader. Byggekostnaden påvirkes hovedsakelig gjennom antall kvadratmeter bebyggelse (Ellingham og Fawcett, 2006). Statsbygg har selv en arealnorm på 23 kvadratmeter per BTA per ansatt i statelige kontorarealer (Statsbygg, 2016).

I et rehabiliteringsprosjekt kan det være at prosjektet må budsjettere for erstatningslokaler for leietaker (Ellingham og Fawcett, 2006). Inntektene fra leietakere kan også påvirkes gjennom redusert eller stans i drift. Et poeng er derfor å legge rehabiliteringen av bygget i forbindelse med utskiftning av leietakere for å redusere kostnader og leieinntekter tilknyttet leietaker (COWI, 2008).

Kostnader i bruksfasen

Livssyklusberegningene gir et tallmessig estimat de prosjekterende kan bruke for å konsekvensvurdere ulike kostnader (Bjørberg & Larsen, 2007). Før var det overfokus på å bygge til lavest mulig pris, men i de siste årene har det vært en økende interesse, forståelse og fokus på å se investeringskostnaden i sammenheng med kostnader i bruksfasen. Forvaltning-, utvikling-, vedlikehold-, og utviklingskostnader (FDVU-kostnader) har i større grad blitt hensynstatt. I tillegg har det kommet en forståelse for implikasjonene for å tilfredsstillere nye funksjonskrav, arbeidsmåter og teknologisk utvikling. Livssyklusberegninger estimerer at FDVU-kostnadene ofte utgjør opp mot 50 prosent av totale levetidskostnader tilknyttet byggingen (Bjørberg & Larsen, 2007). Kostnadene vil selvsagt være preget av type bygg og bruksmønster. Forvaltning og drift er den største kostnadsposten. Driftskostnader er kostnader som kan knyttes til den daglige driften og kan deles opp i faste- og variable driftskostnader. Renhold, energi og administrative kostnader er eksempler på driftskostnader.



Figur 13: Omtrentlig fordeling av FDVU-kostnadene for et næringsbygg. Egenprodusert, inspirert av (Bjørberg & Larsen, 2007).

Kostnader i avhendingsfasen

Kostnader i avhendingsfasen omfatter rivekost, restverdi eller kostnader tilknyttet ombruk, gjenbruk og gjenvinning (Bjørberg & Larsen, 2007). Restverdi er den markedsverdien (uttrykket i realverdi, altså justert for inflasjon) som eiendommen forventes å ha ved salg.

De prosjekterende vil innledningsvis i denne fasen kartlegge og/eller vurdere bygningens funksjonelle og tekniske krav for best å kartlegge de økonomiske- og miljømessige konsekvensene. Tidligfaseplanlegging vil være avgjørende for kostnadene i denne fasen. Hvis byggingen og bygningsdeler er tilrettelagt for fleksibilitet og tilpasningsdyktighet, vil det være lettere å transformere bygningsmassen fremfor å måtte bygge nytt. Slik kan bygningsdeler enklere bli gitt bort, solgt eller bli brukt på nytt.

Sirkulærøkonomi

Livsforlengende tiltak er selve essensen i den nyere økonomiske modellen, kalt sirkulærøkonomi (World Economic Forum, 2019). Prinsippene som omhandler sirkulærøkonomi har kommet mer på dagsorden for å utnytte ressurser på en best mulig måte og å sørge for verdiskapning på lang sikt. Det er estimert at 90 prosent av ressursene i verden som går inn i distribusjonskjeden blir kastet innen seks måneder, kun 10 prosent av ressursene blir resirkulert (Wit, Hoogzaad, Ramkumar S., Friedl & Douma, 2019).

2.3.3 Kostnadsdekkende husleie

Statens husleieordningen ble innført i 1993 og bygger på prinsippene fra metodikken i NS 3454 – Livssyklus-kostnader for bygg (Statsbygg, 2019a). Denne «kostnadsdekkende husleien» er grunnlaget for hvordan Statsbygg, på vegne av staten, inngår husleieavtaler og synliggjør kostnadene staten har ved husholdet. Beregningsgrunnlaget for husleien er vist i Tabell 7.

Tabell 7: Beregningsgrunnlag for Statens husleieordning

Beregningsgrunnlaget for Statens husleieordningen	
	Hva bygget kostet å bygge (tomtekostnad + investeringskostnader)
+	Kostander til forvaltning, drift og vedlikehold
+	Kapitalkostnader
-	Verdien av bygget ved utløp av leieavtalen
Sum	Beregningsgrunnlaget for husleien

Leiekontraktene settes vanligvis til 20 år. Det ses mest hensiktsmessig å bruke slike lange leiekontrakter for «formålsbygg», men leiekontraktene kan justeres etter ønske. Årlig husleie for en 20-års leieavtale ligger ofte på rundt 5,3-8,5 prosent av investeringskostnaden. Investeringskostnaden er den mest avgjørende faktoren for leiens størrelse der det brukes en realrente på mellom 4,5 og 6,5 prosent. I tillegg til husleien skal leietaker betale for indre vedlikehold og brukeravhengige driftskostnader (BAD). BAD tilsvarer felleskostnader for private leiekontrakter. Leietaker er også ansvarlig for drifts-, vedlikeholds- og utskiftningskostnader av eget brukerstyr.

Restverdien vil vanligvis være opplyst gjennom en forventet salgsverdi ved kontraktstidens utløp. Hvis eiendommen forventer å opprettholde sin markedsverdi, vil leietaker få redusert leie. Det benyttes ofte restverdier mellom 0 og 100 prosent av leieberegningssgrunnlaget. En restverdi på 100 prosent tilsvarer at eiendommens nominelle verdi stiger i takt med inflasjon under leieperioden.

2.3.4 Kostnader som en barriere

I Enova (2012) sin *Potensial- og barrierestudie* er det estimert at kostnader er den største barrieren for energieffektivisering i norske bygg. Høye investeringskostnader i tidligfase gjør at det simpelthen vil være for kostnadskrevenne å energi-effektivisere store deler av bygningsmassen. For høye investeringskostnader er uavhengig om man snakker om boligbygg eller næringsbygg.

For private boligeiere vil kostnader, eller mangel på lønnsomhet, setter tydelige rammer for graden av energieffektivisering (Stieß & Dunkelberg, 2013). Mangel på offentlig støtte og insentiver inngår i denne kategorien. Det største teknisk potensial for energieffektivisering er gjennomføringen av bygningsmessige tiltak, men denne type tiltak er utfordrende fra et økonomisk perspektiv grunnet høye investeringskostnader som gir lav lønnsomhet. Det største økonomiske potensialet er forbedring av ventilasjon, etterfulgt av driftsmessige tiltak og bygningsmessige tiltak.

Både private og offentlige byggherrer av næringseiendom har det velkjente «eie-leie» problemet som påvirker lønnsomhetene av energieffektiviteten (Enova, 2012). Det er utbygger som må bokføre investeringskostnadene ved energitiltakene, mens det er leietaker som får alle gevinstene i form av reduserte energiutgifter. Samtidig kan byggeprosessen medføre stans, eller redusert drift, i virksomheten som igjen kan resultere i lavere påfølgende leieinntekter. I verste fall er utbygger nødt til å finne et midlertidig lokale for leietakerne. Likevel vil et mer energieffektivt bygg påvirke verdisettingen til bygget der leietakere ofte er villige til å betale mer i leiepris hvis bygget har lavere driftsutgifter.

Sosiale forhold

Sosiale forhold vil negativt påvirke investeringskostnaden (Nordic region, 2015). Tilrettelegge for krav i forhold vil gi Kulturminneloven (KML) et direkte kostnadspåslag. Fredet og verneverdige bygninger vil gjøre energioppgraderinger mer komplekse og sette begrensinger for hvilke tiltak som er lovlig å utføre. Kostnadspåslaget vil variere basert på verneklasse og hvilke tiltak som det er lov til å iverksette. Byggherre kan søke om dispensasjon for tilrettelegging av tiltak som er for kostnadskrevenne. Andre sosiale barrierer er myndighetenes krav til universell utformingen, energi og miljø (Enova, 2012).

2.4 Merverdi av klimaambisiøse bygg

I rapporten *Eiendomssektorens veikart mot 2050*, utarbeidet av Grønn Byggallianse og Norsk Eiendom, uttrykkes det at det er stor merverdi ved å investere i klimaambisiøse bygg (Bramslev & Askjer, 2016). Rapporten legger vekt på flere faktorer som gjør at merverdien av grønne eiendomsinvesteringer er høyere enn å investere i selve miljøtiltaket. Disse faktorene vil bli presentert i dette delkapittelet, men først skal det redegjøres for begrepet *verdi*.

2.4.1 Verdi

Innenfor eiendomsbransjen betegnes begrepet verdi som en egenskap en eiendom har til enhver tid (Bærug, 2017). Det skilles ofte mellom fire hovedbegreper av verdi. Markedsverdi er det mest anerkjente verdibegrepet. Hvis en eiendom blir lagt ut for salg, er det markedets pris basert på tilbud og etterspørsel som definerer markedsverdien. Det er viktig å understreke pris ikke definerer markedsverdien fordi det kan være avvik mellom prisen som er betalt og hva markedet er villige til å betale.

Investeringsverdi er den egenskapen eieren har ved å beholde eiendommen (Bærug, 2017). Verdibegrepet er subjektivt og trenger ikke alltid å være tilknyttet pengestrømmer. Eier kan for eksempel synes at eiendommen har høy verdi grunnet estetiske forhold. Slik vil eiere og potensielle kjøpere ha forskjellige oppfatninger av bruken av eiendommen. Synonymer er avkastningsverdi, bruksverdi, nåverdi, kapitalverdi og nytteverdi.

Gjenanskaffelsesverdi er et tredje verdibegrep som innebærer å anskaffe et tilsvarende formuesgode som er blitt borte. Det kan være snakk om deler eller hele eiendommen som har gått tapt. Kostnadene tilknyttet tapet må tas i betraktning i verdibegrepet og kan være særegent for *en* bestemt eier. Ekspropriasjon inngår også i denne kategorien.

Teknisk verdi er det siste verdibegrepet og betegnes på bakgrunn av eiendommens tekniske tilstand. Det er ofte takstmenn som vurderer verdien og hva det koster å bygge tilsvarende standard etter dagens lover. Det er likevel vanskelig å definere verdien nøyaktig fordi det ikke finnes noen universell måte å definere fradragene på.

2.4.2 Markedsverdi og FDVU-kostnader

Klimaambisiøse bygg har mye å si for markedsverdien (Enova, 2012). Når en leietaker er på utkikk etter nye lokaler, vil miljøegenskapene ved et bygg kunne være utslagsgivende for hvilke lokaler som velges. Leietakere har ofte beliggenhet som hovedkriterium, men miljøaspektet kommer like etter både for næringsbygg og boligbygg (Leikvam & Olsson, 2014). Dette kommer av at leietakere av næringsseiendom har høyere betalingsvilje for bygg som er energiøkonomiske. Bygg med et lavt energiforbruk vil gi leietaker lavere driftskostnader i bruksfasen som utgjør store deler av de totale FDVU-kostnadene og ser ut til å bli en enda større del av en bygnings totale kostnader i fremtiden (Novakovic et al., 2007). Energieffektive bygg kan også øke virksomhetens «goodwill» (Leikvam & Olsson, 2014). Enkelte byggherrer er faktisk villige til å investere i bygg med høyere miljøprofil for å påvirke virksomhetens navn og rykte. Merkevarerbyggingen kan bli brukt i virksomhetens profilering og gi gode fordeler i markedet gjennom bedre betingelser i finansmarkedet eller at det blir enklere å rekruttere ansatte.

Rapporten *Eiendomssektorens veikart mot 2050*, sier ikke bare at det er stor merverdi ved å bygge grønt, men at verdigapet mellom grønne og brune bygg, såkalt «stranded assets», øker (Bramslev & Askjer, 2016). De investorene som sitter stille i båten vil gå glipp av økt merverdi. Rapporten vektlegger fire aktører som påvirker næringen: eiere, leietakere, myndigheter og finansinstitusjoner. Samtlige aktørene har et økt fokus på bærekraft og er villige til å investere i grønne bygg. Enkelte investorer har allerede innbakt forventningene om strengere miljøkrav, høyere etterspørsel etter miljøbygg og høyere kostnader for oppgraderinger av bygg. Mye tyder på man i fremtiden vil se en ytterligere satsning i grønne bygg som vil øke merverdien av klimaambisiøse bygg.

Kontormarkedet er et eksempel på den grønne satsningen der majoriteten av aktørene har store ambisjoner med å sertifisere byggene sine etter kriteriene i BREEAM (Nystad, 2019). Siden Bane NOR Eiendom sitt første kontorbygget ble BREEAM-sertifisert etter nivået «Excellent», har 32 av 66 nye kontorbygg oppnådd tilsvarende sertifisering. Samtidig har 12 av nybyggene oppnådd kravene til BREEAM-sertifiseringen «Very good». Trenden i kontormarkedet har et tydelig miljøfokus og tyder på at grønne bygg er verdt å investere i. Av de leietakerne som stiller miljøkrav i dag, vil ytterligere 30 prosent av leietakerne stille miljøkrav i fremtiden (Widing, 2019). En stor

endring i leietakernes fokus er med på å presse verdiene av grønne bygg oppover. Derfor vil det være essensielt å sitte på eiendommer med miljøfokus som leietakere etterspør.

Merverdiene av grønne bygg vil øke mest for attraktive eiendommer med god beliggenhet (Nystad, 2019). Brune eiendommer med god beliggenhet vil opprettholde verdiene sine mye fordi en stor andel av verdien ligger i eiendommens beliggenhet. Fast eiendom har en særegen egenskap nemlig at den ikke kan flyttes (Bærug, 2017). Fast eiendom ligger *fast*, geografisk sett. Ingen annen ting som kan eies har en slik forankring på et sted, noe som gjør denne egenskapen avgjørende for å verdsette fast eiendom. En bygning kan endre funksjonen og enkelte forhold ved eiendommen, men eieren kan gjøre lite med selve beliggenheten og de fordelene og ulempene som er tilknyttet denne. I tillegg vil eiendommen stort sett være der år etter år som gjør at tilbudet av eiendom vil holde seg stabilt. Stabilt tilbud av eiendom i det korte løp gjør at verdisetningen av eiendommen er ekstra påvirket av etterspørselen.

2.4.3 Finanskostnad

Markedet tilbyr nå såkalte grønne lån som er øremerket finansiering til miljøvennlige prosjekter (Aase, 2018). Utsteder - banker, bedrifter, kommuner eller land - tilbyr eiendomsutviklere lån med bedre vilkår. Dette reduserer finanskostnader som igjen vil redusere barrieren for å gjennomføre nødvendige miljøtiltak. I følge en bankundersøkelse utgitt av UNION fremgår det at flere banker tilbyr grønne obligasjonslån med en bankmargin som er rundt 20 punkter lavere enn ordinært (Nystad, 2019). Banker er den primære utstederen av grønne obligasjonslån, men det forventes at andre aktører, som bedrifter, kommer mer på banen årene fremover. Oslo Børs har blant annet en egen liste over grønne obligasjoner som øker oppmerksomheten for miljøvennlige investeringsvalg.

2.4.4 Støtte- og fradragsordninger

Norske myndigheter har brukt mye ressurser på å stimulere økonomien i håp om å bli et lavutslippssamfunn i 2050 (Bramslev & Askjer, 2016). Enova støtte er et insentiv som skal bidra til å omstille Norge til et lavutslippssamfunn (Enova, 2020). Støtteordninger kan være alt fra energirådgiver, varmepumper, oppgradering av bygningskroppen og balansert ventilasjon. Enova er finansiert av energifondet investerer over to milliarder kroner årlig i energieffektive tiltak slik at slik at grønne eiendomsinvesteringer skal både tjene miljøet og lommeboken.

Et annet økonomisk insentiv relatert til rehabilitering er gjennom det såkalte ROT-fradraget. Et særskilt fradrag for rehabilitering, ombygging, og tilbygg (derav ROT-fradrag) har blitt vurdert i regjeringen med hensikt om å redusere svart arbeid og øke sysselsettingen i bygge- og anleggsbransjen (Finansdepartementet, 2014). Finansdepartementet skrinla forslaget om ROT-fradraget etter en lengre utredning om gevinster og konsekvenser i 2013. Departementet konkluderte med at ROT-fradraget ville være et effektivt middel mot svart arbeid, men at skattetapet ville være for stort samt lite hensiktsmessig med tilknyttede høye administrasjonskostnader. Utredningen ble sett i sammenheng med Sverige som opererer etter en slik skattemessig modell.

2.4.5 Husleie

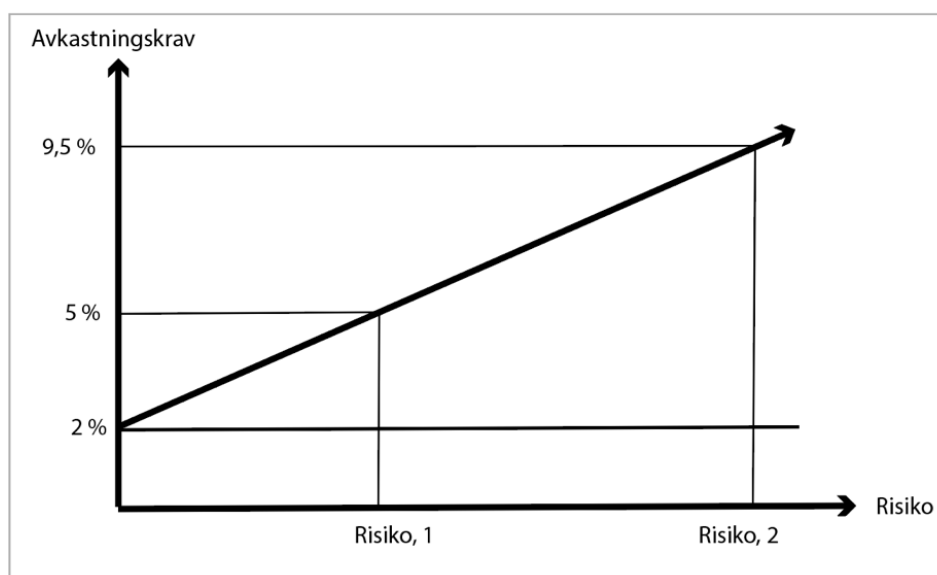
Leietakere viser seg å være opptatt av bærekraft der noen er villige til å betale en merkostnad gjennom høyere husleie (Widing, 2019). Rundt en tredjedel av leietakere er villige til å betale mellom 4-6 prosent mer i leie for bygg med dokumentert høyere inneløst klima, mens inntil 25 prosent er villige til å tegne seg for høyere husleie hvis de får lavere energipriser.

I noen tilfeller vil leietaker være villige til å tegne en høyere husleie i bytte mot at gårdeier foretar investeringer for å oppgradere bygget gjennom *grønne leieavtaler*. Det grønne bilaget skal definere hvilke miljøtiltak som skal gjennomføres samt klargjøre hvilke økonomiske følger dette har for partene. Siden det er leietaker som drar størst nytte av oppgraderingen av miljøtiltaket er det naturlig at gårdseieren blir kompensert deretter. Varigheten på leieavtalen vil derfor påvirke vilkårene i avtalen. Det samme gjelder eventuelle forhold som påvirker begrensninger i bruk under ombygningsfasen. I næringseiendom er det leieinntektene som driver verdiene (Nystad, 2019). Verdien av næringseiendom blir ofte beregnet ved å dividere leieinntektene med en passende yield som vist i brøken under (Bærug, 2017):

$$Verdi = \frac{\text{Årlig leieinntekter}}{\text{Direkteavkastning}}$$

2.4.6 Risiko, avkastningskrav og eierkostnader

Miljøvennlige bygg har mye å si for risikoaspektet (Bramslev & Askjer, 2016). Egenkapitalinvestorer, banker og forsikringsselskaper har begynt å redusere risikoen for miljøvennlige bygg, hvilket igjen reduserer avkastningskravet. Avkastningskravet skal reflektere hvilken avkastning investoren kan oppnå ved alternativ plassering av kapitalen med samme risiko (Bærug, 2017). Internrente er den prosentvise målet på avkastningen. Stigende risiko medfører høyere avkastningskrav som vist i Figur 14.



Figur 14: Forhold mellom risiko og avkastningskrav. Egenprodusert, inspirert av (Bærug, 2017)

Lavere risiko er med på at både norske og utenlandske investorer velger å plassere pengene sine i eiendom med miljøkvaliteter (Bramslev & Askjer, 2016). Investorene ser på grønne bygg som et kvalitetsstempel eller en trygghet blant annet grunnet forenklet due-diligence prosess. Risikoprofil kan dermed være et vesentlig kriterium for valg av investeringsobjekter. I tillegg har grønne bygg lavere eierkostnader som følger av redusert behov for fremtidig oppgraderinger.

3. Metode

For å besvare oppgavens problemstilling og forskningsspørsmålene om kostnader tilknyttet klimaambisiøs rehabilitering, er det gjennomført en forskningsprosess som baseres på samfunnsvitenskapelige teorier og metoder.

Metodekapittelet presenterer først hva samfunnsvitenskapelige metode er for så å beskrive hvilke metodisk tilnærminger som er vurdert og brukt for å besvare oppgaven. Basert på valg av metodisk tilnærming vil dataene i forskningsprosessen analyseres. Avslutningsvis presenteres forskningsetiske retningslinjer.

3.1 Samfunnsvitenskapelig metode

Samfunnsvitenskapelig metode handler om å frembringe kunnskap og informasjon om den virkelige verden (A. Johannessen, Tuft & Christoffersen, 2016). For å få kunnskap og informasjon av de samfunnsmessige forholdene og prosessene er det viktig å gå metodisk til verks. Ordet metode kommer fra det greske ordet *methodos* som betyr å følge en bestemt vei mot et mål og baseres derfor på en planmessig fremgangsmåte med tilhørende regler og prinsipper (Store Norske Leksikon, 2020). Å følge en bestemt vei mot et mål er en systematisk og grundig forskningsprosess som ikke bare står sentralt i den samfunnsvitenskapelige metode, men også i empirisk forskning (A. Johannessen et al., 2016). En slik forskningsprosess er et nyttig hjelpemiddel for å forstå hvordan virkeligheten faktisk ser ut, som i filosofien kalles ontologi, men vil sjeldent gi et nøyaktig bilde av den faktiske realiteten. Forskningsmetoden baseres på menneskelige og sosiale forhold som både er komplekst og mangfoldig.

