

SHO6261

Masteroppgave i teknologi

**Energisparetiltak fra et kost- &
nytteperspektiv, vurdert mot
energimerkeforskriften**

Johan Hessedal (15.04.1985)

April, 2016

<i>Tittel:</i> Energisparetiltak fra et kost- & nytteperspektiv, vurdert mot energimerkeforskriften		<i>Dato:</i> 22.04.2016
		<i>Gradering:</i> (Åpen/Fortrolig)
<i>Forfatter:</i> Johan Hessedal (15.04.1985)		<i>Antall sider:</i> 205 , inklusive vedlegg.
		<i>Vedlegg:</i> 4
<i>Avdeling:</i> IVT-fak. Institutt for bygnings-, energi- og materialteknologi	<i>Programområde:</i> Integrert bygningsteknologi	
<i>Veileder:</i> Bjørn R. Sørensen		
<i>Oppdragsgiver:</i> UiT, Norges Arktiske Universitet <i>UiT, The Arctic University of Norway</i>	<i>Oppdragsgiver kontaktperson:</i> Bjørn R. Sørensen	
<i>Kortfattet sammendrag:</i> <p>Hensikten med masteroppgaven har vært å identifisere ulike bygge- og installasjonstekniske tiltak som kan utføres for å redusere energiforbruket, og som samtidig forbedrer energimerket på eksisterende yrkesbygninger i Norge. Målet med oppgaven var videre å se på ringvirkningene av redusert energiforbruk. Det vil si et redusert bruk av fossile brensler, en reduksjon av bygningenes klimagassfotavtrykk, og lavere energikostnader for eiendomsseiere og leietakere. I tillegg omhandles kort temaet om hvordan et redusert klimagassutslipp bidrar positivt i forbindelse med å nå EU's og Norges klimamål for fremtiden.</p> <p>For å identifisere ulike energibesparende tiltak, samt dess ringvirkninger, barrierer og potensielle lønnsomhet, ble det valgt å; 1) utføre et litteraturstudium, 2) gjennomføre intervjuer med ulike aktører i bygge- og eiendomsbransjen, 3) hente inn statistikk over energimerkede yrkesbygninger, og 4) beregne levert energiforbruk etter energimerkeforskriften for et antall ulike bygningskategorier og tidsperioder.</p> <p>Det ble valgt å begrense omfanget på antall bygningskategorier og tidsperioder. Bygningskategoriene som masteroppgaven har sett nærmere på er <i>kontorbygg</i>, <i>universitets- og høyskolebygg</i>, <i>hotellbygg</i>, <i>skolebygg</i> og <i>forretningsbygg</i>. Tidsperiodene er delt inn etter fem ulike tidsperioder basert på antatt og kravregulert byggeskikk.</p>		

Tidsperiodene er henholdsvis *1949-1968, 1969-1986, 1987-1996, 1997-2006 og 2007-2010*.

Det var i hovedsak to sentrale faktorer for både barrierene og insentivene, som foreligger i forbindelse med gjennomføring av energibesparende tiltak, som ble avdekket. Den første faktoren er økonomi. Samtlige respondenter spesifiserte at lønnsomhet for foretaket var en viktig faktor i forbindelse med iverksettelse av energibesparende tiltak. I økonomi ligger blant annet *reduuerte driftskostnader, økte leieinntekter, økt salgsverdi og forbedret markedsprofil og konkurransedyktighet*. Barrieren er dermed at ulønnsomme tiltak ikke prioriteres. Insentivet er økt lønnsomhet for foretaket. Basert på funn i intervjustudien mener forfatteren med ordet *lønnsomheten*, at investeringskostnadene for tiltakene bør være nedbetalt innenfor en 3-7 års periode. Den andre sentrale faktoren var kompetanse og bevissthet. Manglende kompetanse i blant annet drift av bygninger, og manglende bevissthet om energiforbruk hos brukere, fører til unødvendig energiforbruk. Lite generell kunnskap utgjør dermed en barriere for energieffektivisering og –reduisering i bygninger. Samtidig er gevinstene av økt kompetanse insentiver for øke fokus innenfor området. Videre viste det seg at forbedring av eksisterende bygningers energimerke ikke var en prioritering i forbindelse med gjennomføring av energibesparende tiltak.

Vurderingen av det mest fordelaktige energibesparende tiltaket, ut fra perspektivene *forbedring av bygningens energimerke og lønnsomhet*, viste at tiltakene bør prioriteres etter rekkefølgen:

1. Forbedring av ventilasjonsanlegget, herunder; redusere SFP-faktor, forbedre varmegjenvinneren og installere VAV-styring.
2. Installering av vann-vannvarmepumpe.
3. Utskifting av vinduer og dører for å redusere varmetapet fra disse, samtidig som det reduserer infiltrasjonstap.
4. Etterisolering av yttervegger for å redusere varmetapet fra disse, samtidig som det reduserer infiltrasjonstap.

Tiltak som installering av automatisert belysning og etterisolering av tak utgjør en vesentlig mindre forbedring av bygningers energimerke, samtidig som de sjelden er lønnsomme.

Videre konkluderes det med at dersom fokus på forbedring av bygningenes energimerke ekskluderes, kommer effektivisering av drift gjennom opplæring av driftspersonell, etablering av energioppfølgingssystem (EOS) og installering av sentralt driftskontrollanlegg (SD-anlegg) ofte bedre ut fra et økonomisk perspektiv, sammenlignet med de ovenfor nevnte tiltakene.

Abstract (compact version):

The purpose of the study was to identify various construction and installation of technical measures that can be performed to reduce energy consumption and improve energy efficiency in existing buildings profession in Norway. Furthermore, the aim for the thesis was to look at the repercussions of reduced energy consumption, namely a reduced use of fossil fuels and associated lowering buildings' greenhouse gas footprint, and lower energy costs for property owners and renters. In addition, the reduced greenhouse gas emissions is assumed to aid Norway in the work to reach the EU's and Norway's climate goals for the future.

To identify various energy-saving measures as well as further repercussions, barriers and potential profitability the author has conducted; 1) a literature study, 2) interviews with various individuals in the construction and property industry, 3) a collection of statistics on energy-labeled occupational structures and 4) a calculation of delivered energy consumption according to the energy labeling regulation. This was done for a number of different building categories and time-periods.

It was chosen to reduce the scope of the thesis to a number of building categories and time-periods. The different building categories the thesis has included are *office buildings, university and college buildings, hotel buildings, school buildings and commercial buildings*. The time-periods used were divided into five different ranges. The ranges were based on estimates and identified regulated building requirements of the time. The time-periods are *1949-1968, 1969-1986, 1987-1996, 1997-2006 and 2007-2010*.

As it turned out, the carrying out of these measures mainly circled around two specific factors that include both the barriers and the incentives. The first factor is economy. All respondents specified that the profitability is important when considering the carrying out of energy reducing improvements. The incentive is therefore increased profitability for the firm. By economy, it is referred to profitability caused by *reduced maintenance costs, increased rental payments, increased property value and improvement marketing profile and increased competitive edge*. The barrier is that unprofitable improvements are down-prioritized. The term profitably here referees to improvements that pay-back the investment in a 3 to 7 year period. The second factor included competence and awareness. Lacking expertise in how to efficiently maintaining a buildings technical system and lack of awareness regarding energy consumption leads to unnecessary use of energy. Little general knowledge thus constitutes a barrier to reducing energy use efficiency. At the same time, the incentive is that increased competence and focus within the area will help reduce energy consumption caused by buildings.

Based on the conducted calculations, it appears that energy-reducing improvements should be prioritized in the following order:

1. Improvement of the ventilation system by; reducing the SFP-factor, improving the heat exchanger and installing VAV-valves.
2. Installing a heat pump (water to water).
3. Replace windows, and thereby reducing heat loss from the windows and heat loss caused by the buildings infiltration leakage.
4. Insulation of exterior walls and thereby reducing heat loss from the walls and reducing heat loss caused by the buildings infiltration leakage.

Energy reducing improvements such as installing automated lightning control and adding extra roof insulation do not considerably reduce a buildings energy usage. At the same time, these improvements are not very profitable.

Furthermore, the thesis concludes that if the focus on improving buildings energy-label is excluded from consideration, the most favorable energy reducing improvements come from increasing the competence level of maintenance personnel, establishing an energy monitoring system and the installment of a central process control system. This from an economic point of view, compared to the improvements mentioned above.



Hovedoppgave

Våren 2016

for

Johan Hessedal

*UiT Norges Arktiske Universitet
IVT-fak.
Institutt for bygnings-, energi- og materialteknologi
Integrert Bygningsteknologi*

Energisparetiltak fra et kost- & nytteperspektiv og vurdert mot energimerking

Bakgrunn

Energimerking er pålagt alle yrkesbygninger over 1.000 m², og alle boliger/bygninger som skal selges eller leies ut. Dagens energikrav blir stadig strengere med hensyn til reduisering av energibruk, og dermed også reduisering av CO₂-utslipp samt oppvarmingskostnader. Mange eldre bygninger har en relativt dårlig energi- og oppvarmingskarakter. Hensikten med oppgaven er derfor å prøve å finne de mest kost- & nytteeffektive energisparetiltakene for ulike type bygninger, med hovedvekt på eksisterende yrkesbygninger. Energisparetiltakene skal i tillegg knyttes til energimerking, og eventuell innvirkning energisparetiltakene har på oppvarmings- og energikarakteren for bygningen.

Oppgaven går ut på å finne energisparende tiltak med hensyn til:

- LCC-betraktninger for ulike ENØK-tiltak
- Gjennomføringsmulighet for de aktuelle ENØK-tiltaket
 - o Tid
 - o Evt. problemer for leietakere/eiere
 - o Bygge- og/eller installasjonstekniske utfordringer
- Redusert CO₂-utslipp knyttet til utførelse av enkelte ENØK-tiltak.

Hovedoppgave våren 2016 for

Johan Hessedal

Oppgaven vil med andre ord omhandle eventuelle utfordringer knyttet til gjennomføring av tiltakene, samt utfordringer knyttet til å vise byggherre nytten i ENØK-tiltak mht. økonomi og klimautslipp. Tanken med å knytte ENØK-tiltakene til energimerkeforskriften er å lett kunne visualisere markedsverdien ved å utføre et ENØK-tiltak. Eksempelvis ved at bygningen får lavere driftskostnader og reduserte utslipp. Markedsverdien for byggherre blir da eksempelvis miljøprofilering, mulighet til økte leieinntekter, redusert driftskostnad m.m.

Begrensning av oppgaven

Oppgaven begrenses til et mindre utvalg av yrkesbygninger. Utvalget av bygninger avhenger av tilgang til data fra energioppfølgingssystemer (EOS) og FDV-dokumentasjon som gir informasjon om relevant bygge- og installasjonsteknisk inndata for de aktuelle bygningene.

Arbeidet vil omfatte:

1. Innledende arbeid og litteraturstudium med avgrensninger og definisjoner.
2. Intervjuer med eiendomsforvaltere og tekniske entreprenører for å innhente erfaringer med ENØK-tiltak. Samt eventuell bistand med kostnader knyttet til de ulike tiltakene.
3. Systematisk innhenting av EOS og FDV-dokumentasjon.
4. Dynamisk energiberegning av eksisterende bygninger.
5. Dynamisk energiberegning av eksisterende bygninger med ulike energisparetiltak.
6. Sammenstilling av beregningsresultater.
7. Vurdering av bygge- og installasjonstekniske utfordringer mht. tiltakene.
8. Forslag til videre arbeid.
9. Konklusjon og anbefalinger.

Generelle opplysninger vedrørende gjennomføring og rapport

Innen 2 uker etter at oppgaveteksten er utlevert skal kandidaten levere en plan for gjennomføring av prosjektet. Planen skal inneholde fremdriftsplan med milepæler, som klart sier når ulike aktiviteter skal være ferdigstilte, samt gi en kort verbal beskrivelse av de ulike aktivitetene. Dette forutsetter oppdeling av oppgaven i relevante aktiviteter med klart angitte tidsmål og forventet ressursforbruk. Det forutsettes videre at kandidaten bruker prosjektplanen aktivt i prosjektperioden, som er verktøy for å evaluere status og følge opp fremdrift underveis. Det vil bli avholdt jevnlig oppfølgingsmøter hvor status i forhold til planen avklares.

Besvarelsen redigeres som en forskningsrapport med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse etc. Påstander skal begrunnes ved bevis, referanser eller logisk argumentasjonsrekker. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at de nødvendige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer anføres.

Materiell som er utviklet i forbindelse med oppgaven, så som programvare eller fysisk utstyr er en del av besvarelsen. Dokumentasjon for korrekt bruk av dette skal også vedlegges besvarelsen. Oppgaveteksten skal også inkluderes i besvarelsen. Rapporten med tilhørende materiale skal leveres i en uinnbundet signert original som lett kan kopieres, samt to innbundne kopier. Det skal benyttes standard forside som finnes på UiT's nett. Det henvises

Hovedoppgave våren 2016 for

Johan Hessedal

forøvrig til skrevet *Generelle retningslinjer for hovedoppgaven*, samt emnebeskrivelsen for hovedoppgave.

Oppgaveteksten skal vedlegges besvarelsen.

Dersom oppgaven utføres i samarbeid med en ekstern aktør, skal kandidaten rette seg etter de retningslinjer som gjelder hos denne, samt etter eventuelle andre pålegg fra ledelsen i den aktuelle bedriften. Kandidaten har ikke anledning til å foreta inngrep i den eksterne aktørs informasjonssystemer, produksjonsutstyr o.l. Dersom dette skulle være aktuelt i forbindelse med gjennomføring av oppgaven, skal spesiell tillatelse innhentes fra ledelsen.

Eventuelle reiseutgifter, kopierings- og telefon-/telefaksutgifter må bæres av studenten selv med mindre andre avtaler foreligger.

Hvis kandidaten, mens arbeidet med oppgaven pågår, støter på vanskeligheter som ikke var forutsatt ved oppgavens utforming, og som eventuelt vil kunne kreve endringer i eller utelatelse av enkelte spørsmål fra oppgaven, skal dette umiddelbart tas opp med UiT ved veileder.

Arbeidet skal resultere i en sluttrapport med vedlagt CD/DVD som er grunnlag for evaluering og karaktersetning. Rapporten med tilhørende materiale skal leveres i **èn uinnbundet signert original som lett kan kopieres, samt tre innbundne kopier** (evt. ekstern(e) samarbeidspartner(e)s materiell kommer i tillegg og skal overleveres av studenten selv), samt ett eksemplar av rapporten i pdf-format, fortrinnsvis på vedlagt CD/DVD/minnepenn. Det skal benyttes standard forside som finnes på UiT's nett. Det henvises forøvrig til skrevet *Generelle retningslinjer for hovedoppgaven*, samt emnebeskrivelsen for hovedoppgave.

Rapporten med tilhørende materiale skal innleveres (evt. poststemples) senest innleveringsdatoen til avdelingskontoret ved Avdeling for teknologi ved UiT.

Andre opplysninger

Kontaktinformasjon, student:	Johan Hessedal E-post: jhe075@post.uit.no Tlf: 405 55 725
Faglig veileder ved UiT:	Bjørn Reidar Sørensen E-post: bjorn.r.sorensen@uit.no Tlf: 970 13 801
Utleveringsdato:	11.01.2016
Innleveringsfrist:	20.06.2015

Johan Hessedal

Johan Hessedal, student/UiT

Bjørn R. Sørensen, Veileder/UiT

FORORD

Masteroppgaven ble skrevet som avsluttende arbeid i studiet *Integrert bygningsteknologi* ved UiT, Norges Arktiske Universitet.

Hensikten med oppgaven har vært å identifisere ulike bygge- og installasjonstekniske tiltak som kan utføres for å redusere energiforbruket og samtidig forbedre energimerket på eksisterende yrkesbygninger i Norge. Målet med oppgaven var videre å se på ringvirkningene av redusert energiforbruk, herunder et redusert bruk av fossile brensler med tilhørende senkning av bygningenes klimagassfotavtrykk, samt lavere energikostnader for eiendomseiere og leietakere. I tillegg bidrar et redusert klimagassutslipp til å nå EU's og Norges klimamål for fremtiden.

For å identifisere ulike energibesparende tiltak, ringvirkninger, barrierer og potensielle lønnsomhet knyttet til disse, ble det valgt å utføre et litteraturstudium, gjennomføre intervjuer med ulike aktører i bygge- og eiendomsbransjen, hente inn statistikk over energimerkede yrkesbygninger, samt beregne levert energiforbruk etter energimerkeforskriften for et antall ulike bygningskategorier og tidsperioder.

Temaet ble valgt delvis grunnet studieretningens omfattende fokus på områdene *energiforbruk i bygninger*, og fokus på *eiendomsdrift, -forvaltning og -vedlikehold*. Den andre grunnen til valg av tema var forfatterens interesse for fagfeltene energieffektivisering, klimapåvirkninger og eiendomsøkonomi.

Jeg ønsker å takke følgende personer for bistand i forbindelse med gjennomføring av arbeidet:

Bjørn R. Sørensen ved UiT, Norges Arktiske Universitet for veiledning gjennom arbeidet.

Knut Egil Bøhagen ved Norges vassdrags- og energidirektorat, seksjon energibruk og teknologi, for tilgang på statistikk over samtlige energimerkede bygninger i Norge.

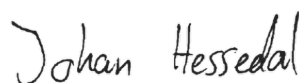
Kjell A. Dokka ved Programbyggerne AS for generell informasjon om beregningsprogrammet SIMIEN.

Vilni Verner Holst Bloch ved Statistisk sentralbyrå, seksjon bygg- og tjenestetatistikk for tilgang på statistikk over antall bygninger i Norge.

I tillegg rettes et stort takk til respondentene i intervjustudien for deres tid. Deres medvirkning har vært til stor hjelp i forbindelse med gjennomføring av masteroppgaven. Videre har deres medvirkning øket min generelle forståelse for eksisterende og fremtidige muligheter og utfordringer som foreligger ved vurdering og iverksetting av energibesparende tiltak i bygninger.

Avslutningsvis ønsker jeg å rette en stor takk til familie, min kjæreste og mine venner som bistått og støttet meg i forbindelse med gjennomføringen av arbeidet.

Trondheim 22. april 2016



Johan Hessedal, student ved UiT, Norges Arktiske Universitet

SAMMENDRAG

Europeiske Unionens (EU) direktiv om energieffektivitet av 25. oktober 2012, fastslår at byggesektoren i Europa står for omtrent 40 % av det totale sluttforbruket av energi. Videre presiseres i direktivet at hastigheten av renoveringsarbeidet må økes, siden eksisterende bygninger representerer den desidert største sektoren for potensiell energibesparelse. Foretaket Mckinsey & Company viser i tillegg i sin rapport *Pathways to a Low-Carbon Economy, version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*, at det med dagens teknologier eksisterer et potensial for å redusere utslipp av drivhusgasser med 35 % i 2030, sammenlignet med 1990-års nivå. Videre viser rapporten at dersom verden øker fokuset på reduisering av nåværende og fremtidige utslipp er reduksjonspotensialet beregnet å være opptil 70 %, samtidig konkluderes det med at tiltak på eksisterende bygninger er blant de mest lønnsomme. I følge EU's *Energy roadmap 2050* er det satt et langsiktig mål om å oppnå en reduksjon av drivhusgasser med 80-95 % i 2050, sammenlignet med utslippsnivået i 1990. Siden byggesektoren sies stå for omtrent 40 % av sluttforbruket av energi, og forbruket av energi er direkte linket til utslipp av drivhusgasser, er det dermed essensielt at tiltak gjøres for å redusere energiforbruket.

Obligatorisk energimerking av bygninger trådte i kraft 1. januar 2010. Lovkravene sier at alle yrkesbygninger over 1 000 kvadratmeter, samt alle bygninger som skal selges eller brukes til utleie skal inne ha en energiattest. Hensikten med forskriften er å øke oppmerksomheten om bygningers energibruk.

Med bakgrunn i ovenstående har hensikten med masteroppgaven vært å identifisere og evaluere insitamenter og barrierer for gjennomføring av energibesparende tiltak i eksisterende yrkesbygninger. Evalueringen av tiltakene ble utført basert på følgende parametere; *forbedring av bygningenes energimerke, økonomi/lønnsomhet, reduisering av CO₂-utslipp og barrierer for gjennomføring av tiltakene og effekten på Norges kraft- og energinett*. Energimerkeforskriften ble valgt som referanse siden beregning av en bygnings energimerke baseres på levert energi, istedenfor netto energi som benyttes i byggeteknisk forskrift. Systemgrensen for levert energi gir et bedre bilde av energibruket ettersom det inkluderer tap i energiforsyningstilførselen til bygningen.

Det ble valgt å begrense omfanget på antall bygningskategorier og tidsperioder. Bygningskategoriene som masteroppgaven har sett nærmere på er *kontorbygg, universitets- og høgskolebygg, hotellbygg, skolebygg og forretningsbygg*. Tidsperiodene er delt inn etter fem ulike tidsperioder basert på antatt og kravregulert byggeskikk. Tidsperiodene er henholdsvis *1949-1968, 1969-1986, 1987-1996, 1997-2006 og 2007-2010*.

For å kunne evaluere de ulike parameterne har forfatteren gjennomført følgende:

- ❖ En omfattende litteraturstudie.
- ❖ En innhenting og analysering av statistisk data fra Norges vass- og energidirektorat og Statisk sentralbyrå. Statistikken viser blant annet samlet energiforbruk for energimerkede bygninger i Norge, samt antall bygninger total i Norge, ut fra masteroppgavens begrensinger.
- ❖ En intervjustudie med aktører fra bygge- og eiendomsbransjen.

- ❖ Beregning av energi- og CO₂-reduksjoner samt forbedring av bygningenes energimerke grunnet ulike bygge- og installasjonstekniske tiltak. For å danne en generaliserende bilde av energiforbruket ble det valgt å lage referansemodeller for de ulike bygningskategoriene.
- ❖ Beregning av lønnsomheten i de ulike tiltakene.

De ulike teoriene som er presentert i masteroppgaven omhandler *energimerkeforskriften, energibestemmelser i tidligere byggetekniske forskrifter, energi-økonomi, hjelpemiddel for gjennomføring av energibesparende tiltak, offentlige støtteordninger og barrierer for gjennomføring av tiltakene.*

Evalueringen av tiltakenes forbedring på bygningenes energimerke ble også valgt siden hensikten med energimerkeforskriften er å øke den generelle oppmerksomheten om bygningers energibruk.

Intervjustudien ble gjennomført for å kartlegge reelle insentiver og barrierer for gjennomføring av energibesparende tiltak, samt identifisere hvor stor betydning forbedringen av bygningers energimerke har i forbindelse med slike tiltak. Det viste seg at det i hovedsak dreier seg om to konkrete faktorer, både gjeldende insentivene og barrierene. Den første faktoren er økonomi. Samtlige respondenter spesifiserte at lønnsomhet for foretaket er viktig i forbindelse med iverksettelse av energibesparende tiltak. I dette ligger blant annet *reduserte driftskostnader, økte leieinntekter, økt salgsverdi og forbedret markedsprofil og konkurransedyktighet.* Barrieren er dermed at ulønnsomme tiltak ikke prioriteres. Insentivet er økt lønnsomhet for foretaket. Basert på funn i intervjustudien menes det med ordet lønnsomhet at investeringskostnadene for tiltakene bør være nedbetalt innenfor en 3-7 års periode. Den andre faktoren var kompetanse og bevissthet. Manglende kompetanse i blant annet drift av bygninger og manglende bevissthet omkring energiforbruk hos brukere fører til unødvendig energiforbruk. Lite generell kunnskap utgjør dermed en barriere for energieffektivisering. Samtidig er gevinstene av økt kompetanse insentiver for øke fokus innenfor området.

Det viste seg videre at forbedringer av bygningers energimerke ikke var en prioritering ved iverksettelse og gjennomføring av energibesparende tiltak på eksisterende bygningsmasse. Dermed argumenteres det for en reform av forskriften, med innføring av lovpålagte minstekrav til både nye- og eksisterende bygninger. Dette vil sannsynligvis føre til oppstart av flere energibesparende tiltak i eksisterende bygninger, samtidig som det vil bidra til hensikten med forskriften, nemlig å øke oppmerksomheten om bygningers energibruk.

I de utførte statistiske analysene fremkommer det at energiforbruket for energimerkede yrkesbygninger fra de utvalgte bygningskategoriene utgjør ca. 9,9 TWh, fordelt på 14 193 bygninger og ca. 48 millioner kvadratmeter oppvarmet bruksareal. Samtidig viser statistikk fra SSB at det i disse bygningskategorier eksisterer 52 066 bygninger. Dermed er kun ca. 27,3 % av bygningene innenfor disse kategorier energimerket. Siden de utvalgte bygningskategoriene ikke engang representerer alle bygninger i Norge, kan argumentet at det foreligger et stort potensiale for reduisering av energibruken føres. Dette dersom minstekrav til energimerket på nye- og eksisterende bygninger innføres.

Siden respondentene i intervjustudien utelukkende representerte store bedrifter, er det verdt å nevne at masteroppgaven sannsynligvis ikke identifisert en rekke andre insentiv og barrierer som kan være relevante for mindre foretak. Likevel viser

funnene viktigheten av å gjøre energibesparende tiltak mer lønnsomme. Enten det er ved å innføre flere og mer økonomisk gunstige offentlige støtteordninger, ved å øke prisene på elektrisitet og energi, eller innføre høyere avgifter på klimagassutslipp fra bygninger så er argumentet fra forfatteren at noe må gjøres for å øke lønnsomheten i gjennomføring av energireduserende tiltak.

Ut ifra de utførte beregningene fremkommer det at tiltak bør prioriteres etter rekkefølgen:

1. Forbedring av ventilasjonsanlegget, herunder; redusere SFP-faktor, forbedre varmegjenvinneren og installere VAV-styring.
2. Installering av vann-vannvarmepumpe.
3. Utskifting av vinduer og dører for å redusere varmetapet fra disse, samtidig som det reduserer infiltrasjonstap.
4. Etterisolering av yttervegger for å redusere varmetapet fra disse, samtidig som det reduserer infiltrasjonstap.

Tiltak som installering av automatisert belysning og etterisolering av tak viser utgjøre en vesentlig mindre forbedring av bygningers energimerke, samtidig som de sjelden er lønnsomme.

Dersom fokus på forbedring av bygningenes energimerke ekskluderes kommer effektivisering av drift gjennom opplæring av driftspersonell, etablering av energioppfølgingssystem (EOS) og installering av sentralt driftskontrollanlegg (SD-anlegg) ofte bedre ut fra et økonomisk perspektiv, sammenlignet med de ovenfor nevnte tiltakene. Det anbefales derfor å vurdere slik tiltak i forbindelse med realisering av energireduserende tiltak.

Avslutningsvis har forfatteren valgt å gjøre en mindre, men likevel relevant digresjon fra de opprinnelige målene med masteroppgaven. I digresjonen diskuterer og fremmer forfatteren en endring systemgrensen for levert energi i energimerkeforskriften. Påstanden er at gjennomføring av energieffektiviserende og energireduserende tiltak på enkelt bygninger er å sub-optimalisere. I stedet bør systemgrensen for levert energi endres slik at man kan inkludere bidrag som varmeenergi og elektrisitet fra nærliggende bygninger, eller hele bydeler. Eksempelvis gjennom at deler av en bygnings oppvarmingsbehov kan dekkes av overskuddsvarme fra et kjøleaggregat på en nabobygning, og dermed redusere det reelle oppvarmingsbehov. Et annet eksempel er ombygging av eksisterende infrastruktur for energiforsyning, hvor man kan fordele energi mellom ulike bygninger alt etter behov. En slik endring vil kunne medføre et paradigmeskift i bygge- og eiendomsbransjen, hvor sub-optimalisering utgår, og storskala optimalisering fremmes. Videre ønsker forfatteren å dra en parallell mot den fremvoksende "delingsøkonomien" ved å påstå at en slik endring vil kunne føre til forankring av begrepet "delingsenergi" hvor energi som i dag går er direkte tap tilføres bygninger med et reelt behov.

ABSTRACT

The European Unions (EU) directive on energy efficiency of 25 October 2012 states that the construction sector in Europe accounts for about 40% of the total final energy consumption. The directive also emphasizes that the rate of renovation work must increase, since existing buildings represent by far the largest sector for potential energy savings. The firm Mckinsey & Company shows in its report *Pathways to a Low-Carbon Economy, version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve* that with the current technologies, it exists a potential for reducing greenhouse gas emissions by 35% in 2030, compared with the greenhouse gas emissions in 1990. The report goes on and predicts that if the world increases its focus on reducing the current and future emissions, the estimated potential is as high as up to 70%, and at the same time, it concludes that retrofitting of existing buildings are some of the most profitable actions to make. According to EU's *Energy road map 2050*, the EU has set a long-term goal, with the intent to achieve a reduction of greenhouse gas emissions by 80-95% by 2050, compared to the emission levels in 1990. Since the construction sector stands for about 40% of final energy consumption, and consumption of energy directly links to greenhouse gas emissions, it's considered as essential that efforts to reduce the consumption of energy caused by buildings are made.

Mandatory energy labeling of buildings came into force on the 1. of January 2010. The statutory requirements state that all occupational buildings over 1 000 square meters, and all buildings that are to be sold or used for rental purposes shall have an energy-label. The purpose of the regulations was to increase awareness of the energy-consumption caused by buildings.

Based on the above, the purpose of the thesis has been to identify and evaluate incentives and barriers to the carrying out of energy reducing measures in existing vocational buildings. The evaluation of the measures were carried out based on the following parameters; *reducing buildings energy-consumption, economy / profitability, reducing CO₂ emissions, barriers for the carrying out of the improvements and the effect on the Norwegian electricity and energy infrastructure*. The energy-label regulation was chosen as a reference point because the calculation of a buildings energy-label is based on the buildings delivered energy-consumption, in contrast to the measurement of net energy-consumption used in the technical building regulations. The system boundary for supplied energy gives a better picture of the energy-consumption level because it includes energy losses caused by the various efficiency levels of the technical energy supply equipment's used to transport energy into a building.