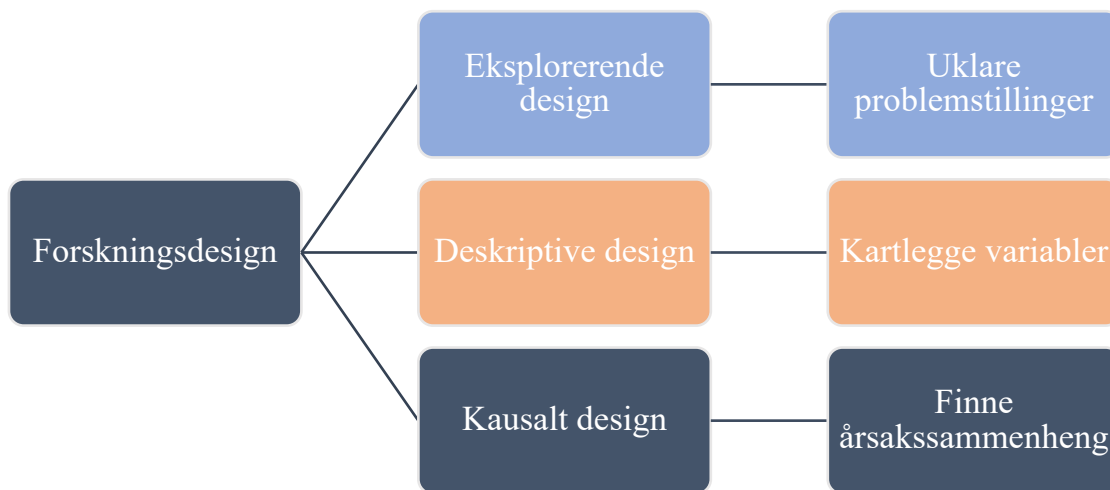
3.1.1 Kvalitativ og kvantitativ metode

Innenfor samfunnsvitenskapelig metode skilles det mellom to hovedretninger: kvalitative- og kvantitative metoder. Kvalitativ metode, også kalt myke data, er en forskningsmetode som brukes for å undersøke menneskets mening om hendelser og erfaringer (A. Johannessen et al., 2016). Et mindre utvalg av forekomster vil typisk bli brukt for å fremkalle kunnskapen. Her er det prioritert å gå i dybden på et fåtalls kilder med fokus på informantenes oppfattede opplevelse fremfor sammenhenger mellom hendelsene. Datainnsamlingen skjer hovedsakelig gjennom intervju og observasjoner, men kan også ha andre former som dokumentanalyse, og litteraturstudie (Thagaard, 2009).

Kvantitative metoder er en forskningsmetode som fokuserer på tall og statistikk (Dalland, 2017). Datainnhenting er av bred skala og kvantifiserbar som gjør at det er mulig å analysere, sammenlikne og teste årsakssammenhenger. Det er derfor krav til tilstrekkelig data for å gjennomføre denne forskningsmetoden.

3.1.2 Forskningsdesign

Forskningsdesign er en undersøkelse av hvordan forskeren skal gjennomføre og gå frem for å innhente informasjon fra virkeligheten – selve kartet som viser veien til målet (A. Johannessen et al., 2016). Arbeidet burde derfor starte før forskeren besvarer oppgavens problemstilling (Yin, 2018). Et detaljert forskningsdesign sier noe om hva slags teknikker som er mest hensiktsmessig for å innhente data.



Figur 15: Forskningsdesign. Egenprodusert, inspirert av (Gripsrud, Olsson & Solkoset, 2016)

Forskningsdesign, som vist i Figur 15, kan deles inn i tre kategorier (Gripsrud, Olsson & Solkoset, 2016). Et eksplorerende design brukes når problemstillingen er noe vag, også kalt pilotundersøkelse. Denne utforskende metodikken anbefales som forstudie for det første for å innhente tilstrekkelig bakgrunnsinformasjon og for det andre å ha tilstrekkelig informasjon til å gjennomføre hovedstudiene. Et deskriptivt design brukes for å beskrive og å kartlegge variablene i oppgaven. Denne forskningsmetodikken er mer konkret enn eksplorerende design kan sannsynligheter sammenhenger mellom variablene. Kausalt design er den mest konkrete metoden

for å undersøke årsakssammenhenger. Denne teknikken anbefales å bruke når forskeren skal undersøke virkninger av to eller flere variabler.

Forskningsdesign burde også si noe om antall enheter som skal studeres (Gripsrud et al., 2016). Det er vanlig å skille mellom casestudie og utvalgsstudie. Casestudiet tar for seg en enkelt enhet, og bruker flere kilder til datainnsamling til å kaste lys over ett enkelt tilfelle (Yin, 2018). Et bredt spekter av kilder til datainnsamlingen, gjør at forskeren kan gå i dybden på funnene slik at konklusjonen blir overbevisende og nøyaktig. Utvalgsstudie, eller «fler-case»-design, har derimot et formål om å generalisere resultatene basert på et utvalg av enheter.

En kombinasjon av forskjellige typer av forskningsdesign, kalles triangulering (A. Johannessen et al., 2016). I forskningssammenheng er formålet med denne metoden å undersøke problemstillingen fra flere perspektiver.

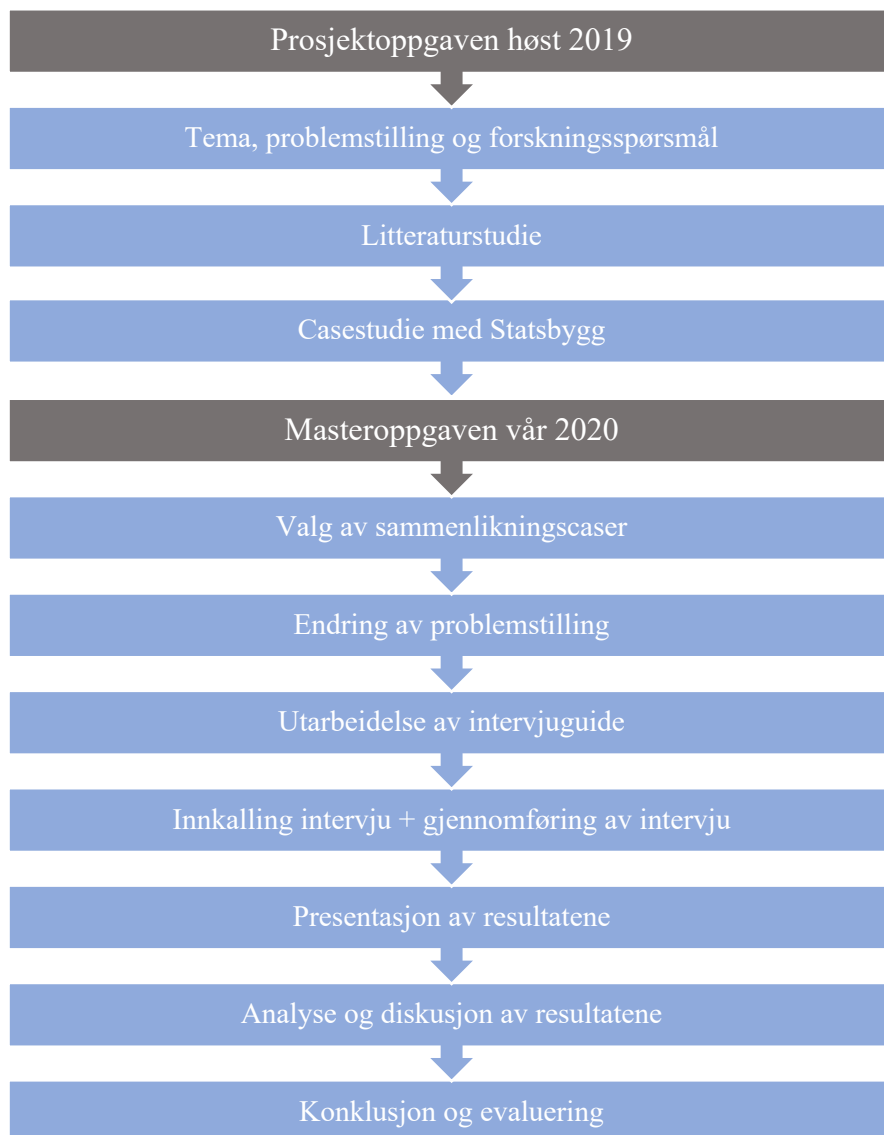
3.2 Valg av metodisk tilnærming og forskningsdesign

Den metodiske tilnærmingen avhenger av hvordan masteroppgavens problemstilling skal belyses og besvares. Problemstillingen «*Hvordan gjennomføres kost-/nyttevurderingene i klimaambisiøse rehabiliteringsprosjekt og hvilken påvirkning har dette for kostandene og byggets restverdi?*» avhenger av årsakssammenhenger og det er derfor valgt kausalt forskningsdesign. For eksempel ser masteroppgaven på årsaker og sammenhengen mellom investeringskostnadene til ulike energieffektive tiltak og de påfølgende energi- og kostnadsbesparelsene i bruksfasen for tre casestudier deriblant Statsbyggs rehabilitering av SVV kontorsted i Steinkjer.

Undersøkelsens problemstilling har blitt besvart gjennom bruken av flere forskningsmetoder, såkalt triangulering. Det er gjennomført litteraturstudie, semi-strukturerte dybdeintervjuer, observasjonsstudie og dokumentanalyser. En kombinasjonen av flere forskningsmetoder vil gi en helhetlig oversikt over den faktiske virkeligheten (A. Johannessen et al., 2016). Svakheter ved bruken av kun en forskningsmetode, kan utfylles ved å bruke andre forskningsmetoder. Masteroppgavens problemstilling kunne heller ikke besvares ved å bruke kun kvalitative metoder eller kun kvantitative metoder. Litteraturstudie er brukt som bakgrunnsdata for å sammenlikne funnene i casestudie, mens observasjonsstudie og dokumentanalyse er primærkilder til datainnsamlingen for å gå i dybden på oppgavens problemstilling. Det er hovedfokus på kvalitative metode for å gi en holistisk forståelse av masteroppgaven. Bruken av kvantitative metoder var

likevel nødvendig for å konkretisere og beregne årsakssammenhengene av investeringskostnadene og de relaterte driftskostnaden i bruksfasen.

Valg av metode har vært påvirket av forskningsprosessen som allerede startet høsten 2019 i forbindelse med prosjektoppgaven i faget AAR4874 Teori og metoder for masteroppgaven. Figur 16 viser den stegvise forskningsprosessen. Valg av metodisk tilnærming og forskningsdesign er beskrevet nærmere i de neste delkapitlene.



Figur 16: Stegvis oversikt over forskningsprosessen (egenprodusert)

3.2.1 Litteraturstudiet

Litteraturstudiet har vært nødvendig å utarbeide et teoretisk grunnlag også for spesifikk bruk i oppgavens resultat- og diskusjonsdel. Litteraturstudiet beskrives som en gjennomgang eller vurdering av tidligere forskning publisert innenfor et avgrenset område (A. Johannessen et al., 2016). Denne forskningsmetoden gir et stort utvalg av litteratur å velge mellom og det vil derfor være nødvendig å systematisere forskningen som allerede eksisterer på området og hvilke metoder som er brukt innenfor temaet. Det finnes mye litteratur om tema kost-/nyttevurderinger av klimaambisiøs rehabilitering og derfor er det viktig å ha en ryddig disposisjon i litteraturstudiet som bygger opp under undersøkelsens problemstilling (A. Johannessen et al., 2016). Litteratursøk har også vært tilpasset tema og undersøkelsens problemstilling. En oversikt over tema, søkeord og databasen som er benyttet i litteraturstudie er vist i Tabell 8.

Tabell 8: Søkematrise brukt i litteraturstudie

Tema	Søkeord	Database
Eksisterende bygningsmasse	Eksisterende bygningsmasse, definisjon,	Oria, Google Scholar, Standard Norge
Rehabilitering og rehabilitering i et livsløpsperspektiv	Rehabilitering, refurbishment, LCA, tilpasningsdyktighet sirkulærøkonomi, tilstandsgrad, fleksibilitet, teknisk standard	Google Scholar, Byggforskserien, Standard Norge, google,
Energibruk i eksisterende bygningsmasse og sertifiseringer	Energibruk, energy use, energieffektivebygg, energieffektive tiltak, BREEAM, energimerke,	Google Scholar, Enova, Oria International Energy Agency (IEA), Byggforskserien, Grønn byggallianse
Miljø og helse	Inneklima, helse, indoor climate and health	Google Scholar, Byggforsk
Kostnader	LCC, grønn finansiering, grønne lån, Enova-støtte, ROT-fradrag, FDVU-kostnader, sirkulærøkonomi, investeringskostnad	Standard Norge, Google Scholar, Grønn byggallianse, Eiendomssektorens veikart 2050
Verdi	Merverdi av grønne bygg, verdsetting, risiko, avkastning,	Oria, Google Scholar, Grønn byggallianse, Eiendomssektorens veikart 2050

3.2.2 Casestudier

Masteroppgaven har benyttet casemetodikk som forskningsmetode. Det er to hovedkategorier av slik forskningsmetodikk nemlig «enkelt-case»-design eller et «fler-case»-design der den sistnevnte har blitt brukt i denne masteroppgaven. Et «fler-case» design har større slagkraft enn et enkelt case og gjør at resultatene skal kunne generaliseres (Yin, 2018). For et best mulig resultat har en case blitt brukt som «hoved-case», og de andre casene blitt brukt som sammenlikningsgrunnlag.

Et utvalg på tre caseobjekter anses for å være tilstrekkelig antall caser for å besvare oppgavens problemstilling (Yin, 2018). Rehabiliteringsprosjekter kan være komplekse og det har derfor vært viktig å ha et «fler-case»-design for å belyse eventuelle avvik i resultatene. Sammen vil casene gi tilstrekkelig med informasjon til å generalisere datainnsamlingen på de aller flere områder. Et større sammenlikningsgrunnlag har også vært til stor nytte for drøftingsdelen i denne masteroppgaven.

I tillegg til antall caser, har det vært andre utvalgs kriterier som måtte oppfylles:

1. Case skal være et klimaambisiøst rehabiliteringsprosjekt
2. Case skal være et næringsbygg, helst kontorbygg
3. Case skal være under planlegging, helst ferdigstilt

3.2.3 Intervju

Som en del av casestudie er det brukt kvalitative intervjuer som forskningsmetode. I følge Yin (2018) er kvalitative intervjuer en av de viktigste kildene til datainnsamling i casestudie.

Kvalitative intervjuer er en samtaleform med en struktur og et formål for å tilegne seg meninger, holdninger og erfaringer (A. Johannessen et al., 2016). Graden av struktur skiller forskningsintervjuene fra hverandre, og kan ofte deles inn i tre kategorier: strukturerte-, semi-strukturerte- og ustrukturerte intervjuer. Semi-strukturerte intervjuer, ofte betegnet som dybdeintervju, er en fleksibel intervjuform for å få en helhetlig beskrivelse av det vi studerer; og er den mest brukte intervjuformen i informasjonsinnhenting for kvalitative intervjuer. I denne type forskningsintervjuer er det nødvendig med en kort oppvarmingsdel med nødvendig bakgrunnsinformasjon (Tjora, 2017).

For å besvare oppgavens problemstilling var det mest hensiktsmessig å bruke dybdeintervjuer. Samtlige intervjuer ble avholdt en-til-en med intervjuguide som overordnet gjennomføringsstrategi. Dybdeintervju tillater en fri flyt i samtalen innenfor et avgrenset tema, og for mest mulig flyt i samtalen vil rekkefølgen på spørsmålene variere basert på hvilke tema som blir tatt opp av intervjuobjektet.

I utvalget av informanter, var det en strategisk beslutning å intervju informanter som kunne belyse problemstillingen fra ulike synsvinkler. Dette ble gjort for å skaffe mest mulig kunnskap om tema som undersøkes. Veiledere bidro til å definere målgruppen, og det kunne utfra den definere målgruppen plukke ut de mest relevante intervjuobjektene. Grunnet oppgavens begrensninger var det lite hensiktsmessig å intervju samtlige i målgruppen. Det ble likevel tatt høyde for at noen intervjuobjekter i målgruppen ikke ville ha tid eller anledning til å bli intervjuet. En sikkerhetsmargin ble lagt inn som en del av utvelgelsesstrategien.

Etter utvalget av informanter ble avdekket, startet arbeidet med å rekruttere de mest aktuelle informantene til intervju. Prosessen startet allerede høsten 2019 der Statsbygg viste seg villig til å bistå som intervjuobjekter i forbindelse med deres rehabiliteringsprosjekt av SVV kontorsted i Steinkjer. Hovedsakelig ville ansatte i *økonomi og analyse-* og *teknisk* avdeling bistå som intervjuobjekter, men det var også nødvendig å intervju prosjektledere og driftsansvarlige.

Intervjuobjektene ble kontaktet per e-post for intervju i februar måned 2020. Hensikten med møteinnkallelsen, var å finne tidspunkt som passet for begge parter og å gi intervjuobjektene mulighet til å forberede seg til selve intervjuet. Intervjuguide ble derfor sendt som vedlegg. En intervjuguide er et dokument med spørsmål opprettet av intervjueren som hjelpemiddel under selve intervjuet (A. Johannessen et al., 2016). Siden intervjuene så på forskjellige forhold angående problemstillingen, ble intervjuguiden tilrettelagt for de ulike intervjuene for å belyse det ønskede fokusområdet.

Intervjuene ble gjennomført i mars måned. Totalt ble det holdt åtte intervjuer med en varighet på 30 minutter til 1 time. Uavhengig av intervjuene, hadde intervjuene en tilnærmet lik etter Tjora (2017) sin gjennomføringsplan:

- Rammesetting: Introduksjon av deltagerne, problemstilling og intervjuguide.
- Fokusering: Hoveddelen av intervjuet hvor informasjonsinnhenting foregår.

- Oppsummering: Avsluttende kommentar og redegjørelse for eventuelle uavklarheter.

Intervjuene ble planlagt å gjennomføres på de kontorene de til respektive bedriftene. De to første intervjuene ble avholdt som planlagt i starten av mars. For å hindre spredning av Covid-19, ble resten av intervjuene avholdt over telefon eller videokonferanse. Samtlige intervjuer ble gjennomført ved hjelp av lydopptak der intervjuobjektene ble informert om dette på forhånd. Intervjuene ble transkribert kort tid i etterkant av intervjuet. Noen av de transkriberte intervjuene ble også sendt tilbake til intervjuobjektene for å gi mulighet til å tilføye nødvendig informasjon. En oversikt over gjennomførte intervjuer i forbindelse med masteroppgaven er vist i Tabell 9.

Tabell 9: Oversikt over gjennomførte intervjuer

Informant	Selskap	Rolle	Sted	Dato
1	Statsbygg	Driftsleder	Steinkjer	04.03.2020
2	Enova	Seniorrådgiver	Trondheim	10.03.2020
3	TOBB	Avdelingsleder bygg	Skype	16.03.2020
4	Statsbygg	Prosjektleder	Skype	24.03.2020
5	KLP	Prosjektleder	Skype	25.03.2020
6	Statsbygg	Eiendomssjef	Telefon	26.03.2020
7	KLP	Eiendomssjef	Telefon	26.03.2020
8	Entra	Prosjektsjef	Telefon	27.03.2020

3.2.4 Dokumentstudier

Studie av casedokumenter ble også brukt som forskningsmetode. Dokumentstudier er innsamling, behandling og tolkning av sekundærdata tilknyttet et saksforhold (Yin, 2018). Hovedsakelig ble det innsamlet, behandlet og tolket dokumenter i forbindelse med hoved-case, Statsbyggs rehabiliteringsprosjektet av SVV kontorsted i Steinkjer. Det var høyst relevant å studere dokumentere som energidata, kostnader for de ulike energieffektive tiltakene og påfølgende energi- og kostnadsbesparelser i bruksfasen.

Kvantitativ data har vært en verdifull kilde for å analysere årsakssammenhenger. Data fra energibruken og de relaterte kostnadene har gjort det mulig å stille mer spesifikke spørsmål i intervjuene. I tillegg er dokumentstudier en objektiv forskningsmetode uten skjønnsvurderinger.

Eksempler på dokumentanalyser er energirapport av «vegkontoret i Nord-Trøndelag» og dokumentanalyse av Total concept-metoden. I energirapporten ble det gjennomført energimerking og energivurdering av bygget som da het «vegkontoret i Nord-Trøndelag». Energimerking ble gjennomført med Simien i henhold til NS 3031 og energitest ble gjennomført av NVE. Energibruken etter rehabiliteringen har også blitt dokumentert gjennom Statsbyggs egne målere. Studier av energibruken før og etter rehabiliteringen har gjort det mulig å analysere hendelsesforløpet. Bearbeidningen av energidata har gjort det mulig å data visualisere funnene ved hjelp av et stolpediagram.

Total concept-metoden

Det har blitt gjennomført en dokumentanalyse av SINTEF Byggforsk sin rapport av Vegkontoret i Steinkjer om energieffektivisering ved bruk av Total Concept metoden. Med denne metoden kan man beregne lønnsomhet for ulike energieffektive tiltak i eksisterende yrkesbygninger (SINTEF Byggforsk, Svensson, Almås & Mysen, 2014). Beregningene går ut på å estimere forventet avkastning på energirelaterte investeringer, restverdi og andre faktorer som påvirker lønnsomheten. Strategien for maksimal energibesparelser, på en kostnadseffektiv måte, er å lage en handlingsplan vist i Tabell 10. Basert på byggherrens minstekrav til lønnsomhet, vil metoden vurdere ulike kostnadseffektive tiltak for å komme frem til en fornuftig tiltakspakke. Ideen er at de mest lønnsomme tiltakene vil «bære» de mindre lønnsomme tiltakene for å opp mot halvere energibruken.

Tabell 10: Handlingsplan for Total Concept

Trinn 1: Lage en tiltakspakke	Trinn 2: Gjennomføre tiltakspakken	Trinn 3: Kontrollere resultatene
Først blir det gjennomført en due diligence av bygningen for å identifisere relevante energieffektiviseringstiltak. Energimerkingen kan godt brukes som utgangspunkt. Hvert enkelt tiltak blir vurdert etter lønnsomheten, for så å vurdere den totale tiltakspakken basert på byggherres internrentekrav.	Så blir tiltakene i tiltakspakken gjennomført. Her er det viktig å implementere tiltakene uten feil og mangler på en mest effektiv måte. Funksjons- og ytelseskontroll er viktige variabler.	Tilslutt er det viktig å evaluere resultatene. Energibruken sammenliknes minst ett år etter oppgraderingen. Hvis resultatene ikke imøtekommer forventingene, skal det bli gjennomført en mer detaljert utredning.

Internrente er nøkkeltallet som blir brukt i lønnsomhetsvurderingen i Total Concept. Avkastningen fra investeringen blir sammenliknet med bedriftens avkastningskrav. Hvis internrenten fra tiltakspakken er større eller lik avkastningskravet, vil investeringen gjennomføres.

3.2.5 Observasjoner

En del av casestudie handler om å studere naturlige situasjoner gjennom direkte observasjoner (Yin, 2018). Disse observasjonene kan skje på forskjellige måter, men de mest vanlige er møter eller befaringer. Hvordan observasjonene gjennomføres kan også variere. Enten kan man være mer deltagende eller være mer passiv observatør (Tjora, 2017). I tillegg er det forskjell på strukturen av observasjonene enten om de er ustrukturerte og åpne eller mer strukturerte.