It was chosen to reduce the scope of the thesis to include a number of building categories and time-periods. The different building categories the thesis has included are *office buildings, university and college buildings, hotel buildings, school buildings and commercial buildings*. The time-periods used are divided into five different ranges. The ranges were based on estimates and identified regulated building requirements of the time. The time-periods are *1949-1968, 1969-1986, 1987-1996, 1997-2006 and 2007-2010*.

In order to evaluate the various parameters, the author has carried out the following:

- ❖ An extensive literature study.
- ❖ A collection and analysis of statistical data from the Norwegian Water and Energy Directorate and the Statistic Central Bureau of Norway. The statistics include the total energy-consumption of energy-labeled buildings in Norway. It also includes the total number of buildings in Norway, based on the thesis earlier mentioned limitations.
- ❖ An interview study with respondents from the construction and real estate industry.
- ❖ Calculations of energy and CO₂-emission reductions and the improvement of the buildings energy-label caused by various improvements of the building envelope and the buildings technical installations. To form a generalized picture of buildings energy-consumption, reference building-models were created for the various building categories.
- ❖ Calculations of the profitability due to reduced energy-consumption caused by the various improvements.

The different theories that are presented in the thesis considers *energy-labeling regulations, energy provisions in former technical regulations for buildings, energy-economy, aid for the implementation of energy saving improvements to buildings, public subsidies* and *barriers to implementing the building improvements*.

The evaluation of the various improvements on the energy-label of buildings was chosen because the purpose of the energy-labeling regulations is to increase general awareness regarding energy-consumption caused by buildings.

The interview study was conducted to identify the real incentives and barriers to carrying out energy-saving improvements, and to identify how much influence the energy-labeling regulations has in regards to carrying out such improvements. As it turned out, the carrying out of these improvements mainly circled around two specific factors that include both the barriers and the incentives. The first factor is economy. All respondents specified that the profitability is important when considering the carrying out of energy reducing improvements. The incentive is therefore increased profitability for the firm. By economy, it is refereed to profitability caused by *reduced maintenance costs, increased rental payments, increased property value* and *improvement marketing profile and increased competitive edge*. The barrier is that unprofitable improvements are down-prioritized. The term profitably here referees to improvements that pay-back the investment in a 3 to 7 year period. The second factor included competence and awareness. Lacking expertise in how to efficiently maintaining a buildings technical system and lack of awareness regarding energy consumption leads to unnecessary use of energy. Little general knowledge thus constitutes a barrier to reducing energy use efficiency. At the same time, the incentive is that increased competence and focus within the area will help reduce energy consumption caused by buildings.

In the interview study, it furthermore appeared that the buildings energy-label was of little or no importance when it came to carry of energy reducing

improvements on the existing building property. Thus, one can argue for a reform of the regulations by implementing law-restrictions to both new and existing buildings. This is expected to lead to the launch of multiple energy reducing improvements, while it also will contribute to the main purpose of the regulation, namely to increase the awareness of energy-consumption caused by buildings.

The conducted statistical analyses shows that the energy use in energy-labeled buildings from the restricted building categories amount to roughly 9,9 TWh, distributed over 14 193 buildings and about 48 million square meters of heated floor space. The analyses of the SSB statistics show that it exists 52 066 buildings within these categories in Norway. Thus, only about 27,3 % of the buildings in these categories have been energy-labeled. Since the chosen building categories not even represent all buildings in Norway, it seems fair to argue that there lies a big potential for reducing energy use if minimum requirements to energy-labels are introduced for both new and existing buildings.

Since the respondents in the conducted interview study exclusively represented large firms, it is worth mentioning that the thesis probably not identified a number of incentives and barriers that may be relevant for smaller firms. Yet, the findings show the importance of making energy reducing improvements more profitable. Whether it is by introducing more economically favorable public subsidies or by increasing the prices of electricity and energy or imposing higher taxes on greenhouse gas emissions from buildings, the author argues that something has to be done to increase the profitably to carry out energy reducing improvements.

Based on the conducted calculations, it appears that energy-reducing improvements should be prioritized in the following order:

1. Improvement of the ventilation system by; reducing the SFP-factor, improving the heat exchanger and installing a VAV-system.
2. Installing a heat pump (water to water).
3. Replace windows, and thereby reducing heat loss from the windows and heat loss caused by the buildings infiltration leakage.
4. Insulation of exterior walls and thereby reducing heat loss from the walls and reducing heat loss caused by the buildings infiltration leakage.

Energy reducing improvements such as installing automated lightning control and adding extra roof insulation do not considerably reduce a buildings energy usage. At the same time, these improvements are not very profitable.

If the focus on improving buildings energy-label is excluded from consideration, the most favorable energy reducing improvements come from increasing the competence level of maintenance personnel, establishing an energy monitoring system and the installment of a central process control system. This from an economic point of view, compared to the improvements mentioned above.

To end with, the author has chosen to make a smaller, but relevant digression from the original objectives of the thesis. In this digression, the author discusses and promotes a change of the system boundary of delivered energy in the energy-labeling regulations. The claim is that the conduction of energy-efficient and energy reducing improvements on individual buildings are sub-optimizing.

Instead, the system boundary for delivered energy should be changed to include energy and electricity contributions from other nearby located buildings. For example, by using excess heat from a cooling unit on a neighboring building, the actual energy consumption of another building could be decreased. Another example is to reconstruct the existing infrastructure for energy distribution in order to reallocate excess energy between different buildings based on actual needs. Such a change could lead to a paradigm shift in the construction and real estate industry, where sub-optimization expires, and large scale optimization is promoted. The author wishes to draw a parallel between the growing "sharing economy" by claiming that the change described above could lead to the grounding of the concept of "sharing energy", where energy that today is lost can be redistributed and used in other buildings.

INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD	I
SAMMENDRAG	II
ABSTRACT	V
INNHALDSFORTEGNELSE	IX
LISTE OVER FIGURER	XI
LISTE OVER TABELLER.....	XIII
FORKORTELSER OG BEGREPSFORKLARINGER	XVII
1. INNLEDNING	1
1.1. BAKGRUNN	1
1.2. MÅL.....	3
1.3. BEGRENSNINGER.....	3
1.4. RAPPORTENS OPPBYGGING & STRUKTUR.....	4
2. METODE.....	8
2.1. LITTERATURSTUDIE	8
2.2. INTERVJUER	9
2.3. INNHENTING AV STATISTISK DATA	10
2.4. BEREGNING AV RESULTATER	10
3. ENERGIMERKEFORSKRIFTEN	12
3.1. KARAKTERSKALAEN I ENERGIMERKEORDNINGEN	12
3.2. BEREGNING AV BYGNINGERS ENERGIMERKE	14
3.3. NVE'S STATISTISK DATA FRA ENERGIMERKEDE YRKESBYGG I NORGE	18
3.4. SAMMENHENGEN MELLOM REDUSERT ENERGIBRUK OG ET LAVERE UTSLIPP AV KARBONDIOKSID	26
3.5. ANTALL BYGNINGER I NORGE.....	27
4. ENERGIBESTEMMELSER I TEKNISKE BYGGEFORSKRIFTER, TEK´49 TIL TEK´16.....	29
5. ENERGIØKONOMISERING I NORSKE YRKESBYGNINGER	32
5.1. IDENTIFISERING OG GJENNOMFØRING AV ENØK-TILTAK	34
5.2. ØKONOMISKE VURDERINGER	37
5.3. UTVIKLING AV ENERGIPRISER I NORGE	42
5.4. HJELPEMIDDEL FOR SYSTEMATISERING AV ARBEIDET MED ENERGIREDUSERING I BYGNINGER	44
5.5. ENOVAS STØTTEORDNINGER FOR ENERGIBESPARENDE TILTAK	50
5.6. BARRIERER FOR GJENNOMFØRING AV ENERGIBESPARENDE TILTAK I YRKESBYGG.....	52
6. INTERVJUER - HOVEDFUNN	55
6.1. EIENDOMSVIRKSOMHETER	56
6.2. TEKNISK ENTREPRENØR	70
7. REFERANSEBYGNINGER.....	74
7.1. KONTORBYGG.....	75
7.2. UNIVERSITETS- OG HØGSKOLEBYGG	76
7.3. HOTELLBYGG.....	77
7.4. SKOLEBYGG.....	78
7.5. FORRETNINGSBYGG	79
8. BEREGNINGSRISULTATER	80
8.1. REFERANSEBYGNINGENS ENERGIMERKE OG ENERGIFORBRUK.....	81
8.2. ENERGIBESPARENDE TILTAK SOM FORBEDRER BYGNINGENS ENERGIMERKE	83

8.3.	DE MEST LØNNSOMME TILTAKENE	94
8.4.	ENERGI- OG CO ₂ REDUKSJONSPOTENSIALET I EKSISTERENDE ENERGIMERKEDE YRKESBYGNINGER	96
9.	USIKKERHETSANALYSE	101
9.1.	REFERANSEBYGNINGER OG NVE'S DATABASE	101
9.2.	BEREGNING AV ENERGIBESPARENDE TILTAK OG FORBEDRING AV BYGNINGENS ENERGIMERKE	103
9.3.	CO ₂ -REDUKSJONSPOTENSIALET	104
9.4.	LØNNSOMHETSBEREGNINGER	104
9.5.	INTERVJUMETODIKK	105
10.	DISKUSJON	107
10.1.	INSITAMENT, HJELPEMIDDEL & BARRIERER FOR GJENNOMFØRING AV ENERGIBESPARENDE TILTAK	107
10.2.	BEREGNINGSRISULTATENE	112
10.3.	BYGNINGENS REELLE ENERGIFORBRUK	117
10.4.	EKSISTERENDE VS. NYE BYGNINGER	117
10.5.	VALG AV RESPONDENTER	118
10.6.	ENERGIMERKEFORSKRIFTENS PÅVIRKNINGSKRAFT PÅ BYGNINGERS ENERGIFORBRUK	118
11.	KONKLUSJON	120
11.1.	FORBEDRING AV BYGNINGERS ENERGIMERKE	120
11.2.	ØKONOMISKE BETRAKTNINGER	121
11.3.	PRIORITERING AV BYGNINGSKATEGORIER	122
11.4.	BYGNINGENS CO ₂ -UTSLIPP	122
11.5.	BARRIERER	123
11.6.	TOTALEFFekten AV ENERGIREDUSERING	124
12.	FORSLAG TIL VIDERE ARBEID	126
13.	REFERANSELISTE	127
VEDLEGG A – BEREGNINGSRISULTAT		I
VEDLEGG B – INTERVJUSKJEMAER		I
B1 –	INTERVJUSKJEMA FOR EIENDOMSEIERE/BESLUTNINGSTAKERE/FORVALTERE	II
B2 –	INTERVJUSKJEMA FOR TEKNISKE ENTREPRENØRER	VI
VEDLEGG C - KOSTNADSBEREGNINGER		I
VEDLEGG D - FORUTSETNINGER FOR REFERANSEBYGNINGENE		I
D1 –	KONSTRUKSJONS- OG INSTALLASJONSTEKNISK INNDATA	II
D2 –	OPPVARMINGSSYSTEM	XVI

LISTE OVER FIGURER

FIGUR 1. NØDVENDIGE REDUKSJONER AV DRIVHUSGASSER FOR Å NÅ EU'S LANGSIKTIGE MÅL TIL 2050 [4].	1
FIGUR 2. KOSTNADSNIVÅ FOR ULIKE TILTAK KNYTTET TIL REDUKSJON AV UTSLIPPET AV DRIVHUSGASSER PÅ VERDENSBASIS [3].	2
FIGUR 3. VISUELL FREMSTILLING AV SYSTEMGRENSEN FOR LEVERT ENERGI [12]. SYSTEMGRENSEN FOR LEVERT ENERGI ER VIST I FIGURENS NUMMER 3 OG INKLUDERER VARMESYSTEMETS ENERGIOMDANNING OG SYSTEMTAP I TILLEGG TIL BYGNINGENS NETTO ENERGI BEHOV.	12
FIGUR 4. GRENSEVERDIER I KILOWATT-TIMER PER M ² LEVERT ENERGI FOR FASTSTILLING AV ENERGIKARAKTER. ENERGIKARAKTERSKALA GJELDENE FRA 10. JUNI 2015 [10].	13
FIGUR 5. OPPNÅDD OPPVARMINGSKARAKTER BASERT PÅ PROSENTUELL ANDEL ENERGI FRA STRØM OG/ELLER FOSSILE ENERGIVARER LEVERT TIL BYGNINGEN [13].	14
FIGUR 6. FORDELING AV OPPVARMET BRUKSAREAL FORDELT PÅ BYGNINGSKATEGORI OG TIDSPERIODE. DATAEN ER BASERT PÅ STATISTIKK FRA NORGES VASS- OG ENERGI-DIREKTORAT.	19
FIGUR 7. ENERGI-FORBRUK PER BYGNINGSKATEGORI OG TIDSPERIODE I KWH PER ÅR, BEREGNET MOT NORMALISERT KLIMA. DATAENE ER BASERT PÅ STATISTIKK FRA NORGES VASS- OG ENERGI-DIREKTORAT.	20
FIGUR 8. UTVIKLINGEN AV SPESIFIKT ENERGI-FORBRUK I KWH PER M ² OG ÅR, FORDELT PÅ BYGNINGSKATEGORI OG TIDSPERIODE OG BEREGNET VED NORMALISERT KLIMA. DATAEN ER BASERT PÅ STATISTIKK FRA NORGES VASS- OG ENERGI-DIREKTORAT.	20
FIGUR 9. ENERGI-FORBRUK PER BYGNINGSKATEGORI OG TIDSPERIODE I KWH PER ÅR, BEREGNET MOT LOKALT KLIMA. DATAENE ER BASERT PÅ STATISTIKK FRA NORGES VASS- OG ENERGI-DIREKTORAT.	21
FIGUR 10. UTVIKLINGEN AV SPESIFIKT ENERGI-FORBRUK I KWH PER M ² OG ÅR, FORDELT PÅ BYGNINGSKATEGORI OG TIDSPERIODE OG BEREGNET VED LOKALT KLIMA. DATAENE ER BASERT PÅ STATISTIKK FRA NORGES VASS- OG ENERGI-DIREKTORAT.	21
FIGUR 11. PROSENTUELL FORDELING AV ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER PER BYGNINGSKATEGORI FOR BYGGEPERIODEN 1949-1968. DATAENE ER BASERT PÅ STATISTIKK FRA NORGES VASS- OG ENERGI-DIREKTORAT.	22
FIGUR 12. PROSENTUELL FORDELING AV ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER PER BYGNINGSKATEGORI FOR BYGGEPERIODEN 1969-1986. DATAENE ER BASERT PÅ STATISTIKK FRA NORGES VASS- OG ENERGI-DIREKTORAT.	23
FIGUR 13. PROSENTUELL FORDELING AV ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER PER BYGNINGSKATEGORI FOR BYGGEPERIODEN 1987-1996. DATAENE ER BASERT PÅ STATISTIKK FRA NORGES VASS- OG ENERGI-DIREKTORAT.	23
FIGUR 14. PROSENTUELL FORDELING AV ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER PER BYGNINGSKATEGORI FOR BYGGEPERIODEN 1997-2006. DATAENE ER BASERT PÅ STATISTIKK FRA NORGES VASS- OG ENERGI-DIREKTORAT.	24
FIGUR 15. PROSENTUELL FORDELING AV ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER PER BYGNINGSKATEGORI FOR BYGGEPERIODEN 2007-2010. DATAENE ER BASERT PÅ STATISTIKK FRA NORGES VASS- OG ENERGI-DIREKTORAT.	24
FIGUR 16. CO ₂ -UTSLIPP I KG PER ÅR, FORDELT PÅ BYGNINGSKATEGORI OG TIDSPERIODE. DATAENE ER BASERT PÅ STATISTIKK FRA NORGES VASS- OG ENERGI-DIREKTORAT.	25
FIGUR 17. CO ₂ -UTSLIPP I KG PER M ² OG ÅR, FORDELT PÅ BYGNINGSKATEGORI OG TIDSPERIODE. DATAENE ER BASERT PÅ STATISTIKK FRA NORGES VASS- OG ENERGI-DIREKTORAT.	26
FIGUR 18. VISUALISERING AV VARIASJONEN I ÅRSMIDDELTEMPERATURER I NORGE [28].	32
FIGUR 19. UTVIKLING AV PRIS PÅ ULIKE ENERGI-BÆRERE I NORGE MELLOM 2005 TIL 2015 [33].	42
FIGUR 20. UTVIKLINGEN AV GJENNOMSNITTLIGE PRISER PÅ ELEKTRISK KRAFT MELLOM 1999 OG 2015 [34].	43
FIGUR 21. UTVIKLINGEN AV GJENNOMSNITTLIG FJERNVARMEPRIS MELLOM 1987 OG 2014. PRISUTVIKLINGEN ER KOMPLETTERT MED EN LINEÆR TRENDLINJE FREM TIL 2020. DATAENE ER HENTET FRA SSB'S NETTSIDER [35].	44
FIGUR 22. FINANSIERINGSMODELL FOR ENERGISPAREKONTRAKTER [38].	45
FIGUR 23. MODELL FOR ENERGI-LEDELSESSYSTEM FOR NS-EN ISO 50001:2011 [40].	47
FIGUR 24. PRINSIPIELT KONSEPT FOR PASSIV ENERGI-DESIGN [42].	49
FIGUR 25. REFERANSEMODELL FOR BYGNINGSKATEGORI KONTORBYGG.	75
FIGUR 26. REFERANSEMODELL FOR BYGNINGSKATEGORI UNIVERSITETS- OG HØGSKOLEBYGG.	76

FIGUR 27. REFERANSEMODELL FOR BYGNINGSKATEGORI HOTELLBYGG.	77
FIGUR 28. REFERANSEMODELL FOR BYGNINGSKATEGORI SKOLEBYGG.	78
FIGUR 29. REFERANSEMODELL FOR BYGNINGSKATEGORI FORRETNINGSBYGG.	79

LISTE OVER TABELLER

TABELL 1. BEGRENŚNINGER AV BYGNINGSKATEGORIER OG TIDSPERIODER ARBEIDET I MASTEROPPGAVEN BEHANDLER MED HENSYN TIL ENERGIREDUSERENDE TILTAK OG FORBEDRING AV BYGNINGENS ENERGIMERKE.	4
TABELL 2. OVERORDNET OVERSIKT AV MASTEROPPGAVENS OPPBYGGINGSSTRUKTUR OG INNHOLD.....	4
TABELL 3. NORMERTE VERDIER BENYTTET I FORBINDELSE MED ENERGIBEREGNING AV LEVERT ENERGI ETTER NS3031:2014, TILLEGG A OG TILLEGG M [11].	14
TABELL 4. KOMPETANSEKRAV FOR ENERGIMERKING I YRKESBYGG [18].	15
TABELL 5. MULIGE PARAMETERE VED BEREGNING AV LØNNSOMHETSTILTAK I SIMIEN [23].....	16
TABELL 6. CO2-FAKTOR I GRAM PER KILOWATTIME FRA SINTEF PROSJEKTRAPPORT 42 OG NS-EN 15603 [24] [25].	26
TABELL 7. OVERSIKT OVER ANTALL BYGNINGER (TOTALT OG ENERGIMERKEDE) I KATEGORIENE KONTORBYGG, UNIVERSITETS- OG HØGSKOLEBYGG, HOTELLBYGG, SKOLEBYGG OG FORRETNINGSBYGG I NORGE VED ÅRSSKIFTET 2015/2016. KILDER: STATISTISK SENTRALBYRÅ, 26. JANUAR 2016. NORGES VASS- OG ENERGIDIREKTORAT, 27. JANUAR 2016.	28
TABELL 8. INNDATA SOM BENYTTES I DENNE MASTEROPPGAVE MED HENSYN TIL BYGGETEKNISKE KONSTRUKSJONER OG TEKNISKE INSTALLASJONER I BYGNINGER MELLOM TEK'49 TIL TEK'16 [6] [11] [18] [26].	30
TABELL 9. SAMVIRKENDE FAKTORER VED EN HELHETLIG ENØK-VURDERING AV EN BYGNING [29].....	33
TABELL 10. PROSEDYRE FOR IDENTIFISERING OG GJENNOMFØRING AV ENØK-TILTAK [30].	35
TABELL 11. VIKTIGE SAMVIRKENDE PARAMETERE VED ØKONOMISKE VURDERINGER AV ENERGIBESPARENDE TILTAK [31].....	37
TABELL 12. VIKTIGE PARAMETERE VED BEREGNING AV BESPARELSEN FOR ENØK-TILTAK [31].....	39
TABELL 13. LEVETIDER FOR ULIKE OBJEKTER I EN BYGNINGEN FRA ET ENØK-SAMMENHENG [32].....	41
TABELL 14. DIREKTE OG INDIREKTE FORDELER VED ETABLERING AV ET ENERGIOPPFØLGINGSSYSTEM [41].....	48
TABELL 15. KARTLEGGINGSARBEID SOM ER INNENFOR OG UTENFOR STØTTEOMRÅDET TIL ENOVAS STØTTEPROGRAM FOR EKSISTERENDE BYGG [43].	51
TABELL 16. ENERGIREDUSERENDE STØTTEBERETTIGEDE TILTAK I ENOVAS PROGRAM "STØTTE TIL EKSISTERENDE BYGG" [44].	52
TABELL 17. BARRIERER FOR GJENNOMFØRING AV ENERGIREDUSERENDE TILTAK IDENTIFISERT AV LAVENERGIUTVALGET [45].	52
TABELL 18. OPPSUMMERING AV BARRIERER FOR GJENNOMFØRING AV ENERGIREDUSERENDE TILTAK IDENTIFISERT AV MULTICONSULT OG ANALYSE & STRATEGI I RAPPORTEN "POTENSIAL- OG BARRIERESTUDIE, ENERGIEFFEKTIVISERING I NORSKE YRKESBYGG" FOR ENOVA I 2011 [6].....	54
TABELL 19. GENERELL INFORMASJON OM REFERANSEKONSTRUKSJONEN FOR KONTORBYGG. KOMPLETT INNDATA FOR REFERANSEBEREGNINGER FREMKOMMER AV VEDLEGG D - FORUTSETNINGER FOR REFERANSEBYGNINGENE.....	75
TABELL 20. GENERELL INFORMASJON OM REFERANSEKONSTRUKSJONEN FOR UNIVERSITETS- OG HØGSKOLEBYGG. KOMPLETT INNDATA FOR REFERANSEBEREGNINGER FREMKOMMER I VEDLEGG D - FORUTSETNINGER FOR REFERANSEBYGNINGENE.....	76
TABELL 21. GENERELL INFORMASJON OM REFERANSEKONSTRUKSJONEN FOR HOTELLBYGG. KOMPLETT INNDATA FOR REFERANSEBEREGNINGER FREMKOMMER I VEDLEGG D - FORUTSETNINGER FOR REFERANSEBYGNINGENE.....	77
TABELL 22. GENERELL INFORMASJON OM REFERANSEKONSTRUKSJONEN FOR SKOLEBYGG. KOMPLETT INNDATA FOR REFERANSEBEREGNINGER FREMKOMMER I VEDLEGG D - FORUTSETNINGER FOR REFERANSEBYGNINGENE.....	78
TABELL 23. GENERELL INFORMASJON OM REFERANSEKONSTRUKSJONEN FOR FORRETNINGSBYGG. KOMPLETT INNDATA FOR REFERANSEBEREGNINGER FREMKOMMER I VEDLEGG D - FORUTSETNINGER FOR REFERANSEBYGNINGENE.....	79
TABELL 24. ENERGIBESPARENDE TILTAK BENYTTET I FORBINDELSE MED RESULTATBEREGNINGER.	80
TABELL 25. ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER, SAMT ENERGIFORBRUK I KWH/M ² FOR DE ULIKE BYGNINGSKATEGORIENE OG BYGGEPERIODENE BENYTTET I MASTEROPPGAVEN.	81
TABELL 26. NEDSTIGENDE ENERGIFORBRUK FORDELT PÅ BYGNINGSKATEGORI OG TIDSPERIODE FOR REFERANSEBYGNINGENE VIST I KAPITEL 6.	82

TABELL 27. OVERSIKT OVER BYGNINGSKATEGORIER MED TILHØRENDE TIDSPERIODE HVOR TILTAK 1 FORBEDRET REFERANSEBYGNINGENS ENERGIMERKE. TABELLEN VISER OPPRINNELIG ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER, NY ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER ETTER GJENNOMFØRT TILTAK, REDUSERT CO ₂ -UTSLIPP, OG MAKSIMALT INVESTERINGSBELØP DERSOM TILTAKET SKAL VÆRE LØNNSOMT UT FRA ET LEVETIDSPERSPEKTIV.	83
TABELL 28. OVERSIKT OVER BYGNINGSKATEGORIER MED TILHØRENDE TIDSPERIODE HVOR TILTAK 2 FORBEDRET REFERANSEBYGNINGENS ENERGIMERKE. TABELLEN VISER OPPRINNELIG ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER, NY ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER ETTER GJENNOMFØRT TILTAK, REDUSERT CO ₂ -UTSLIPP, OG MAKSIMALT INVESTERINGSBELØP DERSOM TILTAKET SKAL VÆRE LØNNSOMT UT FRA ET LEVETIDSPERSPEKTIV.	84
TABELL 29. OVERSIKT OVER BYGNINGSKATEGORIER MED TILHØRENDE TIDSPERIODE HVOR TILTAK 3 FORBEDRET REFERANSEBYGNINGENS ENERGIMERKE. TABELLEN VISER OPPRINNELIG ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER, NY ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER ETTER GJENNOMFØRT TILTAK, REDUSERT CO ₂ -UTSLIPP, OG MAKSIMALT INVESTERINGSBELØP DERSOM TILTAKET SKAL VÆRE LØNNSOMT UT FRA ET LEVETIDSPERSPEKTIV.	85
TABELL 30. OVERSIKT OVER BYGNINGSKATEGORIER MED TILHØRENDE TIDSPERIODE HVOR TILTAK 5 FORBEDRET REFERANSEBYGNINGENS ENERGIMERKE. TABELLEN VISER OPPRINNELIG ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER, NY ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER ETTER GJENNOMFØRT TILTAK, REDUSERT CO ₂ -UTSLIPP, OG MAKSIMALT INVESTERINGSBELØP DERSOM TILTAKET SKAL VÆRE LØNNSOMT UT FRA ET LEVETIDSPERSPEKTIV.	85
TABELL 31. OVERSIKT OVER BYGNINGSKATEGORIER MED TILHØRENDE TIDSPERIODE HVOR TILTAK 7 FORBEDRET REFERANSEBYGNINGENS ENERGIMERKE. TABELLEN VISER OPPRINNELIG ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER, NY ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER ETTER GJENNOMFØRT TILTAK, REDUSERT CO ₂ -UTSLIPP, OG MAKSIMALT INVESTERINGSBELØP DERSOM TILTAKET SKAL VÆRE LØNNSOMT UT FRA ET LEVETIDSPERSPEKTIV.	86
TABELL 32. OVERSIKT OVER BYGNINGSKATEGORIER MED TILHØRENDE TIDSPERIODE HVOR TILTAK 9 FORBEDRET REFERANSEBYGNINGENS ENERGIMERKE. TABELLEN VISER OPPRINNELIG ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER, NY ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER ETTER GJENNOMFØRT TILTAK, REDUSERT CO ₂ -UTSLIPP, OG MAKSIMALT INVESTERINGSBELØP DERSOM TILTAKET SKAL VÆRE LØNNSOMT UT FRA ET LEVETIDSPERSPEKTIV.	86
TABELL 33. OVERSIKT OVER BYGNINGSKATEGORIER MED TILHØRENDE TIDSPERIODE HVOR TILTAK 10 FORBEDRET REFERANSEBYGNINGENS ENERGIMERKE. TABELLEN VISER OPPRINNELIG ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER, NY ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER ETTER GJENNOMFØRT TILTAK, REDUSERT CO ₂ -UTSLIPP, OG MAKSIMALT INVESTERINGSBELØP DERSOM TILTAKET SKAL VÆRE LØNNSOMT UT FRA ET LEVETIDSPERSPEKTIV.	87
TABELL 34. OVERSIKT OVER BYGNINGSKATEGORIER MED TILHØRENDE TIDSPERIODE HVOR KOMBINASJON 1 FORBEDRET REFERANSEBYGNINGENS ENERGIMERKE. TABELLEN VISER OPPRINNELIG ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER, NY ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER ETTER GJENNOMFØRT TILTAK, REDUSERT CO ₂ -UTSLIPP, OG MAKSIMALT INVESTERINGSBELØP DERSOM TILTAKET SKAL VÆRE LØNNSOMT UT FRA ET LEVETIDSPERSPEKTIV.	88
TABELL 35. OVERSIKT OVER BYGNINGSKATEGORIER MED TILHØRENDE TIDSPERIODE HVOR KOMBINASJON 2 FORBEDRET REFERANSEBYGNINGENS ENERGIMERKE. TABELLEN VISER OPPRINNELIG ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER, NY ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER ETTER GJENNOMFØRT TILTAK, REDUSERT CO ₂ -UTSLIPP, OG MAKSIMALT INVESTERINGSBELØP DERSOM TILTAKET SKAL VÆRE LØNNSOMT UT FRA ET LEVETIDSPERSPEKTIV.	89
TABELL 36. OVERSIKT OVER BYGNINGSKATEGORIER MED TILHØRENDE TIDSPERIODE HVOR KOMBINASJON 3 FORBEDRET REFERANSEBYGNINGENS ENERGIMERKE. TABELLEN VISER OPPRINNELIG ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER, NY ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER ETTER GJENNOMFØRT TILTAK, REDUSERT CO ₂ -UTSLIPP, OG MAKSIMALT INVESTERINGSBELØP DERSOM TILTAKET SKAL VÆRE LØNNSOMT UT FRA ET LEVETIDSPERSPEKTIV.	89
TABELL 37. OVERSIKT OVER BYGNINGSKATEGORIER MED TILHØRENDE TIDSPERIODE HVOR KOMBINASJON 4 FORBEDRET REFERANSEBYGNINGENS ENERGIMERKE. TABELLEN VISER OPPRINNELIG ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER, NY ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER ETTER GJENNOMFØRT TILTAK, REDUSERT CO ₂ -UTSLIPP, OG MAKSIMALT INVESTERINGSBELØP DERSOM TILTAKET SKAL VÆRE LØNNSOMT UT FRA ET LEVETIDSPERSPEKTIV.	90
TABELL 38. OVERSIKT OVER BYGNINGSKATEGORIER MED TILHØRENDE TIDSPERIODE HVOR KOMBINASJON 5 FORBEDRET REFERANSEBYGNINGENS ENERGIMERKE. TABELLEN VISER OPPRINNELIG ENERGI- OG	