I masteroppgaven er det valgt å bruke observasjon gjennom befaringen av SVV kontorsted i Steinkjer. Befaringen tok sted 4. mars 2020 med driftsleder på bygget. Her var observatøren deltagende og kunne stille åpne og ustrukturerte spørsmål. Bilder ble også tatt i forbindelse med befaringen som har blitt brukt i oppgavens resultatdel.

3.3 Dataanalyse

Proessen for innsamling, organisasjon og transformasjon av data kalles dataanalyse (A. Johannessen et al., 2016). Målet med dataanalysen er å bearbeide tekst for å besvare undersøkelsens problemstilling. Dataanalysen handler derfor om å trekke ut den viktigste informasjonen og kategorisere de innsamlede dataene. Slik kan forskeren finne årsakssammenhenger, mønstre og/eller hva som karakteriserer dataene.

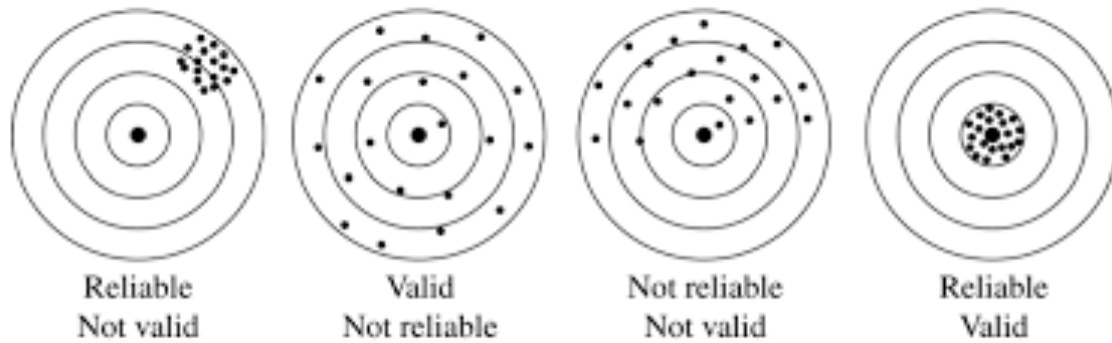
Undersøkelsens problemstilling legger tydelige føringer for datainnsamlingen (Tjora, 2017). Analysen må holde seg innenfor visse avgrensninger som tid, kunnskap og gitte ressurser for best mulig å svare på problemstillingen. Informasjonsinnhenting vil være omfattende. Derfor er forskeren nødt til å bruke «best practice» for å besvare undersøkelsens problemstilling på en best mulig måte.

I denne forskningsprosessen ble informasjonsinnhenting organisert og kodet. Dataene ble systematisert for best mulig å analysere informasjonen. Siden undersøkelsens problemstilling omhandler årsakssammenhenger, ble for eksempel investeringskostnadene til ulike energieffektive tiltak sammenliknet med de påfølgende energi- og kostnadsbesparelsene. Deretter ble de ulike energieffektive tiltakene rangert etter lønnsomhet. Dette la grunnlaget for videre vurderinger, analyse og diskusjon.

Dataanalysen så også på ikke-tallmessige variabler. I motsetning til lønnsomhetsanalyser og kostnadsberegninger, er det tilknyttet høyere grad av subjektivitet i denne formen av analyse.

3.3.1 Evaluering av datakvalitet

Kvaliteten på empirien baserer seg på forskerens evne til å trekke ut den mest relevante informasjonen fra datainnsamlingen (A. Johannessen et al., 2016). I forskningssammenheng blir det samlet inn store mengder av data, og det er viktig å trekke ut den mest relevante og pålitelige empirien. Relabilitet (pålitelighet og troverdighet) og validitet (gyldighet og relevans) er to kriterier for å vurdere kvaliteten på empirien. Sammenhengen mellom relabilitet (på engelsk reliability) og validitet (på engelsk validity) er vist i Figur 17.



Figur 17: Validitet og reliabilitet (Varmdal, 2017)

Reliabilitet

Det første evalueringskriteriet for datakvalitet er graden av pålitelighet og troverdighet, også kalt reliabilitet. God reliabilitet betyr at forskningen skal kunne testes, ved bruk av samme metode, og få tilegnet samme resultat (Samset, 2014). Nøyaktighet av undersøkelsen av datainnsamlingen er derfor et nøkkelord (A. Johannessen et al., 2016). Som vist i Figur 17, har forskning av høy reliabilitet et samlet fokusområde.

I litteraturstudiet har forfatterens bakgrunn og kompetanse, kildens database samt hensikten med litteraturen har blitt vurdert. Disse vurderingene er viktige for å evaluere reliabiliteten i forskningssammenheng (A. Johannessen et al., 2016). Der har ikke blitt brukt litteratur fra før år 2000. Søkjetjenesten Oria, universitetsbiblioteket ved NTNU, Google Scholar og VIKO er alle pålitelige databaser som er anvendt. Det har også blitt brukt standarder fra Standard Norge. Litteratur som omhandler åpne offentlig utredninger, for eksempel Byggforskserien og Lovdata, har blitt hentet på deres respektive hjemmesider. Det har også blitt benyttet litteratur fra mindre formelle kilder for å styrke de mer pålitelige kildene.

For å øke reliabiliteten av gjennomførte intervjuer, har intervjueren prøvd å holde tilnærmet lik prosess for samtlige intervjuer. Alle intervjuobjektene fikk blant annet tildelt en intervjuguide før intervjuet og strukturen av selve intervjuet var tilnærmet lik, noe som gjør at reliabiliteten øker. Likevel er det usikkert hvorvidt en annen forsker hadde fått de samme resultatene fra intervjuene hvis de hadde blitt gjennomført på nytt.

Utvalgte caseobjekter er alle klimaambisiøse bygg som er under rehabilitering eller nylig ferdigstilt. Et av casene er under rehabilitering hvilket innebærer at dette case mangler sammenlikningsgrunnlag på noen punkter. Samtlige caseobjekter er også kontorbygg som gjør at funnene kan sammenliknes.

Det har vært overvekt av informasjon fra hovedcase. Både informasjon fra dokumentanalysen og befaring på bygget gjør at forskeren har satt seg dypere inn i hovedcasen enn de to sammenlikningscasene. Dette har blitt gjort grunnet oppgavens omfang. Med større datainnsamling fra de andre casene hadde økt troverdigheten på enkelte områder. Funnene fra sammenlikningscasene har likevel ikke satt begrensninger for å generalisere resultatene. Casestudiet kan derfor bli sett på med høy reliabilitet.

Validitet

Det andre evalueringskriteriet for datakvalitet er gyldighet og relevans, også kalt validitet. Det finnes flere former for validitet, som intern validitet og ytre validitet, men på et generelt grunnlag sier man at validitet er en skjønnsmessig vurdering om hvordan datainnsamlingen gir et godt bilde på undersøkelsens problemstilling (A. Johannessen et al., 2016). Forskningsmetoden skal gjerne belyse ulike fenomener ved forskningen, samtidig som resultatene i forskningen skal ha en form av samhandling eller konvergens. Som vist i Figur 17, viser forskning av høy validitet et holistisk bilde av fenomenet uten overfokus på et område.

I litteraturstudiet har det vært fokusert på å trekke ut den mest relevante litteraturen som støtter opp under casestudiet. Kostnader knyttet til klimaambisiøs rehabilitering er et tema som har blitt forsket mye på. Det var derfor ikke vanskelig å finne litteratur på område. Likevel var det nødvendig å bruke litteraturen som støttet opp under problemstillingen.

For å belyse undersøkelsens problemstilling tok forskeren for seg kun de mest relevante funnene i Statsbyggs rehabiliteringsprosjekt av SVV kontorsted i Steinkjer. Funnene ble diskutert med veiledere fra Statsbygg både ansatte i avdelingen *faglig ressurscenter* og seksjonene *teknisk* (FT) og *økonomi og analyse* (FØ). Det å få en teknisk og økonomiske perspektiv var høyst relevant for denne oppgaven. I tillegg har både teknisk avdeling og økonomi og analyseavdelingen bistått som intervjuobjekter og utgitt relevant informasjon for dokumentanalysen.

Det var også nødvendig å avgrense masteroppgaven for å gjøre problemstillingen så presis og målbar som mulig. Denne prosessen er en del av hva Johannessen et al. (2016) kaller for *operasjonalisering*. Masteroppgaven kunne sett på alle klima- og miljøtiltakene som ble gjort de for rehabiliteringen av SVV kontorsted i Steinkjer, men kun de mest relevante for oppgaven har blitt diskutert og brukt i resultatdel. Det å gå fra det generelle til konkrete gjør det også mulig å gå i dybden på en håndfull av funnene. For eksempel har forskeren sett nøye på investeringskostnadene til de ulike energieffektive tiltakene og de påfølgende energi- og kostnadsbesparelsene. Et utvalg av tre caseobjekter har vært et tilstrekkelig antall for å generalisere funnene. Oppgavens omfang hadde ikke tillatt å se på flere caseobjekter.

Når det kommer til validitet av intervjuer, ble det gjennomført tilstrekkelig med intervjuer. Store deler av funnene fra dybdeintervjuet med Boligbyggelaget TOBB har ikke blitt tatt med grunnet resultatdelens størrelse. Det har også blitt sett på som nødvendig å trekke ut den viktigste informasjonen fra de andre aktørene for å holde seg innenfor sidetallsbegrensningen.

3.4 Forskningsetiske retningslinjer

Arbeid i forbindelse med masteroppgaven er i samsvar med forskningsetiske retningslinjer. Etikk handler om prinsipper, regler og retningslinjer for hva som er rett eller galt, uavhengig om det gjelder forskning eller andre deler av livet (A. Johannessen et al., 2016). Forskeren skal ta hensyn til det som blir forsket på og ikke misbruke informasjonen på noen som helt måte. For å unngå å misbruke informasjonen, er det derfor anbefalt å sette seg inn i en rekke etiske- og juridiske retningslinjer. Personopplysningsloven fra 2018 og forvaltningsloven av 1970 er eksempler på juridiske retningslinjer, mens etikk handler om det menneskelige aspektet og hvordan partene behandler hverandre. Dette vil være spesielt viktig i forskningssammenheng hvor det vil bli utført intervjuer.

Per Nerdrum (1998) har pekt på tre hensyn en forsker må ta hensyn vedrørende forskningsetiske retningslinjer (A. Johannessen et al., 2016):

1. Informantenes rett til selvbestemmelse og autonomi. Dette punktet handler om informantenes frihet til deltagelsen. Informanten skal ikke føle seg presset til å delta i forskningen. Hvis informanten deltar i forskningen og likevel ønsker å trekke seg, skal ikke dette resultere i negative konsekvenser (A. Johannessen et al., 2016). I denne

forskningsundersøkelsen har samtlige intervjuobjekter gitt frivillig samtykket til å delta. Intervjuguider har blitt distribuert til informantene i forkant av intervjuet hvor de har blitt oppfordret til å avklare eventuelle uklarheter. Oppgavens formål og samtykke om lydopptak ble også tatt opp ved intervjustart.

2. Forskerens plikt til å respektere informantens privatliv. Personvern er særlig viktig da forskeren vil komme tett innpå intervjuobjektet som kan sitte på viktig og kanskje konfidensiell informasjon (A. Johannessen et al., 2016). Forskeren skal ha respekt for de ønsker informanten måtte ha, for eksempel anonymitet, i tillegg til å forsøke å skape en god samhandling mellom partene slik at informanten opplever situasjonen som behagelig.
3. Forskerens ansvar for å unngå skade. Forskeren har ansvar for datainnsamlingen, hvordan informasjonen skal benyttes og hvilke følger bruken av informasjonen vil ha (Thagaard, 2009). Hvis forskeren bruker taleopptak, skal dette bli informert om i forkant av intervjuet. I tillegg skal informasjonen i forbindelse med intervjuet *kun* bli bruk til forskningsvirksomheten (A. Johannessen et al., 2016).

I en slik forskningssammenheng er det høyst relevant å undersøke handlingsrommet i lovverket som omhandler møtepunktet mellom å gjennomføre forskning av høy kvalitet og å sørge for at personverket blir ivaretatt. Basert på forskningens karakter, var det ikke behov for å søke om konsesjon etter Norsk senter for forskningsdata (NSD) sine personvernregler. NSD er et nasjonalt arkiv og senter for forskningsdata som tilbyr rådgivningstjenester rundt personvern (Norsk senter for forskningsdata, 2020).

4. Casestudie

I denne undersøkelsen er det valgt et «fler-case»-design med holistisk tilnærming. Et utvalg på tre caseobjekter er valgt for å gi et representativt utvalg for å kunne svare på undersøkelsens problemstilling. Hovedcaset er Statsbyggs rehabiliteringsprosjekt av SVV kontorsted i Steinkjer.

4.1 Statens vegvesens kontorsted i Steinkjer

Vegkontoret i Steinkjer ble bygget over tre byggetrinn fra henholdsvis 1967, 1976 og 1984, og var fordelt over en, to og tre etasjer. Bygningen fasiliteter kontorer for Vegvesenets personal, trafikkstasjon og en kontrollhall. Oppvarmet bruksareal, inklusiv kontrollhallen og trafikkstasjonen, var på 5.685 m² før rehabiliteringen. I tillegg til en rehabilitering av bygget, ønsket leietaker, Statens Vegvesen, å utvide bygningen med et tilbygg.

Rehabiliteringen av SVV kontorsted i Steinkjer resulterte i et energieffektivt bygg som nå imøtekommer sluttbrukernes ønsker om bedre inn klima og arealutnyttelse, større lokaler, mer effektive arbeidsplasser og fleksible kontorløsninger. Rehabiliteringen og tilbygget besto av seks energitiltak. Bygningskroppen er oppgradert med nye vinduer, etterisolering av yttervegger og tak. Teknisk anlegg som VVS (varme, ventilasjon, sanitær) ble utskiftet. Oljekjelen ble skiftet ut med varmepumpe som fornybare energikilder. Branntekniske tiltak og heiser er nå i henhold til dagens standard og tilfredsstillende kravene til universell utforming. Transformasjonen er utført i henhold til passivhusstandarden, NS 3701.



Figur 18: Illustrasjon av fasadene for SVV kontorsted i Steinkjer (foto: A.A. Nysted)

4.2 Tempeveien 22 – Sammenlikningscase 1

Tempeveien 22 er lokalisert ved E6/Holtermannsveien sør for Trondheim sentrum – ikke langt fra NTNU Gløshaugen og Lerkendal. Eiendommen som mange kjenner som MAX-bygget, sto ferdig i 1987 og består av parkeringskjeller, butikker, kontorer og boliger i den øverste delen.

Bygget har vært inndelt i flere ulike eierseksjoner, der KLP Eiendom kjøpte opp siste næringsseksjon i 2015. Ved overtagelse innså KLP Eiendom at bygget hadde et stort vedlikeholdsetterslep, det var større driftsutfordringer, de manglet leietakere og det var vanskelig å få nye leietakere. Både kontor og handelsarealene var lite fleksible. Som et direkte resultat gjennomførte KLP Eiendom et mulighetsstudie med ulike scenarier for fremtiden av bygget. Det ble valgt å gjennomføre en omfattende totalrehabilitering der åtte entreprenører ble invitert til en pris- og designkonkurranse i 2017.

Norconsult/Veidekke som overleverte KLP Eiendom i slutten av 2019, innfrir byggherrers høye miljøambisjoner. Eiendommen ble gjennom plan- og byggeprosessen oppgradert til klassifiseringen BREEAM-Outstanding og ble dermed Trøndelags første rehabiliterte BREEAM Outstanding bygg. Store deler av bygget holder også passivhusstandard. Sirkulærøkonomi har vært sentral gjennom hele byggeprosessen, der alt som kunne gjenbrukes i det gamle bygget er tatt vare på. Slik har prosjektet redusert mengden rivingsavfall og bygningsmaterialer. Spesielt har det vært store besparelser ved gjenbruk av gamle betongkonstruksjoner.



Figur 19: Illustrasjon av Tempeveien 22 (Syltern, 2019)

4.3 Schweigaardsgate 15 – Sammenlikningscase 2

Schweigaardsgate 15 er lokalisert i Oslo mellom bussterminalen og Oslo S. På denne eiendommen ligger Oslo jernbanetollsted, bedre kjent som gamle tollboden. Bygget ble oppført i perioden 1919-1926 og har stor kulturhistorisk verdi hvilket vil si at bygget står på Riksantikvarens fredningsliste. Fredningen gjelder fasader, tak, trapperom, sement av plan 3 og sement av plan 6. I tillegg står bygget på Byantikvarens Gule liste som bevaringsverdig, verneklasse 1.

Toll- og avgiftsdirektoratet har huset bygget i nesten 100 år, men bestemte seg for å flytte ut av Schweigaards gate 15 i september 2017. Bygget har dermed stått tomt siden den tid. Entra, som overtok bygningen i 2000, skal sammen med LPO arkitekter og IARK gjøre en dyp energirehabilitering av det cirka 22.000 m² store bygget til klassifiseringen BREEAM Very Good.

De prosjekterende skal gjøre en rekke tiltak for å bevare bygget som utgjør et arkitektonisk, arkitekturhistorisk og tollhistorisk viktig ledd i norsk historie og i Oslos bybilde. Tiltakene som utføres vil påvirke kostnadene tilknyttet rehabiliteringen. Eksempler på tiltak denne type problemstillinger er gjenbrukskartleggingen av materialer for å tilbakeføre de vernede arealene til den standarden de opprinnelig var. En annen problemstilling er hvordan et lite arealeffektivt kontorareal med mye lagerplass og cellekontorer skal transformeres til fleksible landskaps- og aktivitetsbaserte arealer. Prosjekteringen er i gang og bygget er forventet ferdigstilt medio 2022.



Figur 20: Illustrasjon av Schweigaardsgate 15 (Lynås, 2020)

5. Resultat og diskusjon

Dette kapittelet presenterer og analyserer funnene fra kvalitative og kvantitative forskningsprosesser. Resultatene vil bli presentert i kronologisk rekkefølge basert på forskningsspørsmålene. Hvert delkapittel vil bli delt inn i de tre underkapitlene: resultat fra hovedcase, resultat fra andre aktører og resultat fra litteraturstudiet. Funnene fra hvert forskningsspørsmål vil så bli analysert. Her vil det beskrives hvorfor disse funnene er viktige og hva som vil være et naturlig skritt videre i forlengelsen av undersøkelsen. Resultat og diskusjonsdelen vil danne grunnlaget for oppgavens konklusjon.

5.1 Bakgrunn

5.1.1 Valg av caseobjekter

Casestudie skal være en del av Statsbyggs FoU-prosjektet 1169301 Økt kompetanse om kostnader knyttet til miljøtiltak, delprosjektet miljøtiltak i driftsfasen og underprosjektet klimaambisiøs rehabilitering. FoU-prosjektet er vist i Tabell 11.

Tabell 11: Statsbyggs FoU-prosjekt. Egenprodusert, inspirert av (Stenrød & Rogstad, 2019)

Statsbyggs FoU-prosjekt		
1: Energiløsninger 1.1 Solceller 1.2 Solfangere 1.3 Varmepumpe	2: Materialbruk 2.1 Massivtre 2.2 Lavkarbonbetong	3: Uteområder 3.1 Materialer utegulv 3.2 Blågrønne tak/uteområder
4: Fossilfri / Utslippsfri byggeplass	5: Miljøtiltak i driftsfasen. 5.1 Klimaambisiøs rehabilitering 5.2 Nedbetalingstid enkelttiltak 5.3 Kontinuerlig optimering	6: Samfunns-økonomisk analyse

FoU-prosjektet er en del av Statsbyggs miljøstrategi for 2019-20. Her står det at Statsbygg skal «vurdere kostnader og verdi over livsløpet for ulike miljøtiltak» (Stenrød & Rogstad, 2019). Videre er det beskrevet i et tildelingsbrev for 2019 fra kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD), at «Statsbygg skal gi statelige oppdragsgivere kvalifiserte råd om energieffektivisering, CO₂-reduksjon og andre miljøtiltak. Rådene skal gi grunnlag for å vurdere tiltakenes nytteverdi opp mot kostnad, også sett hen til tiltakets levetid».

FoU-prosjektet har som mål å øke kompetansen og kunnskapen om økonomien av ulike miljø-/klimatiltak. Lønnsomhetsvurderinger og kostnadsestimeringer skal gi et bedre

beslutningsgrunnlag, der de statlige oppdragsgiverne vil kunne avveie verdi og kostnader for de forskjellige miljø-/klimatiltakene.

For å øke kompetansen og kunnskapen om økonomien av ulike miljø-/klimatiltak ble jeg tildelt Statsbyggs rehabilitering av SVV kontorsted i Steinkjer som tidligere gikk under navnet Vegkontoret i Steinkjer. I denne masteroppgaven vil resultatene generaliseres og det vil derfor bli brukt to andre caseobjekter som sammenlikningsgrunnlag. Samtlige case er kontorprosjekter med en klimaambisiøs karakter. To av prosjektene er ferdigstilt, og et av et vil bli ferdigstilt medio 2022. En oversikt over caseobjektene er vist i Tabell 12.

Tabell 12: Oversikt over caseobjektene

Prosjekt	Beliggenhet	Standard / klassifisering	Ferdig	Antall informanter	Eier
SVV kontorsted	Steinkjer	Passivhus	2017	5	Statsbygg
Schweigaards gate 15	Oslo	BREEAM Very Good	2022	1	Entra
Tempeveien 22	Trondheim	Passivhus BREEAM Outstanding	2019	2	KLP Eiendom

5.1.2 Valg av intervju

Det har blitt utført åtte intervjuer med ulike perspektiver og synsvinkler om klimaambisiøse rehabiliteringsprosjekter. Majoriteten av intervjuobjektene var representanter fra Statsbygg. De andre informantene er representere Enova, TOBB, KLP Eiendom og Entra. Informanter fra stat, kommune, privat, boligbyggerlag og statsforetak gir et holistisk tilnærming gjør det mulig å angripe problemstillingen fra ulike vinkler og gir oppgavens problemstilling en interessant vinkling. Informantene er lokalisert i Steinkjer, Trondheim og Oslo. Intervjuene har vært semi-strukturerte og tilpasset hvert enkelt prosjekt. Intervjuene har blitt holdt mest mulig objektivt.

Statsbygg

Statsbygg er en norsk statlig forvaltningsbedrift under Kommunal- og moderniseringsdepartementet (Statsbygg, 2020). Som statens rådgiver, byggherre, eiendomsutvikler og -forvalter, skal Statsbygg iverksette og gjennomføre Stortingets politikk på

en bærekraftig måte. Dette innebærer et langsiktig fokus for å imøtekomme kundens behov i dag og i fremtiden.

Entra

Entra er et norsk børsnotert eiendomsselskap med en forretningsidé om å utvikle, leie ut og forvalte attraktive miljøledende lokaler (Entra, 2020). Selskapet ble etablert i 2000 og har hovedkontor i Oslo hvor majoriteten av eksponeringen også ligger. Entra har et sterkt miljøfokus og har målsetning om å være ledende i bransjen, spesielt når det kommer til redusert energiforbruk.

KLP Eiendom

KLP Eiendom er et eiendomsselskap som utvikler og forvalter kontorbygg, kjøpesentre, tomter, hoteller og prosjekter i flere av Skandinavias største byer (KLP Eiendom, 2020). KLP er eid av Kommunal Landspensjonskasse (KLP) som er Norges største pensjonsselskap. Av de rundt 380 milliardene investert i KLP, skal mellom 12-13 prosent være forankret i fast eiendom. KLP Eiendom har en langsiktig investeringsstrategi mot å utvikle og forvalte miljøbygg. KLP Eiendom er blant annet tilsluttet FNs veikart mot 2050 i forhold til å være en aktiv bidragsyter til å redusere CO₂-utslipp og å redusere energibruken i bygg.

Enova

Enova er et statsforetak som eies av Klima- og miljødepartementet (Enova, 2020). Formålet er å forvalte felleskapets midler for å bidra til at Norge omstiller seg til et lavutslippssamfunn. Enova ble etablert i 2001 med hovedkontor i Trondheim Energifondet finansierer statsforetaket og tilrettelegger for at Enova kan investere over to milliarder kroner årlig av felleskapets ressurser til å redusere klimagassutslippene.

Dybdeintervju med Boligbyggelaget TOBB

Boligbyggelaget TOBB er et boligbyggelag i Trondheim (TOBB, 2020). Det medlemseide boligbyggelaget har siden 1945 forvaltet og bygget boliger i hele Midt-Norge. TOBB har omtrent 65 000 medlemmer der en sentral medlemsfordel er forkjøpsrett på boliger som TOBB forvalter. TOBB bistår med både økonomisk, teknisk og juridisk forvaltning til boligselskap og har stor erfaring med energirehabiliteringer.

5.1.3 Valg av dokumentanalyser

I forbindelse med casestudie har det blitt gjennomført en rekke dokumentstudier. Hovedsakelig har dokumenter fra hovedcasen blitt analysert og brukt som utgangspunkt for sammenlikningsgrunnlag for de to andre casene. De mest relevante dokumentstudiene brukt i denne oppgaven er listet opp i Tabell 13.

Tabell 13: Oversikt over dokumenter fra dokumentanalysen

Dokument	Beskrivelse	Fil-type	Utarbeidet av	Prosjekt
1	Total Concept rapporten	pdf	SINTEF Byggforsk	SVV
2	Energiberegninger	Excel	Statsbygg	SVV
3	Energirapport	pdf	Prosjektutvikling Midt-Norge	SVV
4	Energiattest	pdf	NVE	SVV
5	Årssimulering	Simien	Prosjektutvikling Midt-Norge	SVV
6	3-D modell	Solibri	Statsbygg	SVV
7	Prosjektkostnader	Excel	Statsbygg	SVV
8	Enova tilskudd	pdf	Enova	SVV
9	Effekt varmpumpe	Excel	Statsbygg	SVV
10	Statens husleieordning	pdf	Statsbygg	SVV
11	Veien til det nye Maxbygget	pptx	L. G. Syltern ved KLP Eiendom	Tempeveien 22
12	Schweigaards gate 15	pptx	M. Lynås ved Entra	Schweigaards gate 15

5.2 Motivasjonsfaktorer for klimaambisiøse rehabilitering

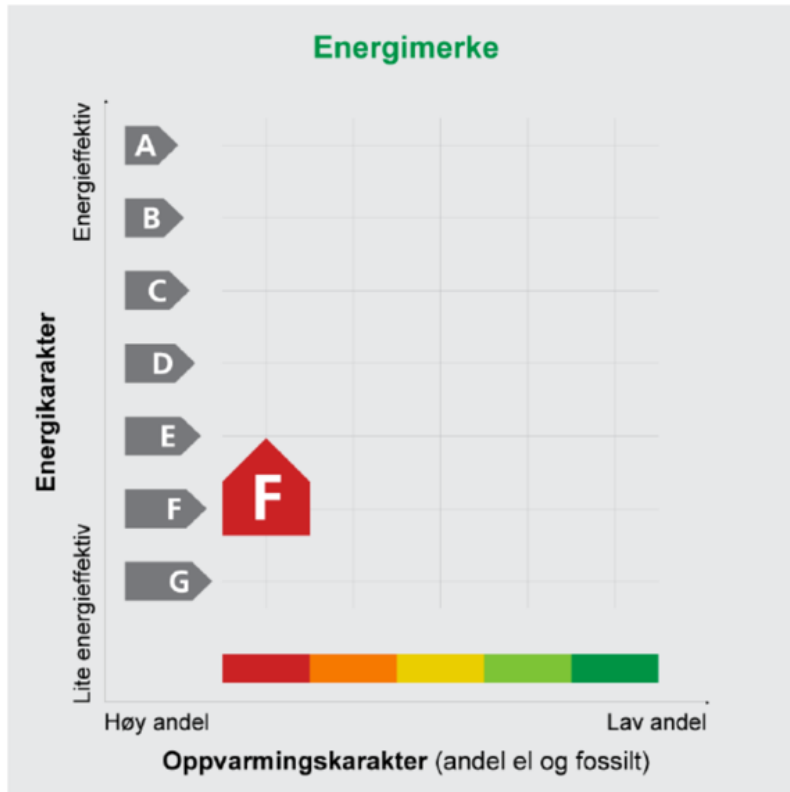
Delkapittelet presenterer og analyserer funn fra første forskningsspørsmål: «*hva er motivasjonsfaktorene for å gjennomføre klimaambisiøs rehabilitering?*»

5.2.1 Resultater fra hoved-case

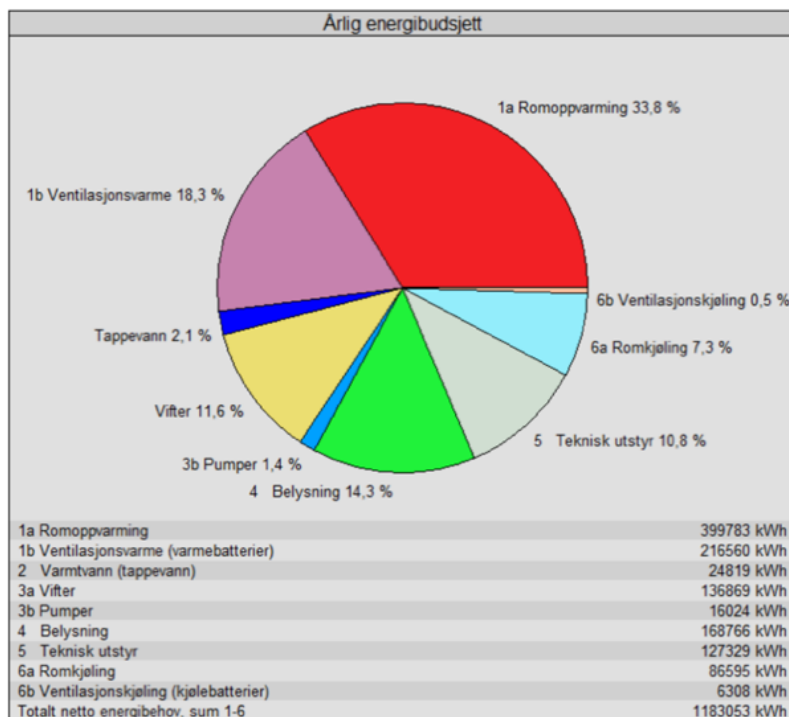
Dokumentstudiet viste at klima og miljø var de hovedmotivasjonene for å rehabilitere SVV kontorsted i Steinkjer. Energimerkingen og energivurderingen for Vegkontoret i Steinkjer, gjennomført den 13. august 2013 med Simien i henhold til NS 3031, estimerte energikarakter F og oppvarmningskarakter rød. Energimerke er vist i Figur 21. Beregnet levert energi som fremkom ved energimerkingen tilsvarte 1.233.832 kWh/år eller 217 kWh/m²/år. Beregnet energi for bygningens kontordel, det vil si eksklusiv kontrollhallen, var beregnet til 194 kWh/m² der oppvarmingsbehovet står for 99 kWh/m² og levert energi til belysning og teknisk utstyr tilsvarte 61 kWh/m² – de resterende 34 kWh/m² er tilknyttet annet energibruk. Årlig energibudsjett er vist i Figur 22.

Dybdeintervju med Statsbyggs driftsleder samt observasjoner på bygget 4. mars 2020 kunne avsløre at energikilden dekket oppvarmingsbehovet, varmt tappevann, og varmebatterier for ventilasjon. Energikildene besto av to oljekjeler og en elektrokjele der 99 prosent av energien var dekket av elektrisitet. Bygningskroppen hadde generelt høye u-verdier, lekkasjetallene var høye og det var identifisert flere store kuldebroer. Kaldstrømmer fra vinduer og ned på gulvet plaget de ansatte som vurderte inneklima til å være svært dårlig. Ventilasjonsanlegget var også i dårlig fatning med virkningsgrad på varmegjenvinneren mellom 46 til 75 prosent og gjennomsnittlig SFP faktor på 3,7 kW/(m³/s). I tillegg var det knyttet store energikostnader til belysning fordi lysbrytere sjeldent ble slått av eller lyste mer enn nødvendig. Inndata brukt i energisimuleringen for bygningskroppen, ventilasjonsanlegg, belysning og energiforsyning er oppgitt i Tabell 19 i Vedlegg.

Videre kunne prosjektleder i Statsbygg fortelle at rehabilitering av et lite energieffektivt bygningsmasse var den mest miljøvennlig måten å transformere bygget på. Slik ville man også bevaring av de kulturhistoriske verdiene i det gamle bygget.



Figur 21: Energimerke for Vegkontoret i Nord-Trøndelag (Prosjektutvikling Midt-Norge AS, 2013)



Figur 22: Energibudsjett for Vegkontoret i Nord-Trøndelag (Prosjektutvikling Midt-Norge AS, 2013)

Prosjektleder i Statsbygg kunne fortelle at økonomi var en annen motivasjonsfaktor for å rehabiliterte bygget. Et lite energiøkonomisk bygg resulterte i høye energikostnader. I energimerkingen er det brukt en kraftpris inklusiv avgifter på 78 øre/kWh for å beregne energikostnaden på totalt NOK 958.841 kr. I tillegg kom høye vedlikeholdskostnader for blant annet å skifte ut lyspærer.

Det ble videre fortalt at det er lite samfunnsøkonomisk å ha et bygg der de ansatte er plaget av dårlig innemiljø. Produktiviteten var mest sannsynlig redusert, men dette er vanskelig å måle i kroner og øre. Kostnadene hadde kanskje gjort seg mer gjeldene hvis leietaker, SVV, var så lite tilfreds at de ønsket å terminere leiekontrakten som var i ferd med å løpe ut. Hvis man sitter på en eiendom som ikke er etterspurt i markedet, vil det koste utleier stort. Statsbygg ønsket å holde på leietakeren for å unngå alternativkostnaden med reduserte leieinntekter.

Prosjektleder i Statsbygg kunne også fortelle at de forelå andre mindre viktige motivasjonsfaktorer for å rehabilitere bygget. Herunder, arealutnyttelse, større lokaler, mer effektive arbeidsplasser og fleksible kontorløsninger.

5.2.2 Resultater fra andre aktører

KLP Eiendom

Dybdeintervju med KLP Eiendom sin prosjektleder og eiendomssjef avslørte at det forelå to hovedmotiver for å totalrehabilitere Tempeveien 22. Det første motivet var tilknyttet miljø. Et lite energiøkonomisk bygg, med et stort vedlikeholdsetterslep og driftsutfordringer, samsvarte ikke med KLP sine miljøambisjoner om å være en aktiv bidragsyter til å redusere CO₂-utslipp og energiforbruk i sin virksomhet. Det har dessverre ikke lyktes i å innhente energidata for bygget, men informantene kunne fortelle at bygget hadde store CO₂-utslipp og et høyt energiforbruk.

Økonomi spilte også en avgjørende rolle for kost-/nyttevurderingen av totalrehabiliteringen av Tempeveien 22. I vurderingen om å enten (1) leie ut bygget sånn som det var, (2) gjøre en lett energirehabilitering, (3) selge bygget (4) eller totalrehabilitere bygge, ble det siste alternativet valgt mye på grunn av å tiltrekke seg nye leietakere til en høyere leiepris. Hver etasje i det tidligere bygget var på mellom 960-970 kvadratmeter med cellekontor og store fellesområder. Etasjene kunne ikke deles opp og teknisk anlegg var ikke dimensjonert for å ha åpent kontorlandskap. Dette gjorde at leietaker vanligvis kunne leie en etasje om gangen. KLP Eiendom ønsket å flytte

inngangspartiet til midten av bygget for så å dele hver etasje i fire deler. Dette er økonomisk gunstig fordi de fleste leietakere ønsker lokaler mindre enn 200 m².

Kostnadssiden ville også reduseres gjennom fleksible lokaler. Hver gang leietaker flytter ut, får KLP Eiendom et kostnadspåslag for å tilpasse arealene til den nye leietakeren. Prosjektleder kunne informere om at det er viktig med et arealer som er fleksible slik at kostnadene ved å bygge holdes på et minimum.

Entra

Entra hadde flere motiver for å totalrehabiliterer Schweigaards gate 15. For det første var timing, eller tidsvindu, en kritisk faktor. Som følge av leietakers fraflytting fra Schweigaards gate 15 i september 2017, sto bygget tomt og Entra så muligheten til å rehabiliterer bygget. Den andre motivasjonen var at bygget ikke levde opp til Entra sine miljøkrav. Bygningskroppen hadde et stort vedlikeholdsetterslep og det tekniske anlegget var i dårlig standard. Entra har en miljøstrategi som innebærer at nye bygninger skal være sertifisert minimum BREEAM Excellent og at totalrehabilitererte bygg skal være sertifisert minimum BREEAM Very Good. For det tredje så Entra det som helt nødvendig å gjøre en «dyp energirehabilitering» for å kunne tiltrekke seg nye leietakere til en høyere leiepris.

Enova

Enova forteller at det er mange motiv for å gjøre klimaambisiøse rehabiliteringer av eksisterende bygningsmasse. Informanten deler opp motivasjonsfaktorene mellom private og offentlige byggherrer. For byggeiere som leier ut i privat næringsliv, er økonomi ofte hovedmotivasjonen. Hvordan man får dette til på kort og lang sikt er opp til hver enkelt byggherre, men fokuset er ofte på å investere kapitalen for å få høyest mulige leiepriser per kvadratmeter eller best yield. Oppgraderingen burde helst forekomme i forbindelse med utskiftning av leietaker. Det er tungvint å rehabiliterer midt i en leiekontrakt hvis det innebærer at leietaker blir forstyrret av snekkere og rørleggere, i tillegg til at oppgraderingen kan føre til redusert leieinntekter og høyere kostnader for eventuelle erstatningslokaler til leietaker under selve rehabiliteringen. Tingen er derfor kritisk fra et økonomisk ståsted. Den andre motivasjonsfaktoren kan være at byggets tilstand er så dårlig at man uansett er nødt til å gjøre oppgraderinger. Dette motivet henger sammen med økonomi der det vil være enklere å tiltrekke seg leietakere med et bygg av høyere standard. Det tredje motivet

kan være tilknyttet rykte/image. Leietakere begynner å etterspørre energimerke, og private byggherrer begynner å rette seg etter inneklima, redusert energibruk, fleksibilitet og andre miljømessige og sosiale forhold.

Byggeiere som leier ut til det offentlige næringsliv har, i tillegg til de overnevnte motivasjonsfaktorene, et sterkt ønske om å gå foran som et godt forbilde for eksempel ved å bidra til teknologiutvikling.

5.2.3 Resultater fra litteraturstudiet

Resultatene fra litteraturstudiet avslører flere motivasjonsfaktorer for å rehabilitere eksisterende bygningsmasse. Motivene er oftest tilknyttet økonomi, miljø eller sosiale forhold. Miljø og klima har tatt store deler av fokuset de siste årene og har stadig blitt en større motivasjonsfaktor for offentlige og private byggherrer. Bransjen er nå klar over at BAE-næringen står for rundt 40 prosent av den globale energibruken hvor den eldre bygningsmassen er klimaverstingen med høyt energiforbruk i bruksfasen. Håndtering av klimapåvirkningen i bruksfasen er særdeles viktig ettersom majoriteten av industriens CO₂ utslipp forekommer i denne fasen. Når livssyklusanalysen er tatt i betraktning er det anbefalt å rehabilitere kontra rive. Rehabiliterte bygg som er bygget etter passivhusnivå kan redusere romoppvarmingsbehovet fra rundt 30-40 prosent ned til 5-15 prosent. Reduksjon av energibruken til romoppvarming er den viktigste energieffektiviseringstiltaket for å nå nasjonale- og internasjonale klimamål. Miljøfokuset går ikke bare på klima, men også på innemiljø som helse og termisk komfort. Bransjen har fått større fokus på hvordan innemiljø påvirker på menneskets produktivitet og hvordan mennesket opplever forholdene som de er omkranset i.

Leietakernes stadig større fokus på miljøbygg gir byggherrene et stadig større økonomisk motivasjon for å rehabilitere byggene, spesielt for eiendommer med god beliggenhet. Etterspørselen for grønne bygg øker og leietakere for næringsbygg anser miljøkvaliteter som det nest viktigste kriteriet for valg av lokaler. Energiøkonomiske bygg har lavere energiforbruk som igjen gir lavere kostnader i bruksfasen. Myndigheter og finansinstitusjoner har et stadig økt fokus på miljø som gjør gir byggherrer et ytterligere insentiv for å gjennomføre en rehabilitering. Enkelte egenkapitalinvestorer, banker og forsikringsselskaper har innbakt forventningene om strengere miljøkrav og høyere etterspørsel etter miljøbygg. Disse aktørene anser miljøbygg som mindre

risiko og vil som et resultat redusere avkastningskravet. Lavere risiko er med på at både norske og utenlandske investorer velger å plassere pengene sine i eiendom med miljøkvaliteter. I tillegg har grønne bygg lavere eierkostnader som følger av redusert behov for fremtidig oppgraderinger.

Andre viktige motiver for å rehabilitere bygg er påvirkningen av virksomhetens «goodwill» og bevaring av de kulturhistoriske verdiene i gamle bygg. Samlet sett kan man si at hvis byggherre har flere motivasjonsfaktorer for å rehabilitere den eksisterende bygningsmassen, vil barrieren for å gjennomføre oppgraderingen reduseres.

5.2.4 Diskusjon

Motivasjonsfaktorene for å gjennomføre klimaambisiøs rehabilitering har blitt samlet og listet opp i kronologisk rekkefølge, vist i Tabell 14. Fellesnevneren er at klima og miljø eller økonomi er hovedmotivasjonsfaktorene i casestudie og i litteraturstudiet. I tillegg har det blitt nevnt andre motivasjonsfaktorer som har vært delaktig for dere respektive klimaambisiøse rehabiliteringer. Samtlige motivasjonsfaktorer, og hvorvidt disse motivasjonsfaktorene henger sammen, skal analyseres og undersøkes nærmere i dette delkapittelet.

Tabell 14: Motivasjonsfaktorer for klimaambisiøs rehabilitering

	SVV	Andre aktører	Litteratur
Hovedmotiv	Klima og miljø	Økonomi	Klima og miljø
Sekundærmotiv	Økonomi	Klima og miljø	Økonomi
Andre motiv	Arealutnyttelse, fleksibilitet	Modernisering / fleksibilitet / UU / tilpasningsdyktighet	«Goodwill» / rykte, risiko, avkastningskrav

Hovedmotivasjon – klima og miljø

Resultatene fra casestudiet kunne avsløre at klima og miljø var høyt prioritert for gjennomføringen av deres respektive klimaambisiøse rehabiliteringer. Hovedcase og Tempeveien 22 hadde klima og miljø som hovedmotivasjon, mens Schweigaards gate 15 hadde klima og miljø nest høyest prioritert. Klimafokuset ligger hovedsakelig på å redusere energibruken i driftsfasen. Dette er med god grunn siden majoriteten av energibruken i bygg og de påfølgende CO₂-utslippene forekommer i bruksfasen, i følge litteraturstudiet. BAE-næringen står forøvrig for rundt 40 prosent av den globale energibruken (Abergel et al., 2017).

For å redusere klimafotavtrykket så har samtlige case redusert oppvarmingsbehovet. I følge litteraturstudiet ligger det største potensialet for energieffektivisering i kontorbygg gjennom reduksjon av oppvarmingsbehovet. Oppvarmingsbehovet besto av over halve energiforbruket i kontordelen av Vegkontoret i Steinkjer. Bygningskroppen hadde generelt høye u-verdier, lekkasjetallene var høye og det var identifisert flere store kuldebroer. Ikke overraskende fikk bygget energikarakter F og oppvarmingskarakter rød. Det har dessverre ikke lyktes i å innhente energidata for Tempeveien 22, men informantene kunne fortelle at bygget hadde store CO₂-utslipp og et høyt energiforbruk tilknyttet oppvarmingsbehovet. Schweigaards gate 15 hadde på sin side stort vedlikeholdsetterslep på det tekniske anlegget og det bygningstekniske som indikerer at kontorbygget hadde stort potensial for energieffektivisering. I følge litteraturstudiet kan oppvarmingsbehovet reduseres fra rundt 30-40 prosent ned til 5-15 prosent i et konvensjonelt kontorbygg. Klima er også hovedmotivasjonen for at samtlige av casene har valgt å rehabilitere sine respektive bygningsmasse kontra å rive. I følge litteraturstudiet er rehabilitering den mest klimavennlige måten å transformere en lite energieffektiv bygningsmasse.

Resultatene fra casestudie og litteraturstudiet viste at miljøfokus ikke bare går på klima, men også på innemiljø som helse og termisk komfort. Bransjen har fått større fokus på hvordan innemiljø påvirker menneskets produktivitet og hvordan mennesket opplever forholdene som de er omkranset i. Kun små mengder av forurensning i luften påvirker menneskene i bygget siden vi tilbringer store deler av tiden innendørs. Motivasjonen for rehabiliteringen av SVV kontorsted i Steinkjer gikk nettopp på det å forbedre de ansattes innemiljøet gjennom å redusere kaldstrømmer fra vinduene og forbedre ventilasjonsanleggene. Det har ikke blitt funnet ut hvorvidt innemiljø har vært viktig for sammenlikningscasene.