OPPVARMINGSKARAKTER, NY ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER ETTER GJENNOMFØRT TILTAK, REDUSERT CO2-UTSLIPP, OG MAKSIMALT INVESTERINGSBELØP DERSOM TILTAKET SKAL VÆRE LØNNSOMT UT FRA ET LEVETIDSPERSPEKTIV.	91
TABELL 39. OVERSIKT OVER BYGNINGSKATEGORIER MED TILHØRENDE TIDSPERIODE HVOR KOMBINASJON 6 FORBEDRET REFERANSEBYGNINGENS ENERGIEMERKE. TABELLEN VISER OPPRINNELIG ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER, NY ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER ETTER GJENNOMFØRT TILTAK, REDUSERT CO2-UTSLIPP, OG MAKSIMALT INVESTERINGSBELØP DERSOM TILTAKET SKAL VÆRE LØNNSOMT UT FRA ET LEVETIDSPERSPEKTIV.	92
TABELL 40. OVERSIKT OVER BYGNINGSKATEGORIER MED TILHØRENDE TIDSPERIODE HVOR KOMBINASJON 7 FORBEDRET REFERANSEBYGNINGENS ENERGIEMERKE. TABELLEN VISER OPPRINNELIG ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER, NY ENERGI- OG OPPVARMINGSKARAKTER ETTER GJENNOMFØRT TILTAK, REDUSERT CO2-UTSLIPP, OG MAKSIMALT INVESTERINGSBELØP DERSOM TILTAKET SKAL VÆRE LØNNSOMT UT FRA ET LEVETIDSPERSPEKTIV.	92
TABELL 41. DE FEM MEST LØNNSOMME ENERGIESPARENDE BYGGETEKNISKE TILTAKENE SOM MEDFØRER ENDRING AV REFERANSEBYGNINGENS ENERGIEMERKE.	94
TABELL 42. DE FEM MEST LØNNSOMME ENERGIESPARENDE INSTALLASJONSTEKNISKE TILTAKENE SOM MEDFØRER ENDRING AV REFERANSEBYGNINGENS ENERGIEMERKE.	95
TABELL 43. BEREGNET TOTAL ENERGIREDUKSJONSPOTENSIALE FOR TILTAKSKOMBINASJON 3. KOMBINASJONEN INKLUDERER FORBEDRING AV VENTILASJONSSYSTEMETS SFP-FAKTOR OG VARMEGJENVINNINGSGRAD SAMT INSTALLERING AV VAV-STYRING, AUTOMATISERT BELYSNING OG VARMEPUMPE.	96
TABELL 44. BEREGNET TOTALT ENERGIREDUKSJONSPOTENSIALE FOR TILTAKSKOMBINASJON 6. KOMBINASJONEN INKLUDERER FORBEDRING AV U-VERDIENE PÅ YTTERVEGGENE, TAKKONSTRUKSJONEN, VINDUENE OG DØRENE, SAMT BYGNINGENS LEKKASJETALL.	97
TABELL 45. BEREGNET TOTAL ENERGIREDUKSJONSPOTENSIALE FOR TILTAKSKOMBINASJON 7. BEREGNINGENE ER BASERT PÅ UTFØRELSE AV SAMTLIGE TILTAK BESKREVET FOR KOMBINASJONENE 3 OG 6.	97
TABELL 46. BEREGNET TOTAL CO2-REDUKSJONSPOTENSIALE FOR TILTAKSKOMBINASJON 3. KOMBINASJONEN INKLUDERER FORBEDRING AV VENTILASJONSSYSTEMETS SFP-FAKTOR OG VARMEGJENVINNINGSGRAD SAMT INSTALLERING AV VAV-STYRING, AUTOMATISERT BELYSNING OG VARMEPUMPE.	98
TABELL 47. BEREGNET TOTAL CO2-REDUKSJONSPOTENSIALE FOR TILTAKSKOMBINASJON 6. KOMBINASJONEN INKLUDERER FORBEDRING AV U-VERDIENE PÅ YTTERVEGGENE, TAKKONSTRUKSJONEN, VINDUENE OG DØRENE, SAMT BYGNINGENS LEKKASJETALL.	99
TABELL 48. BEREGNET TOTAL CO2-REDUKSJONSPOTENSIALE FOR TILTAKSKOMBINASJON 7. BEREGNINGENE ER BASERT PÅ UTFØRELSE AV SAMTLIGE TILTAK BESKREVET FOR KOMBINASJONENE 3 OG 6.	99
TABELL 49. PROSENTUELL DIFFERANSE MELLOM REFERANSEBYGNINGENE VIST I KAPITTEL 6 OG BEREGNET GJENNOMSNITTLIG ENERGI BRUK FOR DE ULIKE BYGNINGSKATEGORIENE I NVE'S DATABASE. DIFFERANSEN ER BEREGNET UT FRA LEVERT ENERGI BEHOV I KILOWATT TIMER PER OPPVARMET KVADRATMETER OG ÅR. NEGATIV DIFFERANSE BETYR AV REFERANSEBYGNINGEN BRUKER MINDRE ENERGI ENN GJENNOMSNITTET FOR BYGNINGSKATEGORIEN OG TIDSPERIODEN FRA NVE'S DATA. OMVENDT VISER POSITIVE AVVIK AT REFERANSEBYGNINGENE HAR ET HØYERE ENERGI BRUK.	101
TABELL 50. MULIGE ÅRSAKER TIL DIFFERANSEN MELLOM REFERANSEBYGNINGENS LEVERTE ENERGI BEHOV OG GJENNOMSNITTLIG LEVERT ENERGI BEHOV FRA NVE'S DATABASE OVER EKSISTERENDE ENERGIEMERKETE BYGNINGER.	102
TABELL 51. PRIORITERING AV TILTAK FOR FORBEDRING AV BYGNINGERS ENERGIEMERKE.	120
TABELL 52. ANBEFALT PRIORITERING AV TILTAKSKOMBINASJONER FOR FORBEDRING AV BYGNINGERS ENERGIEMERKE.	121
TABELL 53. IDENTIFISERTE BARRIERER OG TILTAK FOR NEDBRYTING AV DISSE.	123
TABELL 54. LISTE OVER ENERGIESPARENDE TILTAK. LISTEN DIFFERENSIERER MELLOM BYGGE- OG INSTALLASJONSTEKNISKE ARBEIDER. SIST I TABELLEN VISES KOMBINASJONER AV TILTAKENE SOM ANSES HENSIKTSMESSIGE Å SE PÅ I SAMBAND MED HVERANDRE.	II
TABELL 55. LEVETIDER FOR DE ULIKE TILTAKENE BENYTTET I DENNE MASTEROPPGAVEN.	VII
TABELL 56. FORUTSETNINGER FOR ENERGI BEREGNINGER FOR REFERANSEBYGNINGENE MED ENERGIKRAV I HENHOLD TIL TEK'16.	II
TABELL 57. FORUTSETNINGER FOR ENERGI BEREGNINGER FOR REFERANSEBYGNINGENE MED ENERGIKRAV I HENHOLD TIL TEK'10.	IV
TABELL 58. FORUTSETNINGER FOR ENERGI BEREGNINGER FOR REFERANSEBYGNINGENE MED ENERGIKRAV I HENHOLD TIL TEK'07.	VI

TABELL 59. FORUTSETNINGER FOR ENERGIBEREGNINGER FOR REFERANSEBYGNINGENE MED ENERGIKRAV I HENHOLD TIL TEK'97.	VIII
TABELL 60. FORUTSETNINGER FOR ENERGIBEREGNINGER FOR REFERANSEBYGNINGENE MED ENERGIKRAV I HENHOLD TIL TEK'87.	X
TABELL 61. FORUTSETNINGER FOR ENERGIBEREGNINGER FOR REFERANSEBYGNINGENE MED ENERGIKRAV I HENHOLD TIL TEK'69.	XII
TABELL 62. FORUTSETNINGER FOR ENERGIBEREGNINGER FOR REFERANSEBYGNINGENE MED ENERGIKRAV I HENHOLD TIL TEK'49.	XIV
TABELL 63. PROSENTUELL FORDELING MELLOM DE ULIKE ENERGIFORSYNINGSSYSTEMENE FOR DE ULIKE TIDSPERIODENE I DENNE MASTEROPPGAVE.	XVI

FORKORTELSER OG BEGREPSFORKLARINGER

Forkortelse	Betydning
BRA	Bruksareal. Areal innenfor bygningens yttervegger.
BYA	Bebygd areal
CAV	Constant Air Volume
CO₂	Karbondioksid <i>Alternativt "kulldioksid"</i>
Driftstid	Tidsperioden en bygning har normal personbelastning med tilhørende behov for ventilasjon og innnetemperatur.
Energieffektivitet	Forholdstall eller annet kvalitativt forhold mellom en mengde utgående ytelse, varer, tjenester eller energi og en inngående mengde energi.
Energiforbruk	Mengden energi som anvendes.
EMS	Energimerkeforskriften
ENØK	Energiøkonomisering.
EOS	Energioppfølgingssystem
EPC	Energi Performance Contracting Norsk: <i>Energisparekontrakt</i>
ET-kurve	Energi-/temperatur kurve som viser sammenhengen mellom utetemperatur og energiforbruk i eksempelvis en bygning.
EU	Europeiske Unionen
EØS	Europeiske økonomiske samarbeidsområde
Infiltrasjon	Luftveksling gjennom utettheter i bygningens klimaskjerm utenom ventilasjonssystemet.
Kilowatt-timer	Energiforbruk.
Kilowatt	Effekt.
LCC	Life Cycle Cost Norsk: <i>Livssyklus kostnader</i> .
Lekkasjetall	Antall luftvekslinger ved 50 Pascal trykkdifferanse grunnet in- og eksfiltrasjon gjennom bygningskroppen.
Levert energi	Summen av energi, uttrykt per energivare, levert over bygningens systemgrenser for å dekke bygningens samlede energibehov. Inkludert systemtap som ikke gjenvinnes.
Normalisert kuldebroverdi	Totalt varmetapet grunnet bygningens kuldebroer fordelt over bygningens oppvarmede bruksareal.
NVE	Norges vassdrags- og energidirektorat
Oppvarmet BRA	Bygningens bruksareal som tilføres varme og kjøling fra bygningens varme- og kjølesystem.

SD-anlegg	Sentral driftskontrollanlegg
SFP	Spesifikk vifteeffekt. SFP-tallet beskriver nødvendig effekt i kilowatt timer som må til for å flytte én kubikkmeter luft på én sekund.
Spesifikt energibehov	Energibehov per kvadratmeter oppvarmet del av BRA.
Spesifikt energiforbruk	Energiforbruket i kilowattimer per oppvarmet bruksareal og år.
SPP	Spesifikk pumpeeffekt. Beskriver nødvendig effekt i kilowatt timer som må til for å flytte én liter væske på én sekund.
SSB	Statistisk sentralbyrå
TEK	Byggeteknisk forskrift
Transmisjonstap	Varmetap gjennom klimaskillende bygningskonstruksjoner, det vil si vegger, tak, gulv, vinduer, dører og porter.
U-verdi	Beskriver hvor mange watt som slippes gjennom en bygningsdel per kvadratmeter og gradforandring i kelvin (eller celsius).
VAV	Variable Air Volume
Ytterflate/BRA-faktor	Forholdstallet mellom areal ytterflate for gulv, vegger, vinduer, dører og gulv dividert med bygningens bruksareal. En lav faktor innebærer at bygningen er "kompakt". En lavere faktor medfører et lavere transmisjonsvarmetap.

1. INNLEDNING

1.1. Bakgrunn

Redusert energiforbruk og energieffektivisering omtales ofte i den norske bygge- og eiendomsbransjen. Viktigheten av å redusere energiforbruket fremkommer blant annet gjennom regjeringens skjerperte krav til bygningers energieffektivitet. De skjerperte kravene er kommet gjennom kontinuerlige revideringer av teknisk forskrift samt gjennom Norges klimapolitiske mål for fremtiden.

Europeiske Unionens (EU) direktiv om energieffektivitet av 25. oktober 2012 fastslår at byggesektoren i Europa står for omtrent 40 % av det totale sluttforbruket av energi. Videre presiseres i direktivet at hastigheten av renoveringsarbeidet må økes, siden eksisterende bygninger representerer den desidert største sektoren for potensiell energibesparelse. Økt fokus og gjennomføringskraft med hensyn til energibesparelser i eksisterende bygningsmasse er dermed essensielt for oppnåelse av EU's mål om 20 % økt energieffektivitet i 2020 [1].

Økt energieffektivitet og redusert energiforbruk er direkte knyttet mot reduseringen av klimagassutslipp. I følge EU's "*Energy roadmap 2050*" er det satt et langsiktig mål om å oppnå en reduksjon av drivhusgasser med 80 – 95 % i 2050, sammenlignet med nivået i 1990 [2]. Videre har foretaket McKinsey & Company i sin rapport "*Pathways to a Low-Carbon Economy, Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*" vist et det eksisterer et potensial for å redusere utslipp av drivhusgasser med 35 prosent i 2030 sammenlignet med 1990-års nivå. Dersom verden i sin helhet øker fokuset på redusering av nåværende og fremtidige utslipp er reduksjonspotensialet beregnet å være opptil 70 % [3]. Dette tilsier at dagens løsninger har et potensialet for å nå EU's langsiktige mål gjennom bruk av eksisterende teknologi. Figur 2 nedenfor viser kostnader for ulike tiltak knyttet til reduksjon av drivhusgassutslippene på verdensbasis. Figur 1 viser en prosjektert oversikt av nødvendige utslippsreduksjoner som må til for å nå EU's klimamål for året 2050.

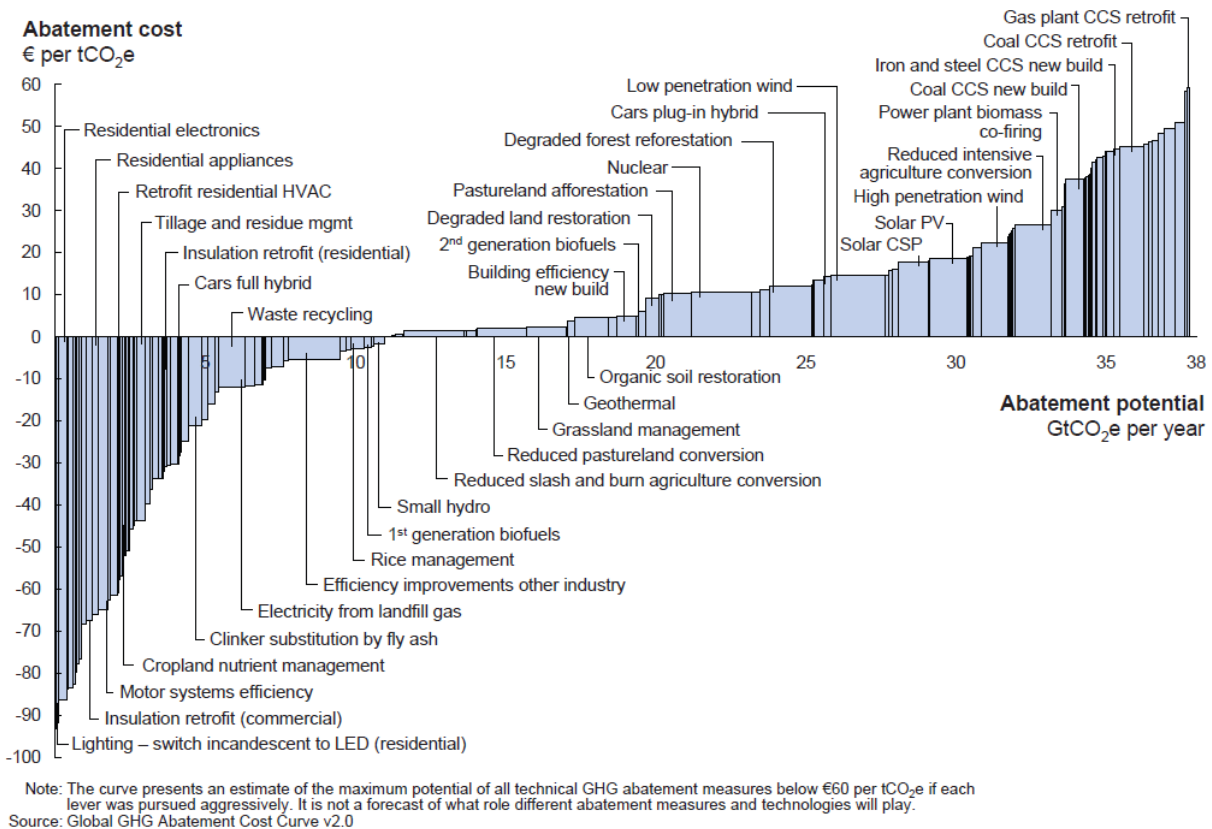
GHG reductions compared to 1990	2005	2030	2050
Total	-7%	-40% to -44%	-79% to -82%
Power (CO ₂)	-7%	-54% to -68%	-93% to -99%
Industry (CO ₂)	-20%	-34% to -40%	-83% to -87%
Transport (including aviation, excluding maritime)	+30%	+20% to -9%	-54% to -67%
Residential and services (CO ₂)	-12%	-37% to -53%	-88% to -91%
Agriculture (non-CO ₂)	-20%	-36% to -37%	-42% to -49%
Other non-CO ₂ emissions	-30%	-72% to -73%	-70% to -78%

Source: EC (2011b), *Communication from the Commission, A Roadmap for Moving to Competitive Low Carbon Economy in 2050*, COM/2011/0112 final, Brussels.

Figur 1. Nødvendige reduksjoner av drivhusgasser for å nå EU's langsiktige mål til 2050 [4].

Norges involvering i det europeiske økonomiske samarbeidsområdet (EØS) gjør EU's direktiv direkte relevant ved at målene om både økt energieffektivitet og redusert utslipp av drivhusgasser må etterstrebes og følges.

Global GHG abatement cost curve beyond business-as-usual – 2030



Figur 2. Kostnadsnivå for ulike tiltak knyttet til reduksjon av utslippet av drivhusgasser på verdensbasis [3].

Figur 2 viser tydelig at tiltak knyttet til eksisterende bygninger er blant de mest lønnsomme tiltakene for å nå klimamålene.

Obligatorisk energimerking av bygninger trådte i kraft 1. januar 2010. Alle yrkesbygninger over 1 000 m², samt bygninger som skal selges eller brukes til utleie skal inneha en energiattest. Hensikten og målet med å etablere energimerkeforskriften er å gi økt oppmerksomhet om bygningers energibruk, og dermed også vise potensialet for reduksjon av energibruk i bygninger [5].

Rapporten *"Potensial- og barrierestudie – Energieffektivisering i norske yrkesbygg"* skrevet av Multiconsult og Analyse & Strategi AS i 2011 på oppdrag av Enova, har beregnet/estimert at det oppvarmede arealet for yrkesbygg i Norge er totalt ca. 125 millioner kvadratmeter, med et tilhørende energiforbruk på omtrent 35,4 TWh [6]. I statistikk fra Norges vass- og energidepartement (NVE) fremkommer at 66,4 millioner kvadratmeter oppvarmet areal er energimerket med et energiforbruk på 14,9 TWh. Basert på disse dataene eksisterer det 58,6 millioner kvadratmeter oppvarmet areal med et energiforbruk på 20,5 TWh som er uten energimerke. I både den energimerkede andelen av yrkesbygg og andelen hvor energiattest ikke foreligger antas det å ligge et stort potensiale for

identifisering og gjennomføring av tiltak som reduserer bygningenes energiforbruk og dermed også utslippet av drivhusgasser.

Reduseringen av energiforbruket i eksisterende yrkesbygg vil med andre ord bidra til å nå EU's mål på 20 % energieffektivisering til 2020 og de langsiktige målene om redusert utslipp av drivhusgasser frem til 2050. Samtidig vil redusering av energiforbruket medføre lavere belastning på kraftnettene og lavere energikostnader for eiendomseiere og leietakere.

1.2. Mål

Målet med masteroppgaven har vært å evaluere og identifisere muligheten for gjennomføring av ulike aktuelle tiltak for redusering av energiforbruk i yrkesbygninger i Norge, samt se på sammenhengen av de ulike tiltakene og forbedringen av bygningenes energimerke. Evalueringen og identifiseringen av tiltakene har, foruten forbedring av bygningens energimerke, blitt utført med hensyn til:

- ❖ Investeringskostnad og nedbetalingstid/rentabilitet
- ❖ Redusert CO₂-utslipp grunnet et lavere energibruk
- ❖ Potensiell markedsverdi for bygningen etter gjennomført(e) tiltak
- ❖ Insitament for gjennomføring av tiltakene
- ❖ Utfordringer/barrierer for gjennomføring av tiltakene
- ❖ Potensiale for identifisering og gjennomføring av energibesparende tiltak i eksisterende bygningsmasse i Norge uten energimerke.

Arbeidet har med andre ord som mål å danne et veiledende rammeverk for gjennomføring av energireduserende tiltak for eiendomsforvaltere, -eiere, konsulenter og andre aktører i byggebransjen. Rammeverket skal vise potensialet, insitamentene, mulighetene og barrierene for gjennomføring av tiltak i eksisterende yrkesbygninger, med hensyn til forbedring av bygningens energimerke. Arbeidet har også hatt som mål å identifisere eksisterende bygninger uten energimerke siden det i denne eiendomsmasse antas være et stort potensial for kartlegging og gjennomføring av energibesparende tiltak.

I tillegg har målet vært å identifisere om bygningens energimerke er et hensiktsmessig og betydende fokuspunkt i forbindelse med iverksetting av energibesparende tiltak.

1.3. Begrensninger

Oppgaven ble begrenset til å se på effekten av energireduserende tiltak med hensyn til forbedring av eksisterende bygningers energimerke. Videre ble det lagt begrensning på å se på fem ulike yrkesbyggningskategorier og fem ulike tidsperioder. Tidsperiodene ble delt inn etter ulike, antatt gjeldende byggetekniske forskrifter. Bygningskategoriene og tidsperiodene fremkommer av tabellen nedenfor.

Tabell 1. Begrensninger av bygningskategorier og tidsperioder arbeidet i masteroppgaven behandler med hensyn til energireduserende tiltak og forbedring av bygningens energimerke.

Bygningskategorier	Tidsperioder
Kontorbygg	1949-1968
Universitets- og høskolebygg (undervisningsbygg)	1969-1986
Hotellbygg	1987-1996
Skolebygg	1997-2006
Forretningsbygg (butikker)	2007-2010

Masteroppgaven har sett på ulike enkelt tiltak og kombinasjonen av disse. Tiltakenes påvirkning på innklimaet i bygningene ble ikke lagt vekt på, og ble kun behandlet på et overordnet nivå.

1.4. Rapportens oppbygging & struktur

Nedenfor i Tabell 2 presenteres oppbyggingen og strukturen for denne masteroppgave. Hensikten med tabellen var at informasjonen skulle fungere som en komplettering til innholdsfortegnelsen.

Tabell 2. Overordnet oversikt av masteroppgavens oppbyggingsstruktur og innhold.

Nr.	Navn	Innhold & hensikt
1	Innledning	Innhold Her gis en kort oppsummering til bakgrunnen, målene og begrensningene for denne masteroppgaven. Hensikt Hensikten er å gi leseren informasjon om hvorfor temaet er viktig for bygge- og eiendomsbransjen, samt konkretisere målene med oppgaven og vise hvilke begrensninger som ble benyttet.
2	Metode	Innhold Beskrivelse av metodene som ble benyttet i forbindelse med gjennomføring av masteroppgaven. Metodene er delt inn i temaene <i>litteraturstudie, intervjuer, innhenting av statistisk data og beregning av resultater</i> . Hensikt Gi leseren en oversikt over metodikken som ble lagt til grunn for å løse masteroppgavens definerte mål.
3	Energimerkeforskriften	Innhold Kapittelet starter med å gå igjennom energimerkeforskriften samt hvordan bygningers energimerke kan beregnes. Deretter presenteres statistisk data innhentet fra Norges energi- og vassdragsdirektorats database (NVE) på energimerkede bygninger i Norge. Dataene viser blant annet antall energimerkede yrkesbygninger, beregnet levert energiforbruk og beregnet

Nr.	Navn	Innhold & hensikt
		<p>CO₂-utslipp. Dataene oppgis både samlet og per bygningskategori og tidsperiode.</p> <p>Kapittelet avsluttes med en kort gjennomgang av sammenhengen mellom energiforbruk og CO₂-utslipp samt statistisk data fra SSB over antall bygninger i Norge. Antallet bygninger i Norge presenteres for å danne et bilde over hvor stor prosentuell andel av norske yrkesbygg som er energimerket.</p> <p>Hensikt</p> <p>Forklare grunnleggende teori om energimerkeforskriften og beregning av bygningers energimerke. Statistikken fra NVE ble presentert for å gi leseren informasjon om energiforbruk og CO₂-utslipp for ulike bygninger i ulike tidsperioder. Statistikken fra SSB ble presentert for å vise hvor stor andel av bygningsmassen som enda ikke var energimerket ved årsskiftet 2015/2016.</p>
4	Energibestemmelser i tekniske forskrifter, TEK'49 til TEK'16	<p>Innhold</p> <p>Kapittelet gir en overordnet beskrivelse av de inndata som er benyttet for energisimuleringsmodellene. Inndataene representerer ulike reelle og antatte energikrav fra tidsperioden mellom 1949 til 2010.</p> <p>Hensikt</p> <p>Vise leseren hvilke generelle bygge- og installasjonstekniske inndata som ble benyttet i forbindelse med beregning av masteroppgavens resultater.</p>
5	Energiøkonomisering i norske yrkesbygninger	<p>Innhold</p> <p>Kapittelet starter med å gå igjennom betydningen av begrepet energiøkonomisering samt hvordan energiøkonomisk tiltak kan identifiseres og gjennomføres. Videre presenteres utvikling av energipris på utvalgte energibærere i Norge. Neste del presenterer ulike hjelpemiddel og metodikker som kan benyttes for å systematisere arbeidet med kartlegging og gjennomføring av energibesparende tiltak. Til slutt gis en oppsummering av litteraturstudiets identifiserte barrierer for gjennomføring av energibesparende tiltak.</p> <p>Hensikt</p> <p>Presentere for leseren hva som menes med begrepet energiøkonomisering og hvilke faktorer som bør vies hensyn ved gjennomføring av energibesparende tiltak. Videre var hensikten å presentere mulige metodikker og hjelpemiddel som ble vurdert hensiktsmessige å benytte ved kartlegging og gjennomføring av energibesparende tiltak. De identifiserte barrierene presenteres for å vise tidligere studiers funn og for å bruk til masteroppgavens senere diskusjons- og konklusjonskapittel.</p>
6	Intervjuer - hovedfunn	<p>Innhold</p> <p>Forfatterens hovedfunn fra gjennomførte intervjuer presenteres. Hovedfunnene presenteres først gjennom</p>

Nr.	Navn	Innhold & hensikt
		<p>utfylte intervjustkjemaer, deretter gjennom en kort oppsummering av hvert enkelt intervju.</p> <p>Hensikt</p> <p>Å intervju ulike aktører som er aktive innenfor bygge- og eiendomssektoren ble vurdert som hensiktsmessig for å nå målene med masteroppgaven. Hensikten med å presentere hovedfunnene var å skape transparens og forståelse for senere argumenter i kapitlene diskusjon og konklusjon.</p>
7	Referansebygninger	<p>Innhold</p> <p>Masteroppgavens resultatdel tok utgangspunkt i energibruket og energimerkene fra pre-definerte referansebygninger. Kapittelet presenterer referansebygningens utforming og arealfordeling.</p> <p>Hensikt</p> <p>Hensikten med kapittelet var å gi leseren både visuell oversikt samt informasjon om arealfordelt inndata benyttet i forbindelse med beregningsresultatene presentert i kapittel 8.</p>
8	Beregningsresultater	<p>Innhold</p> <p>De første delene av kapittelet gir en presentasjon av beregnede energibesparelser, reduserte CO₂-utslipp, samt maksimale investeringsbeløp for ulike tiltak med hensyn til lønnsomhet. Den senere delen viser teoretisk beregnet potensial for reduisering av energiforbruk og CO₂-utslipp dersom ulike tiltakskombinasjoner utføres på eksisterende energimerkede bygninger.</p> <p>Hensikt</p> <p>Presentere beregnede resultat for leseren.</p>
9	Usikkerhetsanalyse	<p>Innhold</p> <p>Kvalitativ usikkerhetsanalyse av beregnede resultat samt benyttet metodikk.</p> <p>Hensikt</p> <p>Usikkerhetsanalysen ble utført for å gi leseren informasjon om hvilke ulike medvirkende faktorer forfatteren mener bør vies hensyn til ved tolking av masteroppgavens resultater, samt videre diskusjon og konklusjon.</p>
10	Diskusjon	<p>Innhold</p> <p>Diskusjon av funn fra utført intervjustudie og funnene fra utførte beregninger. Intervjustudien diskuteres først, etterfulgt av en diskusjon rundt beregningsresultatene. Videre drøftes forfatterens tanker angående reelt energiforbruk kontra teoretisk beregnet energiforbruk basert på bygnings energimerke.</p> <p>Avslutningsvis diskuteres en mindre digresjon gjeldende energimerkeforskriftens påvirkningskrav på bygnings energiforbruk.</p>