Sekundærmotivasjon – Økonomi

Funnene fra casestudie kunne avsløre at økonomi ofte var den nest største motivasjonsfaktoren for de klimaambisiøse rehabiliteringene. Samtlige informanter hadde økonomi blant topp tre motivasjonsfaktorer. I casestudiet hadde byggene lite energieffektive bygg med høye kostnader i bruksfasen. Aktørene så derfor på energieffektivitet som en potensiell mulighet for å redusere kostnadene i bruksfasen. Siden det er leietaker, og ikke byggeier, som vil få kostnadsbesparelsene av et mer energieffektivt bygg, vil incentivet for energioppgraderingen være å tiltrekke seg leietakere. For private byggeiere som leier ut i det privat næringsliv, vil investeringen av

energioppgraderingen handle om å få høyest mulig leiepriser per kvadratmeter eller best yield. Dette stemmer overens med funnene fra KLP Eiendom og Entra, som begge ønsker å tiltrekke seg nye leietakere til en høyere leiepris. Timingen er i følge Enova et økonomiske hensyn som helst burde forekomme i forbindelse med utskiftning av leietaker. Enova kunne forklare at det er tungvint å rehabilitere midt i en leiekontrakt hvis det innebærer at leietaker blir forstyrret av snekkere og rørleggere. Samtidig kan oppgraderingen føre til reduserte leieinntekter og høyere kostnader for eventuelle erstatningslokaler til leietaker under selve rehabiliteringen. Hensynene med tanke på timing gjør seg absolutt gjeldene for Entras rehabiliteringen av Schweigaards gate 15. Statsbygg som ikke har like sterkt kommersielt fokus, så det likevel som nødvendig å oppgradere bygget for å holde på Statens vegvesen som leietaker i bygget. Eiendomssjefen i Statsbygg kunne meddele at alternativkostnaden for å sitte på et bygg uten leietaker er stor. Resultatene fra litteraturstudiet understreker også at leietaker har stadig fått et større fokus på miljø og energieffektivitet som gir byggherrene/ eiere et stort økonomisk incentiv.

Andre motiv

Resultatene fra litteraturstudiet kunne avsløre at det er både privat- og samfunnsøkonomisk fornuftig å kombinere energioppgraderinger i forbindelse med andre tiltak (Enova, 2012). Det kan i jevne mellomrom være nødvendig eller ønskelig å tilrettelegge for funksjonalitet, tilpasningsdyktighet, universell utforming eller modernisering. Casestudie har avslørt at disse motivasjonsfaktorene absolutt gjorde seg gjeldene for deres respektive rehabiliteringsprosjekter. Selv om tilretteleggingen for fleksibilitet eller tilpasningsdyktighet ikke var hovedmotivasjonene i noen av casene, var motivasjonsfaktorene i aller høyeste grad med på å redusere de økonomiske barrierene for energieffektiviserende tiltak.

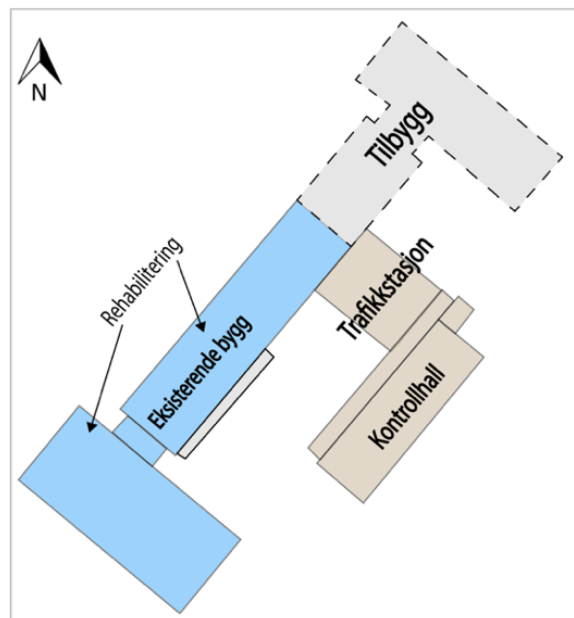
5.3 Kost-/nyttevurderinger i tidlig- og produksjonsfase

Delkapittelet presenterer og analyserer funn fra andre forskningsspørsmål: «*hvordan er kost-/nyttevurderingene i tidlig- og produksjonsfase ved klimaambisiøse rehabilitering?*».

5.3.1 Resultater fra hoved-case

Resultater fra dokumentanalysen, dybdeintervju med prosjektleder og driftsleder kunne informere at Statsbygg kjørte en kost-/nyttevurdering for graden av rehabilitering i tidligfasen. Først vurderte de prosjekterende en «lett energirehabilitering» av Vegkontoret i Steinkjer, herunder etterisolere fasader, skifte ut vinduer og ventilasjon. Lønnsomhetsanalyser ble gjennomført for å vise investeringskostnadene og de påfølgende energi- og kostnadsbesparelsene.

Leietaker ønsket likevel en «dyp energirehabilitering» for å få større, bedre og mer fleksible lokaler med bedre inneklimate som imøtekom datidens standarder. Oppgraderingen skulle blant annet innebære rehabilitering av eksisterende bygningsmasse med et tilhørende tilbygg. Til slutt ble partene enige om en «dyp energirehabilitering» der bygget, eksklusiv trafikkstasjonen og kontrollhallen, ble bestemt oppgradert til passivhusnivå. Leietaker forpliktet seg til å dekke husleien som følge av prosjektet gjennom et såkalt «kurantprosjekt». En oversiktstegning for prosjektet er vist i Figur 23.



Figur 23: Oversiktstegning SVV kontorsted i Steinkjer (egenprodusert)

Videre kunne prosjektleder formidle at Statsbygg gikk inn i et samarbeid med SINTEF Byggforsk for å lage en optimal tiltakspakke for den klimaambisiøse rehabiliteringen. Tiltakspakken ble utarbeidet gjennom Total Concept metoden for å vurdere ulike energieffektiviseringstiltak opp fra TEK10-nivå og videre opp til passivhusnivå. Lønnsomhetsberegningene med rangeringen av de seks vurderte energieffektiviseringstiltakene er vist i Tabell 15.

I følge Total Concept rapporten ville de fem første tiltakene tilfredsstilte byggherres internrentekrav på 4,15 % og ville gi en total energibesparelse på 394 896 kWh/år eller 91,2 kWh/m²/år (antagelsene var basert på 2 prosent økning i energipriser over inflasjonen, 60 år økonomiske levetid og NOK 1 kr for energipris for termisk energi og elektrisitet). Statsbygg valgte likevel å iverksette alle de seks energieffektiviseringstiltakene. Det har ikke blitt oppgitt hvorfor bergvarmepumpen ble installert på tross av at energitiltaket ikke møtte byggherres internrentekrav på 4,15%.

Tabell 15: Lønnsomhetsberegninger for hvert enkelt energitiltak

Energieffektiviseringstiltak	Rank	Intern-rente (%)	Sum intern-rente (%)
Vinduer og dører	1	34,01	34,01
Tak - utvendig isolering	2	9,53	25,6
Behovstyrt LED belysning	3	8,25	16,3
Ventilasjon – fra CAV til DCV	4	5,57	9,32
Vegger - utvendig isolering + tetting	5	-5,58	4,22
Luft-vann varmepumpe til bergvarmepumpe	6	-18	0,78

De prosjekterende vurderte flere forhold knyttet til den klimaambisiøse rehabiliteringen:

1. Rivearbeid: Det ble bestemt å rive nesten hele bygget med unntak av skillevegger, gulvbelegg samt noe kunst på veggene. Disse bygningsdelene ble beholdt for å bevare de de kulturhistoriske verdiene i bygget.
2. Arealeffektivitet: Prosjektleder i Statsbygg fortelle at arealene til tilbygget og kantine ble redusert etter ønsker fra leietaker. Reduksjonen i areal har tilsvarte en kostnadsreduksjon opp mot NOK 20 millioner. Det ferdigstilte bygget på 5.747 m² bruttoareal kunne huse 200 ansatte som tilsvarer et brutto area på 29 m² per ansatt.

3. Planløsning: Det ble nøye vurdert hvordan den nye planløsningen skulle bygge opp under den klimaambisiøse rehabiliteringen. Det ble bestemt at inngangspartiene og gangarealene skulle åpnes opp og gjøres mer publikumsvennlig. Branntekniske tiltak og nye heiser skulle tilfredsstillende kravene til universell utforming og kontorarbeidsplassene skulle tilpasses ulike fremtidige arbeidsformer.

Oversiktstegning av SVV kontorsted i Steinkjer er vist i Figur 23. Bilder av skille mellom det gamle bygget og tilbygget og korridor av SVV kontorsted i Steinkjer er vist i Figur 24.



Figur 24: Skille mellom tilbygget og det gamle bygget og korridor av SVV kontorsted i Steinkjer (foto: A.A. Nysted)

Merkostnaden under rehabiliteringen

Dokumentanalysen kunne informere om at merkostnaden med å gå til fra TEK10-nivå til passivhusnivå var estimert til NOK 12.239.533 kr, eller NOK 2.130 kr per kvadratmeter. Dybdeintervju med prosjektleder kunne fortelle at merkostnaden mest sannsynlig var høyere på grunn av prosjekteringsfeil og kostnader tilknyttet endringsarbeid. For det første var det et avvik mellom de eksisterende tegningene av fundamentet til tilbygget og den faktiske tilstanden til bygget. For det andre var det noe forsinkelser med tanke på lang oppstartsprosess da SVV brakerigg doblet i størrelse sammenliknet med forprosjektet. Det kom også flere endringsønsker fra SVV på slutten av prosjektgjennomføringen vedrørende utomhusområde og selve trafikkstasjonen. Når det kom til grunnforholdene og fundamenteringen, var det visstnok lenger ned til fast fjell enn hva som var beregnet i de geotekniske undersøkelsene. Dette innebar at

installasjonen av bergvarmepumpen ble dyrere. Med veldig mange meter ekstra med fôringsrør var dette et direkte kostnadspåslag. I tillegg ønsket SVV omplanlegging av kontorplanløsningen da det kom ekstra medarbeidere etter ferdigstilt forprosjekt. Forøvrig dekket Statsbygg MNOK 3,2 for midlertidig kontorbrakker samt redusere husleien til leietaker under rehabiliteringen.

For å dekke noe av merkostnaden med å oppgradere til passivhusnivå søkte Statsbygg om Enova-tilskudd. Statsbygg kunne ha søkt på støtte for enkelte energieffektiviseringstiltak, men de søkte på en helhetlig oppgradering fra TEK10-nivå til passivhusnivå. Kriteriene for søknaden var kravene i passivhus-standarden - NS 3700 og 3701 - hvor blant annet u-verdier, varmetapstall og kuldebroer er tydelig definert. Statsbygg fikk gjennomslag for støtte som tilsvarte NOK 2.753.544 kr. I støtten lå det to betingelser: det første var basert på et energimål, det vil si at Enova ikke kan gi støtte utover 3 kroner per sparte kilowatt time. I forprosjektet var det estimert at rehabiliteringen skulle redusere energibruken med 917.800 kWh ($917\ 800 * 3 = 2\ 753\ 544$ kroner). For det andre setter Enova betingelser basert på lønnsomhet. Siden Statens vegvesen er leietaker, vil de få besparelsene gjennom reduserte redusert energibruk og tilhørende kostnader. Enova så det derfor ikke som nødvendig å gi støtte utover betingelsene i energimålet til Statsbygg som byggherre.

Tabell 16: Faktaboks om Statsbyggs rehabiliteringsprosjekt av SVV kontorsted i Steinkjer

Faktaboks			
Eier	Statsbygg	Oppstart	Oktober 2015
Leietaker	Statens vegvesen	Ferdigstilt	November 2016
Entreprenør	HENT	Styringsramme	161.706.250
Arkitekt	Erik Fasvold	Kostnadsramme	171.912.500
Type prosjekt	Rehabilitering + tilbygg	Sluttkostnad	134.747.282
Entrepriseform	Totalentreprise, samspill	Sluttkost/m²	23.447
Bruttoareal	5.747 kvm (4.577 rehab. og 1.170 nybygg)	Dimensjonert arealeffektivitet	29 m ² per ansatt

5.3.2 Resultater fra andre aktører

KLP Eiendom

Resultater fra dybdeintervju eiendomssjef i KLP Eiendom kunne informere om at en kost-/nyttevurdering lå til grunn for å oppgradere Tempeveien 22 til passivhusnivå og sertifiseringen BREEAM Outstanding. Prosjektet fikk både Enova-tilskuddet og tegnet grønne leiekontrakter med daværende leietakere. Resultatene fra dybdeintervju med prosjektleder i KLP Eiendom kunne informere om at oppgraderingen innebar endring av planløsning. Det tekniske anlegget tilrettelegger for å bruke åpent kontorlandskap og å dele opp hver etasje i fire deler. En mer arealeffektiv planløsning har gjort at hver kontoretasje er dimensjonert for 50 arbeidsplasser, som tilsvarende at arealene er dimensjonert for 19 kvadratmeter per ansatt. Under rehabiliteringen budsjetterte KLP Eiendom en reduserte leiepriser og kostnader tilknyttet erstatningslokale. En av leietakerne måtte flytte ut til et midlertidig lokale, mens to av leietakerne ble værende igjen i bygget. Prosjektleder kunne fortelle at kostnadene tilknyttet erstatningslokale og sterkt redusert leiepris gjorde at KLP Eiendom gikk «break-even» i denne perioden.

Entra

Resultatene fra dybdeintervju med prosjektleder i Entra kunne informere om at en «lett energirehabilitering» ville tilfredsstillende energiklasse C med en sertifisering BREEAM Very Good. For å imøtekomme miljøambisjonene til Entra og å tiltrekke seg en stadig mer energibevisste leietakere, var det helt nødvendig å gjøre en «dyp energirehabilitering» opp til passivhusnivå. I forbindelse med oppgraderingen til passivhus vil Entra benytte grønne lån, men det er for tidlig å si om selskapet vil bruke grønne leiekontrakter. Fredningen setter begrensninger for hva som kan gjøres der det er fredet. Effektive og rasjonelle løsninger blir i noen tilfeller byttet ut med dyrere løsninger som tilfredsstillende byantikvarens ønsker. For eksempel er Entra nødt til å gjenbruke enkelte dører, radiatorer og bygningsdeler for å tilbakeføre de vernede arealene til den standarden de opprinnelig var.

I forbindelse med den klimaambisiøse rehabiliteringen ønsker Entra et mer arealeffektivt bygg. Aktivitetsbaserte og landskapsbaserte løsninger i kontorarealene gjør at Entra har prosjektert 15 kvadratmeter per ansatt. Tidligere besto bygget av cellekontorer som er mye mindre arealeffektivt enn dagens prosjekterte landskaps- og aktivitetsbaserte løsninger. Coworking-soner og felles

møterommssenter er andre arelaeffektiviseringstiltak gjør at bygget vil få mange flere arbeidstakere per kvadratmeter.

Enova

Dybdeintervju med Seniorrådgiver i Enova kunne fortelle at markedet har kommet opp med en del insentiv, støtteordninger for å redusere den økonomiske barrieren med å oppgradere byggene til høyere energistandard som grønne lån, grønn finansiering og Enova-tilskudd. Videre kunne informanten informere om at dagens lovverk skifter mot en mer energieffektiv bygningsmasse. De byggetekniske forskriftene omhandler mange krav til bygg, blant annet universell utforming, inneklima og energibruk. Kravene i TEK revideres relativt ofte og gjelder både for nybygg og ved omfattende rehabiliteringer. I tillegg er det slik at kravene i TEK påvirker hva som omsettes og med det hvilke produkter leverandørene tilbyr. For eksempel påvirker kravene i TEK hvilke vinduer som leverandørene utvikler og produserer. Mye av den samme effekten er det Enova ønsker å oppnå ved å tilbyr støtte til tiltak i eksisterende bygg forutsatt at tiltakene tilfredsstiller deres minstekrav.

5.3.3 Resultater fra litteraturstudiet

Resultatene fra litteraturstudiet kan avsløre at kostnadene i tidligfase er små sett fra et livssyklusperspektiv, men vurderingene gjort i denne fasen er avgjørende for fremtidige kostnader. Kostnadene øker raskt i produksjonsfasen, mye på grunn av kostnader tilknyttet selve byggingen. Det er usikkert hva merkosten for å oppgradere bygg fra TEK10-nivå til passivhusnivå, men den er sjeldent over 10 prosent. Med Norges ambisjonsnivå for å bli et lavutslippssamfunn vil byggeteknisk forskrift være lik kriteriene i passivhus.

Planløsningen og arealeffektivitet har lite å si for byggekostnaden, men er en viktig bidragsyter til byggets energibruk. Organisering av funksjoner og areal kan optimalisere energibruken blant annet gjennom solvarme, dagslys, vind og termisk oppdrift for ventilasjon og kjøling. Det samme gjelder plassering av rom på en fornuftig måte slik at internvarmen utnyttes og varmetapet reduseres.

Kostnadene i denne fasen er estimert til være den største barrieren for å rehabilitere den eksisterende bygningsmassen. Det velkjente «eie-leie» problemet går ut på at det er huseier som bokfører investeringskostnadene for rehabiliteringen, mens leietaker får alle gevinstene i form av reduserte energiutgifter. Samtidig kan byggeprosessen kan medføre stans, eller redusert drift, i

virksomheten som igjen kan resultere i lavere påfølgende leieinntekter. I verste fall er utbygger nødt til å finne et midlertid lokale for leietakerne. Spesielle forhold som å tilrettelegge for Kulturminneloven (KML) vil gi et direkte kostnadspåslag i tidlig- og produksjonsfase. Fredet og verneverdige bygninger vil gjøre energioppgraderinger mer komplekse og sette begrensinger for hvilke tiltak som er lovlig å utføre. Kostnadspåslaget vil variere basert på verneklasse og hvilke tiltak som det er lov til å iverksette. Byggherre kan søke om dispensasjon for tilrettelegging av tiltak som er for kostnadskrevende. For å redusere barrieren i tidlig- og produksjonsfase, tilbyr markedet en rekke insentiv og støtteordninger. Eksempler på incentiver og støtteordninger er grønn finansiering, grønne leiekontrakter og Enova tilskudd. En skattemessig modell som vi ikke har i Norge er det såkalte ROT-fradraget.

5.3.4 Diskusjon

Hovedfunnene vedrørende kost-/nyttevurderinger i tidlig- og produksjonsfase for klimaambisiøs rehabilitering har blitt listet opp i Tabell 17. Disse funnene skal analyseres og undersøkes nærmere i dette delkapittelet.

Tabell 17: Kost-/nyttevurderinger i tidlig- og produksjonsfase

	SVV	Tempeveien	Sch. gate 15
Merkost TEK10 - PH	2.130kr/m ² , (9 %)	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt
Sertifisering	Ingen	BREEAM Outstanding	BREEAM Very Good
Enova-tilskudd	Ja	Ja	Ja
Grønne leiekontrakter	Nei	Ja	Vurderer
Grønn finans	Nei	Nei	Ja
Erstatningslokale	Ja	Ja	Nei
Arealeffektivitet	29 m ²	19 m ²	15 m ²
Spesielle kostnader	Bergvarmepumpe og endringsønsker	Ingen spesielle kostnader	Arealeffektivitet og Kulturminne

Merkosten av rehabiliteringen til passivhusnivå

Resultatene fra Statsbyggs rehabilitering av SVV kontorsted i Steinkjer kunne avsløre at merkostnaden med å gå til fra TEK10-nivå til passivhusnivå var estimert til NOK 12.239.533 kr, eller NOK 2.130 kr per kvadratmeter. Med en sluttkostnad for prosjektet på NOK 134.747.282 kr tilsvarer merkostnaden av passivhusrehabiliteringen 9 prosent ($12.239.533/134.747.282 =$

9%). Merkostnaden på ni prosent er innenfor resultatene fra litteratur som estimerte at kostnadene for passivhusrehabilitering sjeldent overstiger 10 prosent.

På et eller annet tidspunkt vil gapet mellom byggeteknisk forskrift og passivhus være tettet. Dette kommer av Norges stadige høyere krav til energieffektivitet med mål om å bli et lavutslippssamfunn i 2050. Kravene i byggeteknisk forskrift revideres jevnlig med strengere energikrav på bygningskroppen, teknisk anlegg og oppvarmingssystemer. Hvor mye dette vil koste samfunnet i kroner og øre er derimot svært usikkert.

Tabell 17 viser at både Statsbygg og Enova har spesielle kostnader tilknyttet deres respektive rehabiliteringsprosjekt. Disse merkostnadene er likevel ikke tilknyttet merkostnaden til passivhusnivå, men heller tilknyttet rehabiliteringen generelt. Statsbygg hadde på sin side prosjekteringsfeil som medførte endringsarbeid og tilhørende kostnader, og Entra må tilrettelegge for kulturminneloven som er et direkte kostnadspåslag i tidlig- og produksjonsfasen. Det samme gjelder kostnadene tilknyttet erstatningslokaler for midlertidig kontorbrakker. Statsbygg og KLP Eiendom har begge kostnader tilknyttet erstatningslokale, men disse kostnadene er heller ikke tilknyttet merkostnaden fra TEK10-nivå opp til passivhusnivå.

Enova-tilskudd, grønne lån og grønn finansiering

Tabell 17 viser at samtlige caseobjekter benyttet seg av incentiv- og/eller støtteordninger. Enova-tilskudd er noe alle caseobjektene har benyttet seg av. I forbindelse med rehabiliteringen av SVV kontorsted i Steinkjer var tilskuddet på NOK 2.753.544 kr, eller 23 prosent av merkostnaden for passivhusrehabiliteringen. Det har ikke blitt oppgitt hva sammenlikningscasene fikk i støtte, men med betingelsene fra Enova er det naturlig å estimere at den prosentvise tilskuddet var tilnærmet likt for oppgraderingen fra TEK10-nivå opp mot passivhusnivå.

Resultatene har vist at både KLP Eiendom og Entra har benyttet eller vil benytte seg av grønne leiekontrakter. SVV forpliktet seg på sin side å dekke husleien som følge av prosjektet gjennom et såkalt «kurantprosjekt». Grønne leiekontrakter og kurantprosjekt virker å ha en tilnærmet lik modell der leietaker forplikter seg å betale høyere husleie mot at huseier oppgraderer til en høyere energistandard, men har ingen betydning for kostnadene. Incentivet som derimot har direkte påvirkning på investeringskostnaden er bruken av grønn finansiering. Tabell 17 viser at Enova har benyttet seg av dette incentivet, men det stilles spørsmålstegn hvorfor KLP Eiendom ikke har gjort

det tilsvarende selv om de er et datterselskap til et stort pensjons- og forsikringsselskap som naturlig vil ha tilstrekkelig med egenkapital. En reduksjon i finanskostnaden er naturlig en viktig bidragsyter til prosjektets lønnsomhet og er et viktig incentiv til å bidra for at Norge skal nå nasjonale- og internasjonale klimamål.

Planløsning og arealeffektivitet

En del av å rehabilitere til et klimaambisiøst nivå handler om smart planløsning og arealeffektive lokaler. Her er det for det første mye å spare. Resultatene fra SVV kontorsted i Steinkjer kunne avsløre at reduksjonen i areal har tilsvarte en besparelse opp mot NOK 20 millioner. For det andre har planløsning og arealeffektivitet mye å si for energi- og kostnadsbesparelsene i bruksfasen.

Tabell 17 viser at arealeffektiviteten for SVV kontorsted i Steinkjer, Tempeveien 22 og Schweigaards gate 15 er dimensjonert på henholdsvis 29 m² per ansatt, 19 m² per ansatt og 15 m² per ansatt. Med fraflyttingen av 60 ansatte for SVV kontorsted i Steinkjer har det i dag en arealeffektivitet på 41 m² per ansatt. Siden mennesker er en del av byggets internlast, bidrar menneskene til å redusere oppvarmingsbehovet i bygg. Det er ingen tvil om Statsbygg burde ha dimensjonert for mer arealeffektive lokaler med dagens situasjon. Uansett så ser det ut som Statsbygg tar arealeffektivitet på alvor med arealnormen på 23 m² per ansatt som kom ut i 2016 (Statsbygg, 2016).