Nr.	Navn	Innhold & hensikt
		<p>Hensikt</p> <p>Presentere forfatterens tanker rundt det utførte arbeidet og danne grunnlaget for masteroppgavens konklusjoner.</p>
11	Konklusjon	<p>Innhold</p> <p>Innledende repeteres målene med masteroppgaven. Deretter presenteres anbefalt prioriteringsrekkefølge for tiltak knyttet til: 1) forbedring av bygningers energimerke og 2) dersom økonomi er høgst prioritert.</p> <p>Kapittelet konkluderer videre med identifiserte barrierer for gjennomføring av energibesparende tiltak generelt og for forbedring av bygningers energimerke.</p> <p>Avslutningsvis konkluderer forfatteren med totaleffekten av energiredusering og hvilke tiltak som bør gjøres videre.</p> <p>Hensikt</p> <p>Oppsummere funnene fra utført litteratur- og intervjustudie, beregningsresultatene, usikkerhetsanalysen og diskusjonsdelen.</p>
12	Forslag til videre arbeid	<p>Innhold</p> <p>Forslag og anbefalinger til videre arbeid som hadde vært interessant å se nærmere på, men som ikke blitt behandlet i stor utstrekning i dette arbeid.</p> <p>Hensikt</p> <p>Gi leseren ulike temaer at studere videre.</p>

2. METODE

Valget av metodikk for gjennomføringen av denne masteroppgave viste seg vanskelig. Ved oppstart av arbeidet ble det laget en overordnet metode for å finne løsningen på de opprinnelige målene presentert på de innledende sidene av masteroppgaven. Den opprinnelig planlagte metodikken var følgende:

- ❖ *"Innledende arbeid/litteraturstudium med avgrensninger og definisjoner.*
- ❖ *Intervjuer med eiendomsforvaltere og/eller tekniske entreprenører for å høre om erfaringer med energibesparende-tiltak. Samt eventuell bistand med beregning kostnader knyttet til de ulike tiltakene.*
- ❖ *Systematisk innhenting av EOS og FDV-dokumentasjon.*
- ❖ *Dynamisk energiberegning av eksisterende bygninger.*
- ❖ *Dynamisk energiberegning av eksisterende bygninger med ulike energisparetiltak.*
- ❖ *Sammenstilling av beregningsresultater.*
- ❖ *Vurdering av bygge- og installasjonstekniske utfordringer med hensyn til tiltakene."*

Arbeidet startet som planlagt med et litteraturstudium. Etter hvert som arbeidet gikk fremover oppdaget forfatteren en mer hensiktsmessig arbeidsmetodikk for å nå masteroppgavens opprinnelige og nye mål. Istedenfor en systematisk innhenting av EOS- og FDV-dokumentasjon ble det valgt å hente inn statistikk fra NVE som omfattet data om eksisterende energimerkede yrkesbygninger, og statistikk fra Statistisk sentralbyrå (SSB) over eksisterende bygningsmasse i Norge. Videre valgtes det, istedenfor for å utføre energiberegninger på reelle eksisterende bygninger, å lage referansemodeller med tilhørende energiberegninger for masteroppgavens utvalgte bygningskategorier og tidsperioder. Den reviderte metodikken ble antatt og vurdert som bedre egnet for å danne et mer generelt sammenligningsgrunnlag for vurdering og evaluering av ulike energibesparende tiltak i eksisterende yrkesbygninger. Bruk av data fra et utvalg reelle bygninger ville sannsynligvis ha resultert i mindre muligheter for generalisering av resultatene.

Videre medførte valget av å hente inn statistikk fra NVE og SSB muligheten til å identifisere størrelsen av eksisterende yrkesbygninger uten energimerke. Identifisering av eksisterende bygningsmasse uten ustedet energiattest ble antatt å kunne gi et grunnlag for å påvise størrelsen av ikke kartlagt bygningsmasse hvor det eksisterer muligheter for å finne energibesparende tiltak med tilhørende potensiale for reduksjon av CO₂-utslipp.

Nedenfor er de ulike metodikkene som ble benyttet for å nå masteroppgavens mål beskrevet.

2.1. Litteraturstudie

Innledningsvis startet arbeidet med et omfattende litteratursøk for å lokalisere relevant fakta og teori om energimerking, energiforbruk, gjennomføring av energireduserende tiltak samt informasjon om skriveteknikk for

forskningsbaserte rapporter. Litteratursøket utførtes ved gjennomgang av relevant studiemateriell fra tidligere mastergradkurser, et omfattende internetsøk og lesing av annen relevant faglitteratur. Internetsøket omfattet blant annet lokalisering og identifisering av relevante fagartikler, tidligere masteroppgaver, forskningsbaserte rapporter, relevante internettsider og politiske direktiv knyttet til energibruk i bygninger, eiendomsøkonomi og klimagassutslipp.

Informasjon fra litteraturstudiene ble klassifisert som sekundærdata [7]. Det vil si at informasjonen har blitt utarbeidet med hensikt om å oppnå andre mål en de definerte for denne masteroppgave, men som likevel inneholder relevant informasjon. Grunnet klassifisering av informasjonen som sekundærdata har forfatteren utført en kritisk gransking av de ulike identifiserte teoriene, resultatene og konklusjonene fra litteratursøket for å kartlegge hvilken informasjon som kunne brukes videre i denne masteroppgaven.

Styrken med litteraturstudiet er at en stor mengde informasjon har blitt gjennomgått og gransket. Dermed har forfatteren økt sin egen kunnskap rundt de ulike relevante temaene masteroppgaven behandler. Litteraturstudiet har derfor vært en viktig del i forbindelse med gjennomføringen av arbeidet.

2.2. Intervjuer

For å finne empiriske svar på punktene, gjeldende *potensiell markedsverdi, insitamenter for gjennomføring av tiltak samt utfordringer/barrierer ved gjennomføring av tiltakene*, valgtes det å utføre intervjuer med relevante personer hos et antall utvalgte eiendomsforetak samt ved en teknisk entreprenør som arbeider med gjennomføring av energibesparende tiltak. Intervjuene ga forfatteren tilgang til *primærdata*, det vil si data som er innhentet i forbindelse med det aktuelle arbeidet [7].

Før de ulike bedriftene ble kontaktet, ble det utarbeidet to intervju-skjemaer. Et for eiendomsseiere/beslutningstakere/forvaltere i eiendomsvirksomheter, og et for tekniske entreprenører som arbeider med gjennomføring av energibesparende tiltak. Hensikten med skjemaene var å sende disse ut til de aktuelle respondentene. Ved å sende skjemaene i forkant av intervjuene var antakelsen at respondentene kunne stille forberedt ved å ha kjennskap til de aktuelle temaene og spørsmålene forfatteren ønsket svar på. Spørsmålene ble utformet med hensikten av å gjennomføre semistrukturerte intervjuer. I følge Björklund, M. og Paulsson, U (2008) [7] betyr valgt intervjustruktur at respondenten får mulighet å svare ut fra et gitt tema. Til sammenligning har *strukturerte* intervjuer konkrete spørsmål som kan svares ved å fylle ut et spørsmålsskjema. Forfatteren valgte dermed semistrukturerte intervjuer for få en større dybdeforståelse enn hva en strukturert intervjuform ville gitt.

Intervjuene ble dokumentert gjennom digitalt opptak. Valget av dokumenteringsmetode ble tatt med tanke på sporbarhet av, og mulighet for, senere analysing av svarene. Som etiske retningslinjer for gjennomføring av intervjuene ble følgende tiltak utført:

- ❖ Hver respondent ble på forhånd spurt om de hadde innvendinger mot digitalt opptak.
- ❖ Hver respondent ble spurt om de ønsket å holde navn på person og virksomhet anonymisert.
- ❖ Hver respondent ble tilbudt å gjennomgå forfatterens hovedfunn fra intervjuet før det ble benyttet i denne masteroppgave.

Intervjuskjemaene ble utformet på en måte som medførte at den strukturerte intervjumetodikken kunne benyttes dersom respondentene ikke hadde anledning til å delta på et intervju men heller ønsket å svare digitalt. Dette for å kunne få innspill og nyttig informasjon fra ulike virksomheter som ble ansett som sannsynlig å bidra med gode innspill med hensyn til masteroppgavens mål. En semistrukturert intervjumetodikk ble benyttet for samtlige intervjuer i denne masteroppgaven.

2.3. Innhenting av statistisk data

Ved litteratursøket, beskrevet i kapittel 2.1, oppdaget forfatteren nytte i å bruke statistisk data i temaene:

- ❖ Energimerkede yrkesbygninger i Norge fra Norges vass- og energidirektorat (NVE).
- ❖ Energiprisutviklingen i Norge.
- ❖ Antall bygninger i den norske bygningsmassen fra statistisk sentral byrå (SSB).

De statistiske dataene ble antatt å 1) kunne gi et helhetlig bilde av energibruken for energimerkede yrkesbygninger, og dermed et bedre grunnlag for diskusjons- og konklusjonsdelen. 2), at dataene kunne brukes som et grunnlag for de økonomiske betraktningene i resultat/analyse-delen av masteroppgaven, og 3), identifisere potensialet i eksisterende bygningsmasse i Norge hvor energimerking ikke er blitt utført.

2.4. Beregning av resultater

For beregning av målene:

- ❖ Investeringskostnad og nedbetalingstid
- ❖ Eventuelt endret energimerke,
- ❖ Redusert CO₂-utslipp grunnet et lavere energibruk,

i tillegg beregning av energiforbruk ble det valgt å benytte beregningsprogrammet SIMIEN versjon 6.000 utviklet av Programbyggerne ANS. Bakgrunn for valget var med utgangspunkt i forfatterens kjennskap til beregningsverktøyet og grunnet programmets popularitet og utstrakte bruk i bygge- og eiendomsbransjen ved energiberegninger etter norsk byggeteknisk forskrift og energimerkeforskriften. Antakelsen om den utstrakte bruken ble validert ved gjennomgang av tilsendt statistikk fra NVE.

Å skape transparens i arbeidet var en viktig fokuspunkt. Derfor ble virkemåten til programmet samt grunnleggende teori om energiøkonomiserende tiltak beskrevet i rapporten. Dette for å gi leseren forståelse for de ulike beregningsprosessene. Inndata til beregningene ble identifisert gjennom litteraturstudiet og forfatterens egne erfaringer fra studietiden og arbeidslivet.

Identifisering av investeringskostnader knyttet til gjennomføring av de ulike energibesparende tiltakene identifisert i denne rapport ble utført gjennom:

- ❖ Kontakt med ulike aktører i markedet.
- ❖ Bruk av relevant litteratur.
- ❖ Bruk av forfatterens egne erfaringer.

Beregning av oppsummerende statistikk gitt fra NVE og SSB ble utført i Microsoft Excel.

Simuleringsmodellene og regnearkene har blitt vedlagt ved innleveringen av masteroppgaven.

3. ENERGIMERKEFORSKRIFTEN

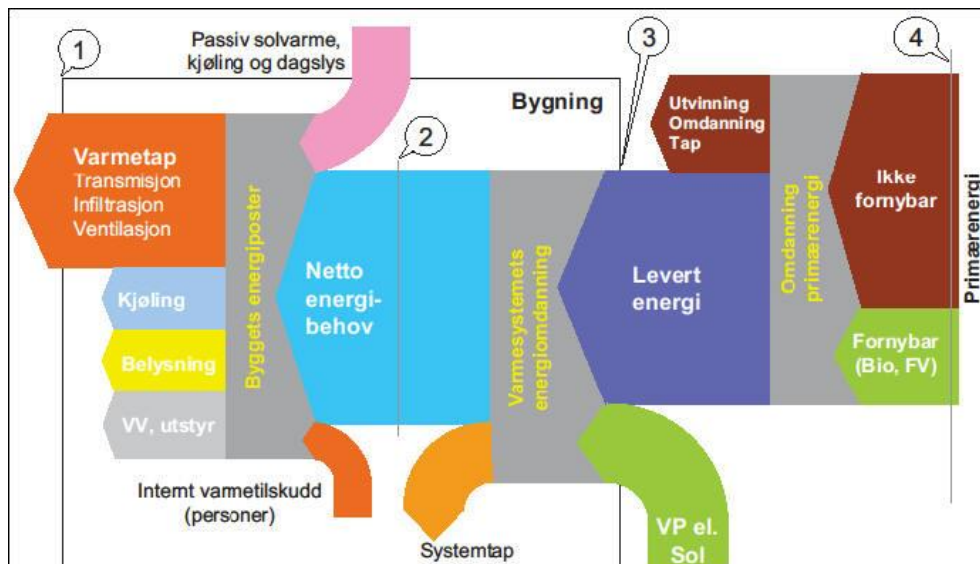
Energimerking av bygninger trådte i kraft 1. januar 2010, og er gitt med hjemmel i energiloven av 29. juni 1990 i §§ 8-1 og 8-5.

Hensikten og målet med å etablere energimerkeforskriften var å gi økt oppmerksomhet om bygningers energibruk, og dermed også vise potensialet for reduksjon av energibruk i bygninger [8]. Redusert energibruk i bygninger betyr blant annet lavere belastning på kraftnettet, lavere driftskostnader og redusert klimagassutslipp.

Energimerking er obligatorisk for alle yrkesbygg over 1 000 m² og for bygninger som skal selges eller leies ut [8]. Videre skal yrkesbygg med mer enn 1 000 m² samlet bruksareal (BRA) ha en energiattest, eller et sammendrag av denne synlig oppslått for brukerne av bygningen [9].

3.1. Karakterskalaen i energimerkeordningen

En bygnings energimerke består av to ulike karakterer, *energikarakteren* og *oppvarmingskarakteren*. Energikarakteren graderes i en skala fra A til G, og beregnes basert på *levert energi* [10]. Beregningsmetodikken for levert energi er fastsatt i Norsk Standard 3031:2014 (NS3031:2014), og er definert som "summen av energi, uttrykt per energivare, levert over bygningens systemgrenser for å dekke bygningens samlede energibehov inkludert systemtap som ikke gjenvinnes" [11]. Visuell fremstilling av begrepet levert energi vises i Figur 3.



Figur 3. Visuell fremstilling av systemgrensen for levert energi [12]. Systemgrensen for levert energi er vist i figurens nummer 3 og inkluderer varmesystemets energiomdanning og systemtap i tillegg til bygningens netto energi-behov.

Energikarakterens grenseverdigradering av levert energi per kvadratmeter oppvarmet bruksareal (BRA) vises på Figur 4. Begrepet BRA er nærmere

beskrevet i Norsk Standard 3940:2012 *Areal- og volumberegninger av bygninger*, utgave 4. Figur 4 viser grenseverdier i kilowatt-timer per kvadratmeter oppvarmet BRA for ulike bygningskategorier med energikarakterskala gjeldende fra 10. juni 2015. Siden skalaen for bygningers energikarakter er revidert fem ganger siden energimerkeforskriften trådte i kraft 1. januar 2010, er det viktig å se på hvilken skala som er lagt til grunn for beregning av en bygnings energimerke.