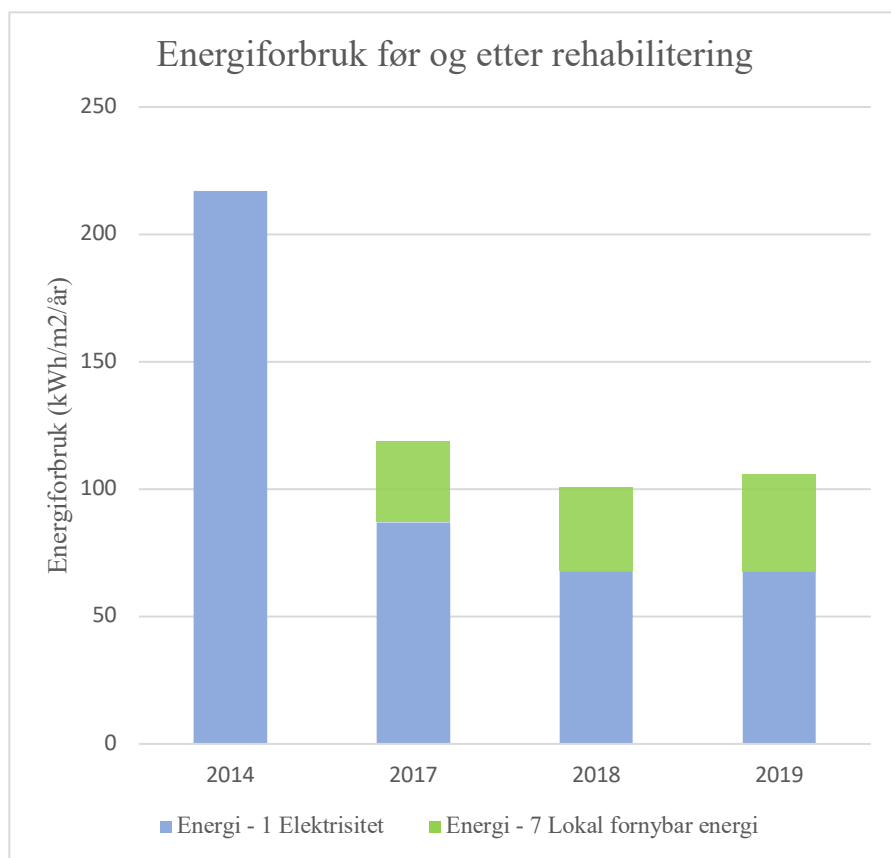
5.4 Kostnader i bruksfasen og restverdi

Delkapittelet presenterer funn fra tredje forskningsspørsmål: «hvilke påvirkning har klimaambisiøs rehabilitering for kostnadene i bruksfasen og byggets restverdi?»

5.4.1 Resultater fra hoved-case

Energibruken

Det har blitt gjort dokumentanalyse av energidata for SVV kontorsted i Steinkjer. Resultatene avdekker at beregnet levert energi før rehabiliteringen tilsvarte 1.233.832 kWh/år. Målt energiforbruk etter rehabiliteringen for 2017, 2018 og 2019 er på henholdsvis 742,777kWh, 629,808 kWh og 662,189 kWh. Energiforsyningen gikk fra å være heldekket elektrisitet til rundt to tredjedeler elektrisitet og en tredjedel lokal fornybar energi. Funnene av energiforbruket har gjort det mulig å datavisualisere energibruken i et stolpediagrammet, vist i Figur 25. Beregningene er basert på oppvarmet BRA før og etter rehabiliteringen på henholdsvis 5.685 m² og 6.257 m².



Figur 25: Energiforbruk før og etter rehabiliteringen av SVV kontorsted i Steinkjer (egenprodusert)

Dybdeintervju med driftssjef for SVV kontorsted i Steinkjer kunne avdekke at energibruken har blitt redusert til passivhusnivå, eksklusiv kontrollhall og trafikkstasjon. Hadde det ikke vært for disse arealene hadde energibruket sannsynligvis vært mellom 80-90 kWh/m²/år. Oppgraderingen til passivhus har gjort at energiforbruket hovedsakelig er tilknyttet teknisk utstyr (kontormaskiner, ladere, styringssystemer) og belysning. Driftssjefen kunne videre fortelle at hovedtavlen, som målte energibruken til 119 kWh/m², var kunstig høyt for driftsåret 2017. Dette kom av innkjøringsfasen bygget hadde etter ferdigstillelse med å justere ventilasjonsanlegg, radiatorer og temperaturen. Driftspersonell klarte å optimalisere energibruken i driftsåret 2018 til 101 kWh/m².

Energibruken gikk opp i driftsåret 2019 til 106 kWh/m². Økningen i energiforbruk var tilknyttet lokale fornybare energi fra varmpumpen. Driftssjefen fortalte at arbeidsstokken, på totalt 200 ansatte, ble redusert med 60 personer i denne perioden. Med mindre internlast er bergvarmpumpen nødt til å kompensere for oppvarmingsbehovet som tidligere var dekket av oppvarming fra mennesker og maskiner.

Energieffektiviseringstiltakene

Prosjektleder i Statsbygg kunne informere om at det hovedsakelig var seks energieffektiviseringstiltak som bidro til å redusere energiforbruket til dagens nivåer. Disse energieffektiviseringstiltakene, beskrevet i Total concept rapporten utarbeidet av SINTEF Byggforsk, tar avslører investeringskostnaden for hvert enkelt energieffektiviseringstiltak og de påfølgende kostnadsbesparelsene for forskjellen mellom TEK10-nivå og passivhusstandard.

Resultatene fra Total concept rapporten kunne avsløre at utskiftninger av vinduer og dører hadde en investeringskostnad på NOK 109.600 kr med en påfølgende kostnadsbesparelse på NOK 35.100 kr. De andre passive tiltakene, etterisolering av tak og vegger, ble estimert til å ha en investeringskostnad på henholdsvis NOK 58.700 kr og NOK 1.037.635 kr med en påfølgende årlig kostnadsbesparelse på henholdsvis NOK 4.680 kr og NOK 3.510 kr.

Investeringskostnaden for å skifte ut tradisjonell belysning til LED-belysning var estimert til å være NOK 286.000 kr med en påfølgende kostnadsbesparelse på NOK 24.930 kr. Driftssjefen kunne fortelle lysbrytere, før rehabiliteringen, sjeldent ble slått av og var en stor kilde for den totale energibruken. Oppgraderingen til behovsstyrt LED belysningen vil halvere energibehovet til belysning mye på grunn av at lysarmaturene har tilstedeværelse og dagslysstyring. I tillegg

innebærer energieffektiviseringstiltaket et redusert vedlikeholdsbehov, med færre utskiftningen av lyspærer. Besparelsene er estimert til gi NOK 5.000 kr per år.

Investeringskostnaden for å oppgradere til behovsstyrt ventilasjon var estimert til å være NOK 133.500.000 kr med en påfølgende kostnadsbesparelse på NOK 116.550 kr. Med behovsstyrt ventilasjon har ventilasjonsaggregatene trykkstyrt VAV soner som regulerer luftmengden etter tilstedeværelse i kontorene. Med høy tilstedeværelse tilføres det høye luftmengder og motsatt med lav tilstedeværelse. Ved å bytte ut ventilasjonsanlegget som var basert på konstant luftmengder (CAV) til variable luftmengden og behovsstyrt ventilasjon (DCV) har luftmengden blitt redusert både i og utenfor driftstiden. Varmevexleren får opp til 30 prosent høyere virkningsgrad, og gjennomsnittlig SFP faktor for anleggene har blitt mer enn halvert.

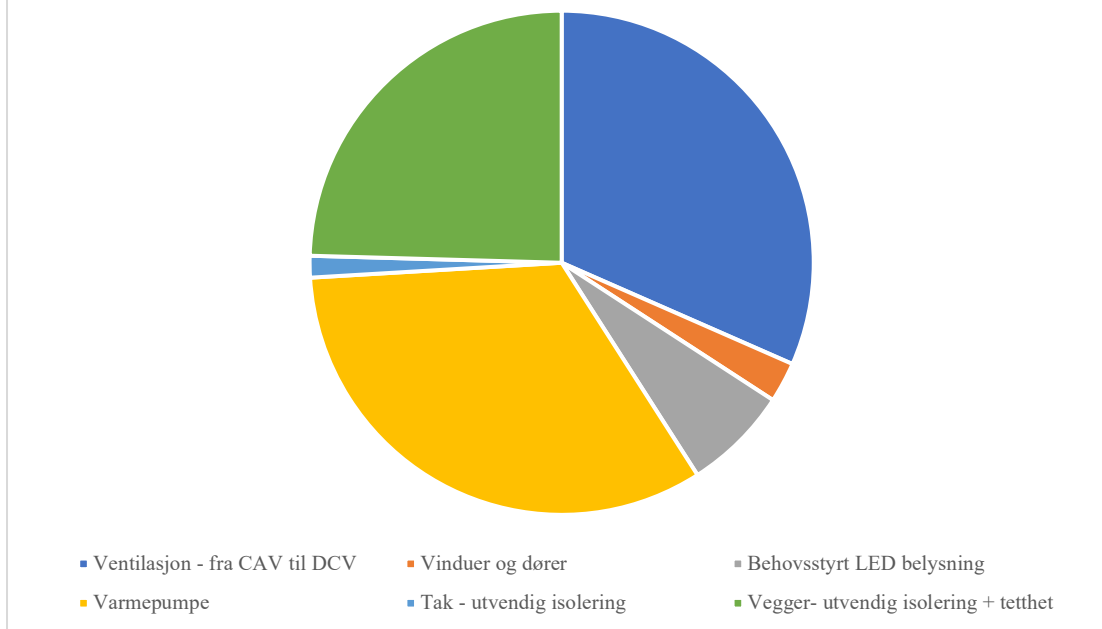
Investeringskostnaden for å oppgradere energikilden fra luft-vann varmepumpe til en bergvarmepumpe var estimert til å være NOK 1.400.000 kr med en påfølgende kostnadsbesparelse på NOK 5.850 kr. Det ble installert en bergvarmepumpe med fire trinn der effekten justeres etter energi. Bergvarmepumpe har en COP-faktor på 2,7-3. Spisslasten for det resterende oppvarmingssystemet er dekket av en elektrokjel. Illustrasjon av oppvarmingssystemet er vist i Figur 26.



Figur 26: Illustrasjonene viser hovedtavle (t.v.), oppvarmingssystemet (t.m.) og kontrollhall (t.h.) (foto: A. A. Nysted)

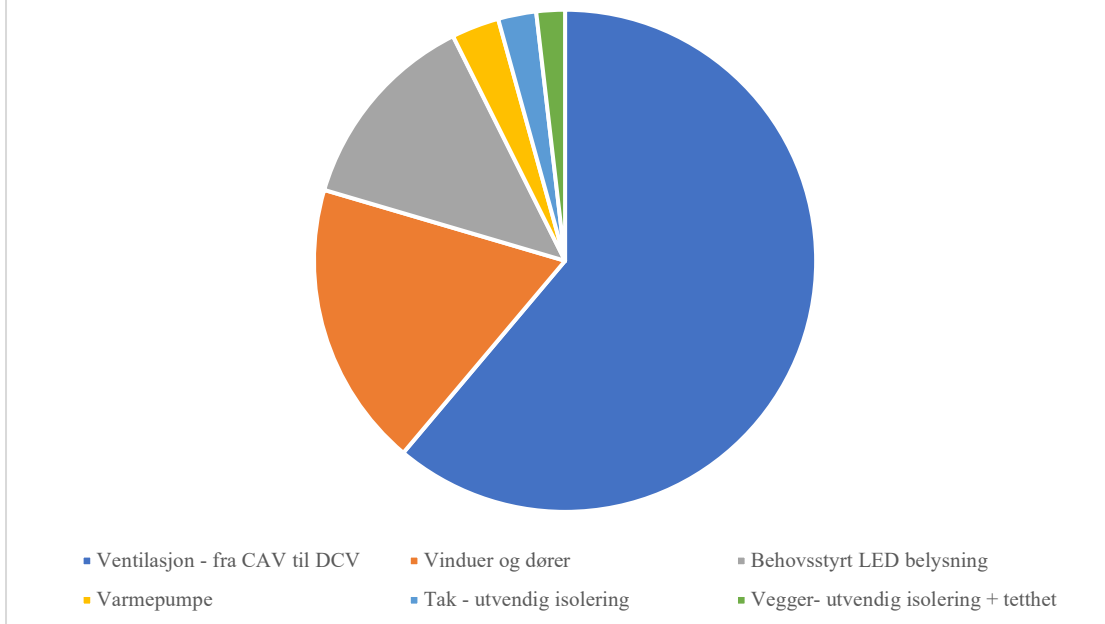
Basert på den ovennevnte informasjonen og data har det vært mulig å visualisere funnene ved hjelp av kakediagram. Investeringskostnadene og de påfølgende energi- og kostnadsbesparelsene for de seks energieffektiviseringstiltakene ved å oppgradere fra TEK10-nivå til passivhusnivå, er vist i Figur 27, Figur 28 og Figur 29.

Investeringskost oppgradering TEK10 til PH

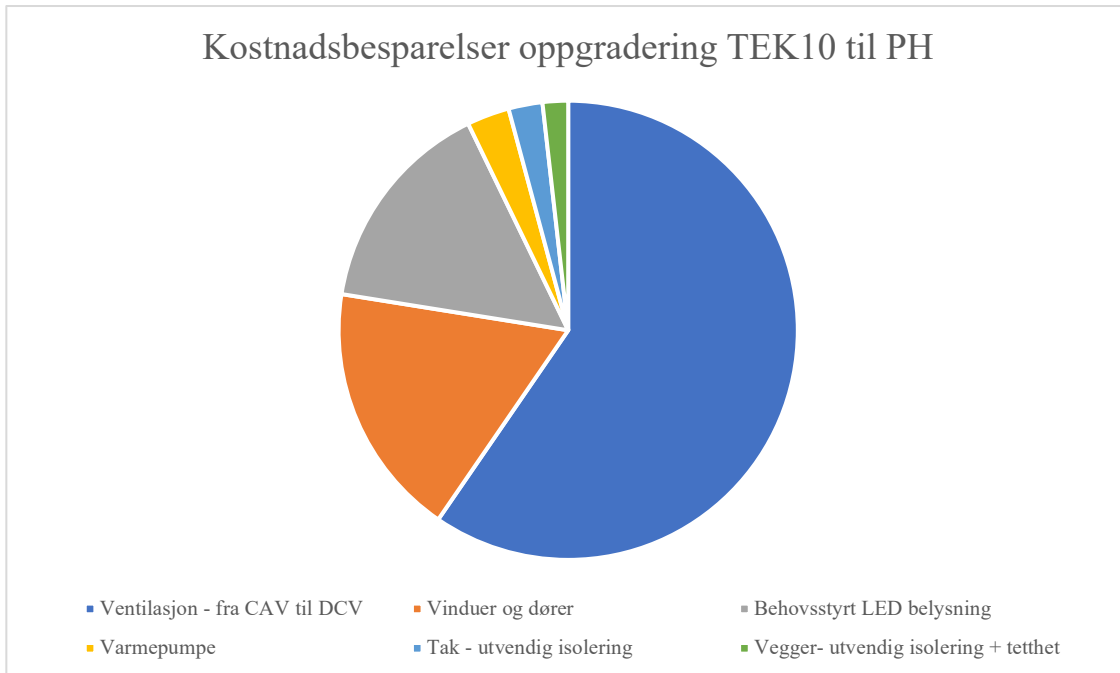


Figur 27: Investeringskostnad ved å oppgradere fra TEK10 til passivhusnivå (egenprodusert)

Energibesparelser oppgradering TEK10 til PH



Figur 28: Energibesparelser ved å oppgradere fra TEK10 til passivhusnivå (egenprodusert)



Figur 29: Kostnadsbesparelser ved å oppgradere fra TEK10 til passivhusnivå (egenprodusert)

Restverdi

Det har ikke blitt oppgitt restverdien av SVV kontorsted i Steinkjer. Statens husleieordning er i stor grad er påvirket av byggets restverdi, og det har vært naturlig å analysere husleiekontrakten mellom Statsbygg og Statens Vegvesen for leie av Statens vegvesen kontorsted Steinkjer. Dokumentstudiet kunne avsløre at husleien var på NOK 6.027.304 kr per år, eksklusiv moms før rehabiliteringen og økte til NOK 9.641.000 kr etter rehabiliteringen. Dette tilsvarer en husleie per kvadratmeter på henholdsvis 1.317 kr/m² og 1.678 kr/m². Leieperiode ved overtagelse var på 20 år. Inklusiv i husleien er parkeringsplasser på tomten. Leietaker må betale NOK 43 kr per kvadratmeter per år for indre vedlikehold. I tillegg leietaker betale for bruks avhengige driftskostnader.

5.4.2 Resultater fra andre aktører

KLP Eiendom

Resultatene fra dybdeintervju med prosjektleder i KLP Eiendom kunne informere om at energibruken for Tempeveien 22 ble kraftig redusert. Nøyaktige måler fikk jeg dessverre ikke tilgang på, men prosjektleder kunne fortelle at bygget i dag tilsvarer passivhusnivå og energimerke A. De energieffektive tiltakene var viktige bidragsyttere til energireduksjonen. Passive tiltak på bygningskroppen og oppgradering av teknisk anlegg ga store energi- og kostnadsbesparelser. De passive energitiltak og oppgradering av teknisk anlegg ville ikke i seg selv imøtekommet miljøambisjonene til KLP Eiendom så de prosjekterende, sammen med entreprenører og rådgivere, bestemte seg for å investere i solceller på sørsiden og på taket.

Prosjektleder kunne videre fortelle at en kost-/nyttevurdering ble gjort i forhold til tilrettelegging for selvstyring og automatisering. Vurderingene av ulike målere og sensorer ble tatt i samarbeid med driftsavdelingen der det ble bestemt at bygget skulle bli et høyteknologisk bygg. Målere, såkalte PowerTags, får inn all inndata for strøm, vannforbruk og ventilasjon slik at energi- og kostnadsbesparelsene blir så høye som mulig.

Dybdeintervju med eiendomssjefen i KLP Eiendom kunne fortelle at dagens energistandard er hovedårsaken til at Tempeveien 22 har økt den gjennomsnittlige leiepris per kvadratmeter for kontorlokalene fra NOK 1.200 kr til NOK 1.900-2.000 kr eksklusiv moms. Eiendomssjefen i KLP Eiendom opplever at markedet ofte ikke er villig til å betale den merkostnaden ved å flytte inn i et klimaambisiøst bygg kontra et vanlig tradisjonelt bygg. I dagens marked vil ikke husleiene reflektere investeringskostnaden ved å bygge det klimaambisiøse bygget der beliggenhet er den viktigste prisdriveren for leieprisene. Man skal likevel ikke se bort ifra at merverdiene av klimaambisiøse bygg vil forandre seg i fremtiden. Merverdiene av et klimaambisiøse bygg gjør seg mer gjeldene som et investeringsobjekt. Restverdien av miljøbygg slår positivt ut den dagen selskapene skal selge byggene og vil derfor være en viktig faktor i beslutningsgrunlaget for rehabiliteringen. KLP har selv en handlingsregel som sier at de ikke kjøper bygg med mindre byggene er sertifisert BREEAM-NOR Very Good eller BREEAM Excellent.

Entra

Rehabiliteringen av Schweigaards gate 15 vil være ferdigstilt i 2022 og det har derfor ikke vært mulig å finne energibesparelser for rehabiliteringen. Likevel kunne dybdeintervju med prosjektleder i Entra informere om at de passive tiltakene ville utgjøre små energi- og kostnadsbesparelser, så oppgradering av teknisk anlegg er nødvendig for å oppnå minimumskravene for totalrehabilitering. Prosjektleder kunne informere om at prosjektet fortsatt er i tidligfase hvor de prosjekterende kjører kost-/nyttevurderinger av ulike tekniske tiltak som installasjon av en varmpumpeløsning og å sette på solceller på sydsiden av taket. Vurderingene av høye investeringskostnader blir veid mot energi- og kostnadsbesparelser i bruksfasen. Disse besparelsene vil påvirke leieprisen for kontorlokalene samt øke restverdien til bygget.

Prosjektleder for Entra fortalte videre at arealeffektivitet og fleksibilitet er andre faktorer som er med på å øke leieprisen i dette bygget. Fleksible lokaler gjøre det også lettere å endre funksjonelle krav fra nye leietakere uten et større kostnadspåslag. Denne egenskapen er et stort konkurransefortrinn i dagens marked.

Enova

Seniorrådgiver i Enova forteller at energibruken kan reduseres ganske mye ved en klimaambisiøs rehabilitering – helt opp mot 50 prosent. Hvor mye energibruken kan reduseres avhengig selvfølgelig av førtilstand. Energieffektive bygg vil igjen være utslagsgivende for hvilken restverdi byggene har ved et eventuelt salg. Enova forteller at restverdien av klimaambisiøse bygg spiller en stor rolle i dagnes marked. For eksempel er restverdien viktig for forsikrings- eller pensjonsselskaper som skal forvalte midlene sine på en best mulig måte sett fra et avkastnings- og risikoperspektiv. Eiendom er forøvrig en langsiktig aktivaklasse som gjør det attraktivt for slike selskaper å plassere kapitalen sin i eiendom.

5.4.3 Resultater fra litteraturstudiet

Resultater fra litteraturstudiet anslår at forvaltning-, drift-, vedlikehold-, og utviklingskostnadene kan utgjør opp mot 50 prosent av totale levetidskostnader. Forvaltning og drift utgjør rundt en tredjedel av de totale FDVU-kostnadene.

Kontorbygg har det neste største tekniske potensialet for energieffektivitet i næringsbygg. Energibruken for denne bygingskategorien - som har en gjennomsnittlig energiforbruk på 179

kWh/m²/år - kan hovedsakelig vil reduseres gjennom passive energieffektiviseringstiltak. Disse tiltakene vil redusere oppvarmingsbehovet som er den største energikilden i gjennomsnittlige bygninger. Typiske passive tiltak er etterisolering av tak, vegger og gulv, utskiftning av vinduer og dører samt tetting av eksisterende dører og vinduer. For et best og mest økonomisk lønnsomt resultat anbefales det å etterisolere jevnt over bygningskroppen, unngå kuldebroer og heller isolere vegger enn tak.

Når oppvarmingsbehovet er redusert, vil potensialet for energieffektivisering ligge i oppgradering av teknisk anlegg. Ventilasjon og klimaanlegg utgjør omtrent en tredjedel av det totale energibruket i norske bygg. Et populært alternativ er installasjon av balansert ventilasjon som gir god temperaturkomfort og redusert energibruk. Sensorer, målere og automatisering kan være tilknyttet teknisk anlegg og bidra til å optimalisere energibruken.

Det siste energieffektive tiltakene som burde gjennomføres er oppgradering av oppvarmingssystemet. Her er det stor forskjell på energibruken både når det kommer til effektivitet og om energien er fornybar eller ikke. Siden oljekjel ble forbudt fra 2020, er varmpumper et populært alternativ. En væske-til-vann-varmpumpe vil redusere energibruken sammenliknet med strøm og gir en jevn varme i helle bygget som både er godt for innemiljøet og for økonomien.

Resultatene fra litteraturstudiet viser at hvert energieffektiviseringstiltak er mer lønnsomt dersom tiltaket utføres i sammenheng med andre energieffektiviseringstiltak. Desto dårlige energieffektivitet bygget, jo mer lønnsomt vil tiltaket være.

Leieinntektene og restverdien er høyere for energieffektive bygg. Rundt en tredjedel av leietakerne i det private næringsliv er villig til å betale mellom 4-6 prosent mer i leie for bygg med dokumentert høyere inneklimate, mens inntil 25 prosent er villige til å tegne seg for høyere husleie hvis de får lavere energipriser. Leieinntektene har en direkte påvirkning på eiendommens restverdi – den andre faktoren er en direkteavkastning som hovedsakelig er påvirket er eiendommens beliggenhet. I tillegg har egenkapitalinvestorer, banker og forsikringsselskaper har begynt å redusere risikoen for klimaambisiøse bygg som igjen reduserer avkastningskravet for å investere i slike bygg.

5.4.4 Diskusjon

Hovedfunnene fra hvilken påvirkning har klimaambisiøse bygg på kostnadene og den generelle verdisettingen av eiendommen, har blitt listet opp i Tabell 18. Disse funnene skal analyseres og undersøkes nærmere i dette delkapittelet.

Tabell 18: Kost-/nyttevurderinger i bruks- og avhendingsfase

	SVV	Andre aktører	Litteraturstudiet
Energibesparelser	Litt over 50 %	Rundt 50 %	Litt under 50 %
Fornybare energikilder	Ja	Ja	n/a
Prioritering av energieffektive tiltak	1. Passive tiltak 2. Teknisk anlegg 3. Oppvarmingssystem	1. Passive tiltak 2. Teknisk anlegg 3. Oppvarmingssystem	1. Passive tiltak 2. Teknisk anlegg 3. Oppvarmingssystem
Reduserte ved.kost.	Lys	Data ikke funnet	n/a
Økning i leie	27 %	Rundt 50 %	n/a
Restverdi	Data ikke funnet	Data ikke funnet	Ikke funnet data

Beregningene

Stolpediagrammet i Figur 25, sammenliknet beregnet levert energi for rehabiliteringen av SVV kontorsted i Steinkjer med målte verdier etter ferdigstillelse. Beregnet levert energi har brukt inndata for energimerkingen, og det er stor sannsynlighet for at energibruken som fremkommer av energisimuleringen har et lite avvik fra faktisk energiforbruk.

Den samme problematikken gjør seg gjeldene i lønnsomhetsberegningene utredet i Total Concept rapporten for Vegkontoret i Steinkjer. Lønnsomhetsberegningene har tatt utgangspunkt i inndata for energieffektiviseringstiltakene som energiprisøkning, energipriser og økonomisk levetid. Selv om et lite avvik fra inndata måtte finne sted, er det stor sannsynlighet for at verdiene gir en representativ oversikt for investeringskostnadene og de påfølgende energi- og kostnadsbesparelsene. Figur 27, Figur 28 og Figur 29 er en prosentvis presentasjon av investeringskostnaden, energibesparelser og kostnadsbesparelser for ulike energieffektive tiltak fra TEK10 til passivhusnivå og kan brukes som sammenlikningsgrunnlag.

Energibruk

Energibruken for SVV kontorsted i Steinkjer har blitt datavisualisert i stolpediagrammet i Figur 25. Her ser man at den totale energibruken ble redusert fra 1.233.832 kWh/år til 629,808 kWh/år for driftsåret 2018, og tilsvarer en 51 prosent reduksjon. Energibruken per kvadratmeter ble redusert i samme periode fra 217 kWh/m²/år til 101 kWh/m²/år, som tilsvarer en 54 prosent reduksjon. Avviket mellom den total energibruk og energibruk per kvadratmeter kommer av at oppvarmet areal BRA økte med på 572 kvadratmeter (6.257 m² - 5.685 m²) under rehabiliteringen.

Energibruken i perioden 2014 til 2018 har dermed blitt redusert med 604.024 kWh. Hvis energikildene hadde vært lik før og etter rehabiliteringen, ville SVV kontorsted i Steinkjer ha spart 471.139 kroner i energikostnader. Disse estimatene er anslår en kraftpris inklusiv avgifter på 78 øre/kWh (604.024 kWh * 0,78 øre/kWh = 471.139 kroner). Energibesparelsene for rehabiliteringen er likevel høyere fordi en tredjedel av energikilden er tilknyttet fornybar energi fra varmpumpen. Med en effektfaktoren på 2,7-3 betyr at varmpumpen produserer opp mot tre ganger mer enn varmpumpen forbruker av energi (det gjøres likevel oppmerksom på at varmpumpen også bruker noe elektrisitet for å være operativ). Med et kjapt oversalg på en total energibesparelse på 750.000 kWh, har energikostnadene blitt redusert med 585.500 kroner. Dette tilsvarer over en halvering (energikostnadene før rehabiliteringen på 958.841 kroner) i energikostnader.

Hvor mye av energibesparelsene som er tilknyttet oppgraderingen fra TEK10-nivå passivhusnivå kan estimeres med samme regnemetode. SINTEF Byggforsk estimerte i sin Total Concept rapport at levert energi fra TEK10 til passivhusnivå ville redusere energibruken med 47,4 kWh/m²/år. Siden oppvarmet areal BRA er 6.257 m² vil reduksjonen av levert energi tilsvare 296.582 kWh og en kostnadsbesparelse for redusert energibruk 231.333 kroner. Siden merkostnaden med å gå fra TEK10 til passivhus var 12.239.533 kroner, vil reduksjonen i energibruk fra TEK10 til passivhusnivå ha en tilbakebetalingstid på over 50 år. Det har dessverre ikke vært mulig å innhente energidata fra de andre caseobjektene.

Energieffektive tiltak

Tabell 18 viser at samtlige aktører har prioritert energieffektive tiltak i samme rekkefølge. Utskiftning av vinduer og dører var det mest energieffektive tiltaket for både Statsbygg og KLP

Eiendom sine prosjekter, på grunn av det inverse forholdet mellom investeringskostnader og høye energi- og kostnadsbesparelsene i bruksfasen. Entra skiftet ut vinduer kort tid før totalrehabiliteringen av Schweigaards gate 15 og de ser derfor ikke det som hensiktsmessig å skifte vinduene på nytt.

Kakediagrammene vist i Figur 28 og Figur 29 viser at både etterisolering av vegger og tak har lave kostnadsbesparelser i bruksfasen, men at etterisolering av vegger har 18 ganger så høy investeringskostnad enn etterisolering av tak. Resultatene som fremkommer av lønnsomhet beregningene motsier resultatene fra litteraturstudiet som anbefaler å isolere vegger over tak. Hvorfor litteraturstudiet anbefaler å isolere vegger kommer mest sannsynligvis av at vegger har en større flate i areal som igjen gir større potensiale for energieffektivisering. Prosjektleder i Entra kunne informere om at de ikke ville etterisolere veggene. Dette kommer hovedsakelig av at etterisolere murveggene kan by på uønskede problemer og at tiltaket kun vil gi små utslag på energi- og kostnadene i bruksfasen.

Når oppvarmingsbehovet er redusert, vil et stort potensial for energieffektivisering ligge i oppgradering av teknisk anlegg. Figur 27, Figur 28 og Figur 29 viser at oppgraderingen til behovsstyrt ventilasjon (DCV) har en stor investeringskostnad, men vil gi betydelige energi- og kostnadsbesparelser i bruksfasen. Resultatene fra litteraturstudiet viser også til at ventilasjonsanlegg er en primær bidragsyter til den totale energibruken i norske bygg. Hvis energieffektiviteten skal forbedres vil et energieffektivitet ventilasjonsanlegg være helt nødvendig. Den samme slutningen ble trukket av Entra da de innså at de byggetekniske tiltakene kun ville oppgradere bygget til energiklasse C. Merkostnaden med å oppgradere det teknisk anlegget er stor, men oppgraderingen vil være en stor bidragsyter til at Schweigaards gate 15 imøtekommer kravene til BREEAM Very Good.

Figur 27, Figur 28 og Figur 29 viser også at oppgraderingen til behovsstyrt LED belysningen har relativt lave investeringskostnader, men stort potensial for energi- og kostnadsbesparelser. Det er funnet lite resultater om de andre casene, men det vil være naturlig å estimere at prosjektene vil erfare tilnærmet lik handlingsforløp forutsatt at den opprinnelige belysningen var lite energieffektiv. LED belysning kan halvere energibruken i tillegg til å redusere vedlikeholdsbehovet med færre utskiftninger av lyspærer.

Når oppvarmingsbehovet er redusert og teknisk anlegg er oppgradert, vil oppgraderingen av oppvarmingssystemet kun gi begrensede energi- og kostnadsbesparelser. Dette er illustrert i kakediagrammene i Figur 28 og Figur 29. Samtidig er det tilknyttet høye investeringskostnader til dette energieffektiviseringstiltaket som vist i Figur 27. Et inverst forhold mellom store investeringskostnader og laver energi- og kostnadsbesparelser gjør dette energieffektiviseringstiltaket til det minst attraktive. Man kan derfor stille spørsmålstegn med hvorfor dette tiltaket likevel ble gjennomført. Årsakene kan være tilknyttet andre faktorer enn kostnader som økt komfort og bedre innemiljø. Litteraturstudiet kunne avsløre at varmepumpeløsninger gir en jevn varme i helle bygget som både er godt for innemiljøet. Entra vurderer selv en varmepumpe for å imøtekomme energikravene selv om energi- og kostnadsbesparelsene er minimale.

Resultatene har ikke avdekket investeringskostnadene ved å installere målere og sensorer, men informantene kunne informere om at teknologien optimaliserer energibruken og gir store kostnadsbesparelser i bruksfasen. Samtlige av informantene fra casestudiene ser ut til å være beviste på hvilke besparelser teknologien har på å regulere belysning, luftmengder energitilskudd. Om KLP Eiendom vil tjene inn investeringskostnadene for det høyteknologisk bygget er derimot usikkert. Det virker mer som om selskapet ønsker å teste ut den nyeste teknologien og å ta samfunnsansvar med å redusere energibruken så mye som mulig. KLP Eiendom har styringsprinsipper som både støtter seg til FNs bærekraftsmål og Bygg21 sine 10 kvalitetsprinsipper for bærekraftig bygg.

Restverdi av klimaambisiøs rehabilitering

Tabell 18 viser at husleien for Statsbyggs rehabiliteringsprosjekt av SVV kontorsted i Steinkjer økte med 27 prosent, mens gjennomsnittlig årlig leiepris per kvadratmeter Tempeveien 22 økte rundt 50 prosent. Siden Entra har en kommersiell strategi som KLP Eiendom, er det naturlig å estimere at leieprisen for Schweigaards gate 15 også vil øke med rundt 50 prosent. Hvor mye av den økte leieprisen som er tilknyttet oppgraderingen fra TEK10-nivå til passivhus er derimot svært usikkert og det er ikke funnet resultater på dette område. Likevel kunne resultatene fra litteraturstudiet avsløre at høyere leiepriser vil presse opp restverdien av klimaambisiøse bygg side. Både eiendomssjefen i KLP Eiendom og prosjektleder i Entra kunne fortelle at merverdien for klimaambisiøse bygg gjør seg mer gjeldene som et investeringsobjekt. Restverdien av miljøbygg

slår positivt ut den dagen selskapene skal selge byggene og vil derfor være en viktig faktor i beslutningsgrunnlaget for rehabiliteringen. KLP har selv en handlingsregel som sier at de ikke kjøper nyere bygg med mindre byggene er sertifisert BREEAM-NOR Very Good eller Excellent.

6. Konklusjon og evaluering

I dette kapittelet vil masteroppgavens problemstilling besvares basert på de underliggende forskningsspørsmålene. Deretter vil det bli presentert forslag til videre arbeid som tar utgangspunkt i oppgavens konklusjon. Avslutningsvis vil det presenteres en evaluering av den metodiske tilnærmingen og anvendt metode.

6.1 Konklusjon

Masteroppgaven ønsker å besvare følgende problemstilling:

«Hvordan gjennomføres kost-/nyttevurderingene i klimaambisiøse rehabiliteringsprosjekt og hvilken påvirkning har dette for kostnadene og byggets restverdi?»

Hva er motivasjonsfaktorene for å gjennomføre klimaambisiøs rehabilitering?

I det første forskningsspørsmålet fremkommer det at kostnader er en av hovedmotivasjonene for å gjennomføre oppgradering av den eksisterende bygningsmassen utover forskriftsmessige krav. Samtlige caseobjekter kunne avsløre at førtilstanden til byggene var svært lite energieffektive. Vedlikeholdsetterslep i flere av casene indikerte at det var samfunnsøkonomisk fornuftig å kombinere energioppgraderinger i forbindelse med andre tiltak som å øke fleksibiliteten, tilpasningsdyktigheten, eller arealeffektiviteten i byggene. Diskusjonsdelen kunne understreke at leietaker har stadig fått et større fokus på miljø og energieffektivitet som gir byggherrene et stort økonomisk incentiv til å gjennomføre klimaambisiøse rehabiliteringer.

Hvordan er kost-/nyttevurderingene i tidlig- og produksjonsfase? ved klimaambisiøs rehabilitering?

Når byggherre har bestemt seg for å gjennomføre en klimaambisiøs rehabilitering vil kost-/nyttevurderingene i tidlig- og produksjonsfase ha påvirkning for resten av byggets livsløp. Merkostnaden for klimaambisiøse bygg er hovedsakelig tilknyttet økte material- og byggekostnader. Administrasjonskostnadene antas å være marginalt høyere for klimaambisiøse rehabiliteringer ettersom planløsningen burde tilrettelegge for energieffektiv planløsninger og arealer. Kostnadene for oppgraderingen fra TEK10-nivå til passivhus er rundt 10 prosent. Dette gapet mellom byggeteknisk forskrift og passivhus vil bli tettet i løpet av de kommende årene med Norges stadig høyere krav til energieffektivitet. Incentiv og støtteordninger er også delaktig til å redusere merkostnaden av klimaambisiøse bygg. Samtlige caseobjekter har benyttet seg av enten

Enova-tilskudd, grønn finansiering og/eller en avtale med leietaker om å betale høyere husleie mot at huseier oppgraderer til en høyere energistandard.

Hvilke påvirkning har klimaambisiøs rehabilitering for kostnadene i bruksfasen og byggets restverdi?

Den ferdigstilte klimaambisiøse rehabiliteringen vil ha større kostnadsbesparelser i bruksfasen. Casestudie kunne avsløre en halvering i energibruk mye takket være fornybare energikilder som har en høyere utnyttelsesgrad. I tillegg vil klimaambisiøse bygg få reduserte vedlikeholdskostnader. Det er de passive energieffektiviseringstiltakene som er de mest lønnsomme tiltakene. Etterisolering av tak, vegger og gulv, utskiftning av vinduer og dører samt tetting av eksisterende dører og vinduer har ofte et inverst forhold mellom lav investeringskostnad og høye energi- og kostnadsbesparelser i bruksfasen. Når oppvarmingsbehovet er redusert, anbefales det å installere et oppvarmingssystem som er dimensjonert riktig etter størrelse. Casestudiet kunne avsløre at det er stor forskjell mellom de ulike oppvarmingssystemene. Et kostbart og avansert oppvarmingssystem vil ikke nødvendigvis gi store energi- og kostnadsbesparelser i bruksfasen. Installasjonen av en luft-til-luft varmepumpe virket å ha vært en bedre samfunnsøkonomisk løsning enn installasjonen av en veldig kostbar berg-varmepumpe. Det er også stort potensial i oppgraderingen av teknisk anlegg som ventilasjon og belysning. Sensorer og målere på det tekniske anlegget vil også være delaktig for å optimalisere energibruken.

Klimaambisiøs rehabilitering slår blant annet positivt ut på byggets restverdi. Dette kommer av at leietakere har høyere betalingsvilje for bygg som er energiøkonomiske. Siden det er leieinntektene som driver verdiene av næringseiendom, er leieinntektene en helt sentral del av verdisettingen – både i privat og offentlig sektor. For de mest attraktive eiendommene med god beliggenhet ser det ut som om restverdien slår ekstra sterkt ut.

6.2 Forslag til videre forskning / anbefalinger til bransjen

Forslag til videre forskning

For videre forskning hadde det vært interessant å undersøke kostnader tilknyttet planløsning og arealbruk for klimaambisiøse rehabiliteringsprosjekter. Kostnader tilknyttet denne tematikken er kun beskrevet i korte trekk i denne avhandlingen. En smart planløsning og effektiv arealbruk virker

å være sentral for å optimalisere ressursbruken. Samtidig virker det som om valgene som blitt tatt i tidligfase kun utgjør en liten del av at byggs totale livssyklus kostnader.

Som en naturlig forlengelse av kostnadsspørsmålet tilknyttet planløsning og arealbruk for klimaambisiøse rehabiliteringsprosjekter, ville det også vært interessant å undersøke hvordan klimaambisiøse rehabiliteringer påvirker innemiljøet og menneskets produktivitet. Mennesker bruker i gjennomsnitt 90 prosent av tiden innendørs og kun små mengder av forurensing vil påvirke vår produktivitet (Novakovic et al., 2007). Helse og miljø er også den nest viktigste kategorien i BREEAM-NOR-sertifiseringen som dokumenterer miljøprestasjonen i næringsbygg (Grønn byggallianse, 2020).

Anbefalinger til bransjen

Norge har statelige ambisjoner om en gradvis transformasjon mot en mer energieffektiv bygningsmasse frem mot 2050 (Evjenth et al., 2011). Dette påvirker leverandører, myndigheter, eiere, leietakere og finansinstitusjoner til et økt fokus på energieffektivitet. Investorer har allerede begynt å investere i energieffektive og klimaambisiøse bygninger som igjen øker forventningene om høyere merverdi i slike bygg. Denne prosessen er illustrert i Figur 30.



Figur 30: Påvirkningen av Norges ambisjoner mot 2050 (egenprodusert)

For å styrke denne prosessen på en kostnadseffektiv måte, har jeg listet opp fem anbefalinger:

- Bransjen burde i større grad tilrettelegge lovverket for å rehabilitere eksisterende bygningsmasse. Opprette av en «rehab-tek» kan være en mulighet.
- Videreutvikle incentiv- og støtteordningene for arealeffektive bygg som blir brukt døgnet rundt. Bruksmønsteret har mye å si for byggets totale energibruk.
- Utvikle energimerkeordningen. I dag vurderer energimerke kun enkeltarealer, men ikke bygget som helhet.
- Øke kunnskapen og markedsføre de ambisjonene Norge har satt seg mot 2050. Slik vil markedet i større grad utvikle produkter som støtter opp under energieffektivitet.

- Banker kan også tiltrekke seg eiendomsutviklere som ønsker å gjennomføre energieffektiviseringstiltak gjennom bruken av grønn finans.

6.3 Evaluering av metode

Jeg har evaluert de gjennomførte forskningsmetodene. Evalueringen går ut på å analysere informasjonsinnhenting og å komme med forslag til eventuelle endringer, herunder reliabilitet og validitet av forskningsmetodene.

Som en bakgrunn for casestudiet, er det gjennomført et systematisk litteraturstudie. Denne informasjonsinnhenting har blitt brukt som teoretiske rammeverket og som sammenlikningsgrunnlag i oppgavens resultat- og diskusjonsdel. Kun det mest relevante informasjonen i forhold til casestudie har blitt brukt i oppgaven. En svakhet i forskningsmetoden kan være mangelen på funn når det kommer til restverdi. Her kunne det blitt brukt mer tid for å finne relevant informasjon eller underliggende faktorer som spiller inn på et byggs restverdi.

Planen for gjennomføringen av dybdeintervjuene var å intervju private-, offentlige- og statlige aktører samt et boligbyggelag og et statsforetak. Et stort spekter av informanter ville gi oppgaven en bred vinkling. Kun en av informantene trakk seg som intervjuobjekt, mens de andre aktørene var fleksible til å intervjues med alternative kommunikasjonsformer på tross av koronaviruset (COVID-19). Funn fra Boligbyggelaget TOBB ikke har blitt brukt i oppgaven. Idéene og rådene fra Boligbyggelaget TOBB har likevel bidratt til å få en overordnet forståelse for klimaambisiøs rehabilitering for boliger. En svakhet med forskningsmetoden var at transkribert informasjon ble tilbakesendt til informantene der kun et fåtall av aktørene fulgte opp med forslag til endringer eller kommentarer.

Allerede høsten 2019 ble det bestemt å bruke casestudie som forskningsmetode i samarbeid med et av Statsbygg sine prosjekter. Caseobjektet ble bestemt, i samråd med Statsbygg, januar 2020 og skulle være oppgavens hovedcase. Her ble det tatt bilder ved befaringen 4. mars 2020. I tillegg ble majoriteten av dokumentanalysen tilknyttet hovedcase. Funnene fra hovedcasen ble sammenliknet med to liknende rehabiliteringsprosjekter. Antall caseobjekter var tilstrekkelig og av forholdsvis samme karakter. Det hadde vært en fordel hvis samtlige caseobjekter hadde vært ferdigstilt.

7. Referanseliste

- Aase, G. H. (2018). Grønne obligasjoner. *Praktisk økonomi & finans*, 34(2), 162-171.
Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.18261/issn.1504-2871-2018-02-08> (hentet: 12 februar 2020).
- Abergel, T., Dean, B. & Dulac, J. (2017). *Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector*. Tilgjengelig fra: https://www.worldgbc.org/sites/default/files/UNEP%20188_GABC_en%20%28web%29.pdf (hentet: 31 oktober 2019).
- Almås, A.-J., Klinski, M. & Mellegård, S. (2015). *Kartlegging av plan- og bygningsloven § 31-2 om tiltak på eksisterende byggverk. Rapport på oppdrag for Kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD). SINTEF Byggforsk. Klima, miljø og arkitektur*.
Tilgjengelig fra: https://www.regjeringen.no/contentassets/c8290b42bc894bbd9729fa52f2a71e0d/kartlegging_av_plan_og_bygningsloven_31_2_om_tiltak_pa_eksisterende-byggverk.pdf (hentet 22 november 2019).
- Arnstad, M., Naversete, L. S. & Nordås, J. S. (2017). *Innstilling fra energi- og miljøkomiteen om Representatforslag fra stortingsrepresentantene Marit Arnstad, Liv Signe Naversete og Janne Sjølmo Nordås om en sterkere satsing på arbeidet for å nå målet om 10 TWh energieffektivisering*. Stortinget. Tilgjengelig fra, <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Publikasjoner/Innstillinger/Stortinget/2016-2017/inns-201617-318s/?all=true> (hentet: 24 november 2019).
- Bærug, S. (2017). *Verdsetting av fast eiendom*. Universitetsforlaget. Oslo.
- Bjørberg, S., Bendiksen, L., Salaj, A. & Senior, C. (2020). Innlegg: potensial i eksisterende bygningsmasse for det grønne skiftet er stort, men det må utløses. Her spiller blokkbebyggelsen en stor rolle. *Bygg.no*. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg.no/article/1422209> (hentet: 30 januar 2020).
- Bjørberg, S. & Larsen, A. (2007). *Livsløpsplanlegging og tilpasningsdyktighet i bygninger*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/livsløpsplanlegging-og-tilpasningsdyktighet-i-bygninger---innføring-og-prinsipper.pdf> (hentet 23 november 2019).
- Bramslev, K. T. & Askjer, T. O. (2016). *Eiendomssektorens veikart mot 2050*. Utarbeidet av Grønn byggallianse og Norsk Eiendom. Tilgjengelig fra: <https://www.norskeiendom.org/wp-content/uploads/2016/09/Eiendomssektorens-veikart-mot-2050.pdf> (hentet: 11. mars 2020).
- Bygg21. (2018). *Bygg- og eiendomssektorens betydning for klimagassutslipp. Et oppdrag fra Kommunal- og moderniseringsdepartementet*. Tilgjengelig fra: https://www.bygg21.no/contentassets/901dbc37a0c242229f4d8248a12919dc/33019_delrapport-3b_digitalt.compressed.pdf (hentet: 25 november 2019).
- Byggforskserien 473.003. (2015). *Energieffektive bygninger. Begreper og definisjoner*. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/4153/energieffektive_bygninger_begreper_og_definisjoner (hentet: 23 november 2019).
- Byggforskserien 700.320. (2017). *Intervaller for vedlikehold og utskifting av bygningsdeler*. Tilgjengelig fra:

- https://www.byggforsk.no/dokument/3312/intervaller_for_vedlikehold_og_utsifting_av_bygningsdeler (hentet: 22 november 2019).
- Byggordboka. (2020). Rehabilitering. Tilgjengelig fra: <https://www.byggordboka.no/artikkel/sok/rehabilitering> (hentet: 5. mai. 2020).
- Cloy, J. M. & Smith, K. A. (2015). Greenhouse Gas Emissions☆. I *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. Elsevier.
- COWI. (2008). Hvordan unngå prosjekteringsfeil, byggekostnadsprogrammet. Trondheim.
- Dalland, O. (2017). *Metode og oppgaveskriving*. (6.utg). Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- De forente nasjoner. (2019). *About the Sustainable Development Goals*. Tilgjengelig fra <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/> (hentet: 31 October 2019)
- Digitaliseringsdirektoratet. (2015). Kost-/nytte-prinsippet. Tilgjengelig fra: <https://internkontroll-infosikkerhet.difi.no/eksempel/2015/08/kost-nytte-prinsippet> (hentet: 1. mai 2020).
- Direktoratet for byggkvalitet. (2017). Byggeteknisk forskrift (TEK 17). Veiledning om tekniske krav til byggverk. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggeteknisk-forskrift-tek17/> (hentet: 25 november 2019).
- Eberhardt, L. C. M., Birgisdottir, H. & Birkved, M. (2019). Potential of Circular Economy in Sustainable Buildings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 471, 092051. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/471/9/092051>
- Eikeland, P. T. (2001). *Teoretisk analyse av byggeprosesser. Forprosjektrapport til "Felles teorigrunnlag for organisering av byggeprosesser"*. Trondheim.
- Energimerking.no. (2009). Om energimerkeordningen. Tilgjengelig fra: <https://www.energimerking.no/no/energimerking-bygg/om-energimerkesystemet-og-regelverket/> (hentet: 13 februar 2020).
- Enova. (2012). Potensial- og barrierestudie. Energieffektivisering i norske bygg. Rapport (1. utg.).
- Enova. (2017). *Enovas byggstatistikk 2017*.
- Enova. (2020). *Om Enova*. Tilgjengelig fra: <https://www.enova.no/om-enova/> (hentet: 20 januar 2020).
- Entra. (2020). Om Entra. Tilgjengelig fra: <https://entra.no/about> (hentet: 19 mars 2020).
- Evjenth, A., Sandvik, P., Almås, A. J. & Bjørberg, S. (2011). *Grunnlag for, og krav om, utbedring av eksisterende bygninger*. (121588/aja). Oslo: Kluge Advokatkontor og Multiconsult på oppdrag for Kommunal- og Regionaldepartementet (KRD).
- Finansdepartementet. (2014). Skattefradrag for håndverkstjenester i private hjem (ROT-fradrag). Tilgjengelig fra: https://www.regjeringen.no/contentassets/967bfl1d8678f4fdd85984fab1e8ea6a7/rot_rapp_ort.pdf (hentet: 20 januar 2020).
- FN-sambandet. (2019). *Parisavtalen*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/Om-FN/Avtaler/Miljoe-og-klima/Parisavtalen> (hentet: 21. november 2019).
- Global Footprint Network. (2019). *Earth Overshoot Day 2019 is July 29th, the earliest ever*, Tiljenelig fra: <https://www.footprintnetwork.org/2019/06/26/press-release-june-2019-earth-overshoot-day/> (hentet: 20 oktober 2019).
- Gripsrud, G., Olsson, U. H. & Solkoset, R. (2016). *Metode of dataanalyse*. (3. utg.) Cappelen Damm Akademisk
- Grønn byggallianse. (2019). Store muligheter i å transformere eksisterende bygg.

- Grønn byggallianse. (2020). BREEAM. Tilgjengelig fra: <https://byggalliansen.no/sertifisering/breem/> (hentet: 24. april 2020).
- Holtmon, K. (2017). *Masteroppgave: Myndighetskrav til arbeid på eksisterende bygninger - fra praksis til teori*. Trondheim: NTNU.
- Husbanken. (2019). *Definisjoner og begreper*. Tilgjengelig fra: <https://www.husbanken.no/startlaan/kommune/veileder-for-saksbehandling-av-startlaan/definisjoner-og-begreper/> (hentet: 22 november 2019).
- Johannessen, A., Tufte, P. A. & Christoffersen, L. (2016). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*. Oslo: Abstrakt forlag AS.
- Johannessen, M. (2019). 4 tips for å lykkes med proptech. Malling & Co. Tilgjengelig fra https://blogg.malling.no/slik-lykkes-du-med-proptech?gclid=CjwKCAiA-vLyBRBWEiwAzOkGVABYCRh7CIQ4kznd6vbhqT0HQoy-h0T5Gju2ntlpZsCUpjEn8KC_RoCflgQAvD_BwE (hentet: 2 mars 2020).
- Klinski, M., Hauge, Å. L., Godbolt, Å. L. & Skeie, K. S. (2017). *Energioppgradering av norske boliger - Evaluering av sceneriorapporter og forslag til virkemidler*. The Research Centre on Zero Emission Buildings. ZEB Project report 32. Tilgjengelig fra: https://www.sintefbok.no/book/index/1120/energioppgradering_av_norske_boliger (hentet: 24 november 2019).
- KLP Eiendom. (2020). Om KLP Eiendom. Tilgjengelig fra: <http://www.klpeiendom.no/oslo/om-klp-eiendom> (hentet: 23. mars 2020).
- Lovdata. (2017). Forskrift om tekniske krav til byggverk. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840> (hentet: 25 november 2019).
- Lund, O. B. (2016). *Masteroppgave: Tidligfase i rehabiliteringsprosjekter*. Trondheim: NTNU.
- Lynås, M. (2020). *Schweigaardsgate 15* [Power point slides].
- Mansfield, J. R. (2002). What's in a name? Complexities in the definition of "refurbishment". *Property Management*, 20(1), 23-30. <https://doi.org/10.1108/02637470210418942>
- Nakstad, S. & Engebakken, F. (2019). *Masteroppgave: En undersøkelse av rehabilitering av eksisterende bygg i et bærekraftig perspektiv*. Trondheim: NTNU.
- NHO. (2020). Grønt skifte: 10 begreper du må kunne. Tilgjengelig fra: <https://www.nho.no/tema/energi-miljo-og-klima/artikler/gront-skifte-10-begreper-du-ma-kunne/> (hentet: 1. mai 2020).
- Nordic region. (2015). *Sustainable refurbishment. Decision support tool and indicator requirements*. Tilgjengelig fra: https://ntnu.blackboard.com/bbcswebdav/pid-614069-dt-content-rid-20376334_1/courses/194_TBA4170_1_2019_V_1/Sustainable%20refurbishment_Decision%20support%20tool%20and%20indicator%20requirements.pdf (hentet: 12 november 2019)
- Norsk kommunalteknisk Forening. (2015). *Tekniske krav ved tiltak i eksisterende bygg*. Oslo: Norsk Kommunalteknisk Forening.
- Norsk senter for forskningsdata. (2020). Personverntjenester. Tilgjengelig fra: <https://nsd.no/personvernombud/> (hentet: 20 januar 2020).
- Novakovic, V., Hanssen, S. O., Thune, J. V., Wangensteen, I. & Gjerstad, F. O. (2007). *Enøk i bygninger*. Sintef energiforskning og NTNU. (3. utg.) Oslo: Gyldendal Norsk Forlag.
- NTNU. (2019). *Hvorfor et senter for vern og utvikling av bygde miljøer?* Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/bygningsvern/formal> (hentet: 24 november 2019).

- Nystad, R. (2019). Er grønne eiendomsinvesteringer lønnsomme? Tilgjengelig fra: <https://union.no/analyse/fagartikler/er-gronne-eiendomsinvesteringer-lonnsomme> (hentet: 11. mars 2020).
- Prosjektutvikling Midt-Norge AS. (2013). Energirapport Statsbygg Vegkontoret i Nord Trøndelag.
- Riksantikvaren. (2017). *Gamle hus kan være like klimavennlige som nye*. Tilgjengelig fra: <https://www.riksantikvaren.no/Ansvarsomraader/Energisparing/Gamle-hus-kan-vaere-like-klimavennlige-som-nye> (hentet: 22 november 2019).
- Samset, K. (2014). *Prosjekt i tidligfasen valg av konsept*. (2. utg.) Bergen: Fagbokforlaget.
- SINTEF Byggforsk. (2015). Balansert ventilasjon i småhus. Tilgjengelig fra https://www.byggforsk.no/dokument/529/balansert_ventilasjon_i_smaahus (hentet: 27 februar 2020).
- SINTEF Byggforsk, Svensson, A., Almås, A.-J. & Mysen, M. (2014). Vegkontoret i Steinkjer. Effektivisering ved bruk av Total Concept metoden. Tilgjengelig fra: https://www.statsbygg.no/globalassets/files/publikasjoner/rapporter/fou/totalconceptrapp_ortsteinkjer.pdf (hentet 28. februar 2020).
- Skeie, K. S., Lien, A. G., Skaar, C., Olsen, E., Skippervik, R., Iversen, B. I. & Westermann, P.-K. (2018). Rehabilitering av borettslag til nesten nullenerginivå. En mulighetsstudie for boligbyggelaget TOBB. Sintef notat 26. Sintef akademiske forlag. Oslo: Blindern.
- Skeie, K. S., Lien, A. G., Svensson, A. & Andresen, I. (2016). *Kostnader for nye småhus til høyere energistandard*. Oslo: SINTEF Byggforsk og Husbanken.
- Standard Norge. (2014). *Beskrivelsetekster for bygg, anlegg og installasjoner - Del 1: Fellesbestemmelser*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=709402> (hentet: 2 desember 2019).
- Statistisk sentralbyrå. (2020). *Bygningsmassen*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/bygningsmasse> (hentet: 26 april 2020).
- Statsbygg. (2016). Arealnorm. Statsbygg. Tilgjengelig fra: https://www.uib.no/sites/w3.uib.no/files/attachments/arealnorm_staten.pdf (hentet: 26 april 2020).
- Statsbygg. (2019a). Leieberegning i Statens husleieordning. Tilgjengelig fra: <https://www.statsbygg.no/globalassets/files/oppgaver/forvaltning/leieberegninghusleieordning2019.pdf> (hentet: 23 mars 2020).
- Statsbygg. (2019b). *Statsbyggsjefen: Bygg mindre nytt!* Tilgjengelig fra: <https://www.statsbygg.no/Nytt-fra-Statsbygg/Nyheter/2019/Statsbyggsjefen-Bygg-mindre-nytt/> (hentet: 25 november 2019)
- Statsbygg. (2020). Om Oss. Tilgjengelig fra: <https://www.statsbygg.no/om-statsbygg/> (hentet: 19. mars 2020).
- Stenrød, J. M. & Rogstad, R. M. (2019). *FoU Økt kompetanse om kostnader knyttet til miljøtiltak*. Statsbygg. Notat til ADs ledermøte. .
- Stieß, I. & Dunkelberg, E. (2013). Objectives, barriers and occasions for energy efficient refurbishment by private homeowners. *Journal of Cleaner Production*, 48, 250-259. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.041>
- Store Norske Leksikon. (2018). *Rehabilitering - av bygning*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/rehabilitering_-_av_bygning (hentet: 24 november 2019).

- Store Norske Leksikon. (2020). Metode. Tilgjengelig fra <https://snl.no/metode> (hentet: 31 januar 2020).
- Syltern, L. G. (2019). *Veien til det nye Maxbygget*. [PowerPoint slides].
- Tekna. (2018). Dette trenger du for å gjøre en energiberegning. Tilgjengelig fra: <https://bygg.tekna.no/dette-trenger-du-for-a-gjore-en-energiberegning/> (hentet: 24 februar 2020).
- Thagaard, T. (2009). *Systematikk og innlevelse en innføring i kvalitativ metode. (3. utgave)* Bergen: Fagbokforlaget Visgmostad & Bjørke AS.
- Tjora, A. (2017). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- TOBB. (2020). Om oss. Tilgjengelig fra: <https://tobb.no/om-oss> (hentet: 9 mars 2020).
- Widing, G. (2019). Grønne bygg vil bli stadig mer lønnsomme. Estate nyheter. Tilgjengelig fra <https://www.estatenyheter.no/2019/10/31/gronne-bygg-vil-bli-stadig-mer-lonnsomme/> (hentet fra: 17. mars 2020).
- Wit, M., Hoogzaad, J., Ramkumar S., Friedl, H. & Douma, A. (2019). *The Circularity Gap Report: An analysis of the circular state of the global economy*. Publication of Circle Economy.
- World Economic Forum. (2019). *From linear to circular*. Geneva, Switzerland, Tilgjengelig fra: <http://reports.weforum.org/toward-the-circular-economy-accelerating-the-scale-up-across-global-supply-chains/from-linear-to-circular-accelerating-a-proven-concept/> (hentet: 31 Oktober 2019).
- World Green Building Council. (2019). *New report: the building and construction sector can reach net zero carbon emissions by 2050*. Tilgjengelig fra: <https://www.worldgbc.org/news-media/WorldGBC-embodied-carbon-report-published> (hentet: 23 november 2019).
- Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications (6. utg.)* SAGE Publications, Inc.

8. Vedlegg

8.1 Følg brev (mal) i forbindelse med invitasjon til intervju

Hei,

Jeg ønsker å intervju dere vedrørende min masteroppgave som markerer avslutningen på masterstudiet Eiendomsutvikling og -forvaltning ved Norges tekniske-naturvitenskapelige universitet, NTNU i Trondheim. Jeg er fleksibel til å intervju dere på deres kontor helst innen midten av mars måned. Vedlagt ligger en intervjuguide. Kom gjerne med et passende tidspunkt for intervju.

Informasjon om intervjuet i forbindelse med masteroppgave

Masteroppgaven skal besvare hva som er kost-/nyttevurderingene i klimaambisiøs rehabiliteringsprosjekt og hvilken påvirkning dette har på byggets restverdi. Forskningsspørsmålene skal undersøke motivasjonsfaktorene for klimaambisiøs rehabilitering, hvordan er kost-/nyttevurderingene i tidlig- og produksjonsfase ved klimaambisiøs rehabilitering, og hvilken påvirkning har klimaambisiøs rehabilitering for kostnadene i burksfasen og byggets restverdi? Masteroppgaven vil bli skrevet som et casestudie i samarbeid med Statsbygg og deres rehabiliteringsprosjekt av Statens vegvesens kontorsted i Steinkjer. Veiledere på NTNU er professor Tore Haugen og professor Svein Bjørberg.

Intervjuet vil ha en varighet på rundt 1 time, inkludert oppfølgingsspørsmål om mulige uklarheter. For å besvare undersøkelsens problemstillinger på en best mulig måte, er det fint hvis dere har eksempler fra konkrete rehabiliteringsprosjekter. Herunder kostnader, besparelser i driftsfasen, insentiver, tekniske komplikasjoner, problemer og gevinster.

Det ønskes å bruke lydopptak under intervjuet for å transkribere samtalen i etterkant. Opptak og transkriberingen vil bli slettet ved ferdigstilling av masteroppgaven. Informasjon som blir brukt i oppgaven vil bli anonymisert og personopplysninger vil bli beskyttet. Det transkriberte intervjuet vil bli sendt til dere for godkjenning hvis dette er ønskelig.

Deltagelsen vil være til stor hjelp for oppgavens undersøkelse, men det understrekes at deltagelsen er frivillig. Intervjuobjektet kan når som helst trekke sin deltagelse under intervjuet uten noen påfølgende konsekvenser.

Takk på forhånd for deres deltagelse i forbindelse med intervjuet. Masteroppgaven ferdigstilles 10. juni 2020 og sendes gledelig til dere i etterkant. Ta gjerne kontakt hvis dere har noen spørsmål vedrørende intervjuet eller masteroppgaven.

Vennlig hilsen,
August Aakenes Nysted (mob: 993.16.237)
Masterstudent i Eiendomsutvikling og -forvaltning ved NTNU

8.2 Intervjuguide mal

Nedenfor følger en standard intervjuguide. Disse ble tilpasset for hvert intervju.

Introduksjon / Rammesetning

- Introduksjon av deltageren, problemstilling og intervjuguide

Hoveddel / Fokusering

Informanten

- Kan du/dere si kort litt om deres bakgrunn og rolle i dette selskapet?

Insentiver, barrierer og lovverk

- Hva er deres hovedmotivasjonen for å rehabilitere bygget?
 - Klima og miljø, økonomi, fleksibilitet, tilpasningsdyktighet, image/rykte osv.
 - Hvor mye vil husleien og restverdien øke for klimaambisiøse rehabiliteringer?
- Hvilke barrierer er det under rehabiliteringen og hvordan påvirket dette økonomien?
 - Leieinntekter / erstatningslokale
 - Spesielle kostnader for kulturminne
- Si litt om støtteordninger/insentiver i forbindelse med klimaambisiøs rehabilitering?
 - Enova, grønne lån, grønne leiekontrakter, ROT-fradrag?
- Si litt om lovverket i forbindelse med klimaambisiøs rehabilitering

Lønnsomhet av tiltak

- Hvilke energieffektiviseringstiltak burde prioriteres ved klimaambisiøs rehabilitering over hvorfor?
 - Prioriteringer, lønnsomhet for de ulike tiltakene.
 - Fornybar og ikke-fornybare energikilder
- Hva er merkostnaden av klimaambisiøs rehabilitering?
- Rive kontra rehabilitere

Sirkulærøkonomi

- Si litt om sirkulærøkonomi / gjenbruk av bygningsmaterialer. Hvordan påvirket dette evt. kostnadene?

Arealeffektivitet og planløsning

- Hvordan påvirker arealeffektivitet og planløsning klimaambisiøse rehabiliteringer?
 - Investeringskostnad vs energi- og kostnadsbesparelser?
 - Fleksibilitet, tilpasningsdyktighet

FDVU-kostnader

- Hvor mye kan/har energibruken reduseres ved klimaambisiøs rehabilitering?
 - Målere og sensorer for optimal energibruk
- Hvordan påvirkes forvaltning- vedlikeholds-, og utviklingskostnadene fremover?

Oppsummering

- Avsluttende kommentar og redegjørelse for eventuelle uklarheter

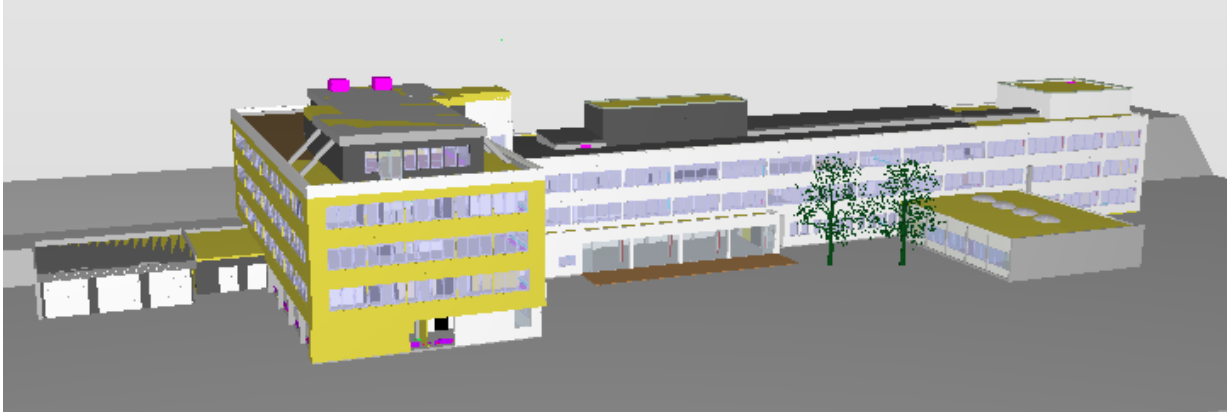
8.3 Inndata Vegkontoret i Steinkjer

Inndata for Simien beregningene i forbindelse med energimerkingen av Vegkontoret i Steinkjer er vist i Tabell 19.

Tabell 19: Inndata til energisimulering: TEK10 og passivhus

Energiltak	Enhet	Før rehab.	TEK10	Passivhus
Vinduer og dører	[W/m ² K]	2,4	1,2	0,8
Vegger – utvendig isolering	[W/m ² K]	0,41	0,22	0,16
Vegger – lekkasjetall (n50)	[/h]	3,5	1,5	0,4
Vegger- Norm. Kuldebroverdi	[W/m ² K]	0,12	0,09	0,03
Tak – utvendig isolering	[W/m ² K]	0,23 (0,33)	0,13	0,08
Ventilasjon – fra CAV til DCV				
Ventilasjonsluftmengde i driftstiden	[(m ³ /h)/m ²]	7	10	6
Ventilasjonsluftmengde utenfor driftstiden	[(m ³ /h)/m ²]	2	3	1
Temperaturvirkningsgrad for varmeveksler	[%]	60	80	83
Behovsstyr LED belysning	[W/m ²]	8	8	4
Energiforsyning		Elkjel 100%	Luft-vann VP 85% oppvarm. 0% kjøling	Bergvarmepumpe 85% oppvarm. 60% kjøling

8.4 3D-model av SVV kontorsted i Steinkjer



Figur 31: 3D-model av SVV kontorsted i Steinkjer