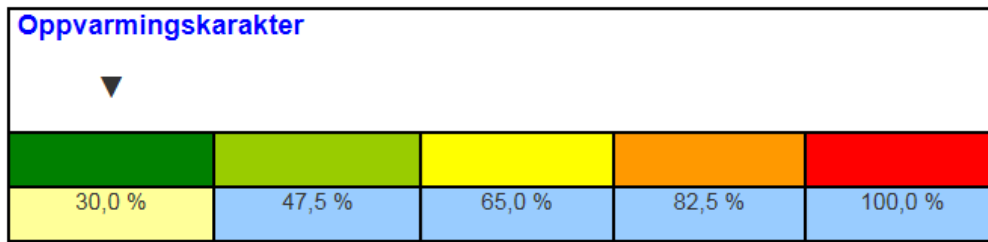
Bygningskategorier	Levert energi pr m ² oppvarmet BRA (kWh/m ²)						
	A	B	C	D	E	F	G
	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Ingen grense
Småhus	95	120	145	175	205	250	>F
Arealkorreksjon	+800/A	+1600/A	+2500/A	+4100/A	+5800/A	+8000/A	
Leiligheter (boligblokk)	85	95	110	135	160	200	>F
Arealkorreksjon	+600/A	+1000/A	+1500/A	+2200/A	+3000/A	+4000/A	
Barnehage	85,00	115,00	145,00	180,00	220,00	275,00	> F
Kontorbygning	90,00	115,00	145,00	180,00	220,00	275,00	> F
Skolebygning	75,00	105,00	135,00	175,00	220,00	280,00	> F
Universitets- og høyskolebygning	90,00	125,00	160,00	200,00	240,00	300,00	> F
Sykehus	175,00	240,00	305,00	360,00	415,00	505,00	> F
Sykehjem	145,00	195,00	240,00	295,00	355,00	440,00	> F
Hotellbygning	140,00	190,00	240,00	290,00	340,00	415,00	> F
Idrettsbygning	125,00	165,00	205,00	275,00	345,00	440,00	> F
Forretningsbygning	115,00	160,00	210,00	255,00	300,00	375,00	> F
Kulturbygning	95,00	135,00	175,00	215,00	255,00	320,00	> F
Lettt industribygning, verksted	105,00	145,00	185,00	250,00	315,00	405,00	> F

Figur 4. Grenseverdier i kilowatt-timer per m² levert energi for faststilling av energikarakter. Energikarakterskala gjeldende fra 10. juni 2015 [10].

En bygningen bygget etter minimumskravene i byggeteknisk forskrift 2010 (TEK'10) uten bruk av eksempelvis varmepumpe til oppvarming, oppnår normalt energikarakter C. Oppnåelse av energikarakter A eller B krever normalt at bygningen bygges med en høyere energistandard. Eksempel på tiltak som vil gi en bedre energikarakter er ekstra isolering av bygningskonstruksjoner, bedre isolerte vinduer, energisparende belysning, installasjon av et energieffektivt ventilasjonssystem eller installasjon av varmepumpe som dekker en del av bygningens oppvarmingsbehov [10].

Oppvarmingskarakteren graderes med en fem-delt fargerangering, fra rødt til mørkegrønt. Faststilling av oppvarmingskarakteren baseres på de tekniske systemene som er installert i bygningen for oppvarming av rom, ventilasjonsluft og tappevann. Rangeringen blir utført basert på andelen av oppvarmingsbehovet som dekkes av strøm og/eller fossile energivarer¹ sammenlignet med andelen fornybar energi [13]. En lav andel strøm og/eller fossile energivarer gir mørkegrønn karakter, en høy andel gir rød karakter. Lav bruk av strøm og/eller fossile energivarer anses dermed som positivt ut fra et miljøperspektiv. Figur 5 nedenfor viser forholdet av den prosentuelle andelsfordelingen av energi fra strøm og/eller fossile energivarer og sammenhengen med bygningens oppvarmingskarakter.

¹ Fossile energivarer defineres som kull, olje og naturgass [14].



Figur 5. Oppnådd oppvarmingskarakter basert på prosentuell andel energi fra strøm og/eller fossile energivarer levert til bygningen [13].

Bruk av oppvarmingskilder som fjernvarme, varmepumpe, sol- og vindenergi samt biobrensel bidrar til en forbedret oppvarmingskarakter sett fra et miljøperspektiv [13].

Når energimerkingen er utført utstedes en *energiattest* for bygningen. Energiattesten gir informasjon om bygnings energi- og oppvarmingskarakter og generell bygningsdata. I tillegg viser energiattesten en tiltaksliste², hvor ulike forbedrende tiltak presenteres i varierende detaljeringsgrad [15].

3.2. Beregning av bygningers energimerke

Beregning av bygningers energiattest utføres i henhold til NS 3031:2014. Ved beregning av energimerking benyttes normerte verdier. De normerte verdiene som benyttes fremkommer i Tabell 3.

Tabell 3. Normerte verdier benyttet i forbindelse med energiberegning av levert energi etter NS3031:2014, tillegg A og tillegg M [11].

Tillegg A	Beskrivelse av normerte verdier
Tabell A.1	Netto effekt- og energibehov i driftstiden og årlig energibehov for belysning, utstyr og varmtvann.
Tabell A.2	Varmetilskudd i driftstiden for belysning, utstyr, varmtvann og personer.
Tabell A.3	Driftstider for oppvarming, belysning, utstyr, personer og ventilasjon med settpunkt-temperatur for oppvarming innenfor og utenfor driftstiden og settpunkt-temperatur for kjøling.
Tabell A.4	Normaliserte kuldebroverdier
Tabell A.5	Verdier for terrengskjermingskoeffisienter
Tabell A.6	Minste tillatte luftmengder i og utenfor driftstid <i>Dersom reelle luftmengder er høyere enn de minst tillatte, benyttes de reelle for beregning av bygningens levert energibruk.</i>
Tillegg M	Klimadata for månedsstasjonær beregningsmetode. Klimadata for dynamisk beregningsmetode.

² For eksisterende bygninger er det krav om at energiattestesten inneholder en tiltaksliste med kostnadseffektive tiltak [18].

Beregninger utføres basert på et normert referanseklime, som tar utgangspunkt i klimadata fra Oslo-området.

Bruk av standardiserte, normerte verdier medfører at beregnet levert energibehov som er presentert på en bygnings energiattest, ikke nødvendigvis gir korrekt informasjon om bygningens faktiske energibruk.

Kompetansekrav for energimerking av yrkesbygg

NVE stiller kompetansekrav for energimerking av yrkesbygninger og nye boliger. Kompetansekravene er definert i Byggesaksforskriften (SAK10), § 11-3 [16] [17].

Norconsult har på oppdrag av NVE utarbeidet en praktisk veileder for energimerking som definerer kompetansekravene for energimerking ytterligere [18].

Kompetansekravene til yrkesbygninger er delt opp på henholdsvis eksisterende og nye bygninger, se Tabell 4 nedenfor mer for informasjon.

Tabell 4. Kompetansekrav for energimerking i yrkesbygg [18].

Bygnings-kategori		Teoretisk kompetanse	Kompetanse i praksis
Yrkesbygg	Nye	Gjeldende krav for ansvarlig prosjekterende innen relevant tiltaksklasse og godkjenningssområde etter SAK10 § 11-3.	
	Eksisterende	Ingeniørutdanning på bachelornivå med hovedvekt på bygningsteknikk og energifag.	Minimum to års erfaring fra energiberegning for bygninger og tekniske anlegg.

Kompetansekravet stilles til den som er ansvarlig for energimerkingen. Det er like fullt mulig for andre medarbeidere å utføre oppgaver knyttet til energimerkingen, forutsatt at den ansvarlige personen involveres tilstrekkelig i arbeidet, og er den som utfør kvalitetskontrollen på arbeidet. Kompetansekravet bidrar dermed til at inndata til beregningene er mest mulig riktige.

Program for beregning av bygningers energimerke - SIMIEN

Det mest benyttede programmet i Norge for beregning av energibruk etter NS3031:2014 er SIMIEN (SIMulering av Inneklime og ENergibruk i bygninger), utviklet av Programbyggerne ANS. Andre program som kan benyttes for beregning av bygningers energimerke er blant annet SINTEF Byggforsks "TEK-Sjekk Energi" [19], "VIP-Energy" [20] og "IDA-ICE". Energimerkeberegninger i denne masteroppgave er utført med programmet SIMIEN. Inngående informasjon om andre beregningsprogrammer er derfor ikke nærmere beskrevet i denne masteroppgave.

SIMIEN er et norskutviklet beregningsprogram for simulering og vurdering av energibruk og inneklime i bygninger. Programmet benytter en dynamisk

beregningsmetode og er validert i henhold til NS-EN 15265:2007 [21], etter krav i NS3031:2014. Den dynamiske beregningen av tilstanden i bygningen utføres med tidsintervaller på 15 minutter.

SIMIEN kan benyttes til evaluering av norske byggeforskrifter, energimerking, beregning av bygningers årlige energibehov, validering av ivaretagelse av innklimakrav og dimensjonering av oppvarmings- og ventilasjonsanlegg samt romkjøling. Videre har SIMIEN funksjoner for beregning av ulike tiltak med hensyn til lønnsomhet og CO₂-utslipp [22].

Inndata som benyttes i SIMIEN for beregninger av bygningers energibruk er følgende:

- ❖ Bygningskategori
- ❖ Klimadata
- ❖ Energiforsyning
- ❖ Bygningsdelenes varmemotstand og varmekapasitet
- ❖ Klimaskjermens infiltrasjonstall
- ❖ Bygningens internlast, herunder:
 - Teknisk utstyr
 - Belysning
 - Tappevann
 - Personbelastning
- ❖ Bygningens oppvarmings- og kjølesystem

Programmet ble valgt å anvendes i denne masteroppgave siden det er allment anerkjent i den norske bygge- og eiendomsbransjen som et egnet beregningsverktøy i forbindelse med simulering av bygningers energibruk.

Beregning av lønnsomme tiltak

SIMIEN har som tidligere nevnt mulighet å beregne lønnsomheten av ulike energibesparende tiltak og samtidig se på reduksjonen av bygningens CO₂-utslipp.

Parameterne som kan benyttes i forbindelse med lønnsomhetsberegningen i SIMIEN er vist i Tabell 5.

Tabell 5. Mulige parametere ved beregning av lønnsomhetstiltak i SIMIEN [23].

Parameter	Betydning
Utført tiltak	Forandret U-verdi.
Det kan utføres beregning av enkelte tiltak, eller kombinasjoner av disse.	Bruk av solskjerming.
	Forandrede arealer og volumer.
	Endret energiforsyningskilde med tilhørende fordeling av dekningsgrad for <i>romoppvarming, oppvarming av tappevann, ventilasjonssystemets varme- og kjølebatteri, lokal kjøling</i> og <i>el. spesifikt energibehov</i> . Videre betraktes forandring av virkningsgraden for energiforsyningskilden.
	Forandret infiltrasjonsgrad/lekkasjetall.
	Forandret normalisert kuldebroverdi.

Parameter	Betydning
	<p>Forandrede driftstider.</p> <p>Forandrede inndata til ventilasjonssystemet. Dvs. <i>luftmengder, settpunkttemperaturer, driftstider, kjøling, SFP-faktor, varmegjenvinningsgrad, kapasitet/temperatur for varme- og kjølebatteri, SPP-faktor og bruk av VAV/CAV-styring.</i></p> <p>Forandret inndata til internlaster, dvs. <i>belysning, teknisk utstyr, tappevann og varmetilskudd fra personer.</i></p> <p>Forandret inndata til oppvarmingssystemet, dvs. <i>effektkapasitet, om systemet er vannbårent eller ikke, og driftsstrategi med settpunkttemperaturer.</i></p>
Investeringskostnad [kr]	Kostnad for å utføre tiltaket, inklusive reduserte eller ekstra kostnader for vedlikehold.
Endring årlig vedlikeholdskostnad [kr]	Endringer i vedlikeholdskostnader grunnet tiltaket, dersom disse forandres.
Økonomisk levetid [år]	Levetid for tiltaket. Det vil si hvor lenge de installerte/monterte komponentene antas å ha god teknisk- og økonomisk funksjon før det må skiftes.
Kalkulasjonsrente	<p>Kalkulasjonsrenten kan entes settes som en fast parameter i prosent [%], eller beregnes. Ved beregning av kalkulasjonsrenten kan SIMIEN ta hensyn til <i>andel egenkapital av investeringskostnaden, innskuddsrente/avkastning av egenkapital, effektiv lånerente, skattefradrag av renter, generell prisstigning (inflasjon) og prisstigning av kjøpt energi.</i> Samtlige parametere for beregning av kalkulasjonsrenten settes i prosent.</p> <p>I denne masteroppgave er det benyttet en fast proSENTSATS for realrenten.</p>

Resultatet fra de ulike tiltakene presenteres i form av *reduisert energibruk, redusert CO₂-utslipp, nåverdi, tilbakebetalingstid og internrente* [23]. Begrepene nåverdi, tilbakebetalingstid og internrente er nærmere behandlet i kapittel 5.2.

3.3. NVE's statistisk data fra energimerkede yrkesbygg i Norge

Det er totalt 65 735 registrerte bygninger, inklusive leiligheter og boliger, med utstedt energiattest i Norge. Av disse utgjør yrkesbygg 20 609.

Yrkesbyggene har en samlet oppvarmet bruksareal på omtrent 66,4 millioner kvadratmeter, og et teoretisk levert energiforbruk på nærmere 14,9 TWh per år ved normalisert klima.

Bygningskategoriene *kontorbygg, universitets- og høyskolebygninger, hotellbygg, skolebygg og forretningsbygg* med utstedt energiattest utgjør til sammen omtrent 48 millioner kvadratmeter fordelt på 14 193 bygninger, og har et levert energiforbruk på 9,9 TWh per år ved normalisert klima. Dataene gjelder for alle registrerte bygninger uavhengig av tidsperiode. De fem yrkesbygningsskategorier valgt for denne rapport representerer dermed omtrent 2/3 av alle energimerkede yrkesbygninger i Norge.

Masteroppgavens begrensede omfang av bygningskategorier og tidsperioder omfavner totalt 11 247 bygninger med et beregnet levert energiforbruk på nærmere 5,86 TWh per år ved normalisert klima fordelt på omtrent 38 millioner kvadratmeter. Det begrensede omfanget representerer dermed 57,2 % av det totale oppvarmede bruksarealet og 39,3 % av energiforbruket av de identifiserte energimerkede yrkesbygningene.

Dette kapittel vil vise følgende, fordelt på bygningskategori og tidsperiode:

- ❖ Kvadratmeter oppvarmet bruksareal
- ❖ Energiforbruk
- ❖ Energi- og oppvarmingskarakter
- ❖ CO₂-utslipp

Årsaken til de store forskjellene mellom de ulike bygningskategoriene vist i tabellene skyldes hovedsakelig, men ikke utelukkende, arealfordelingen av bygningsmassen i benyttet datagrunnlag.

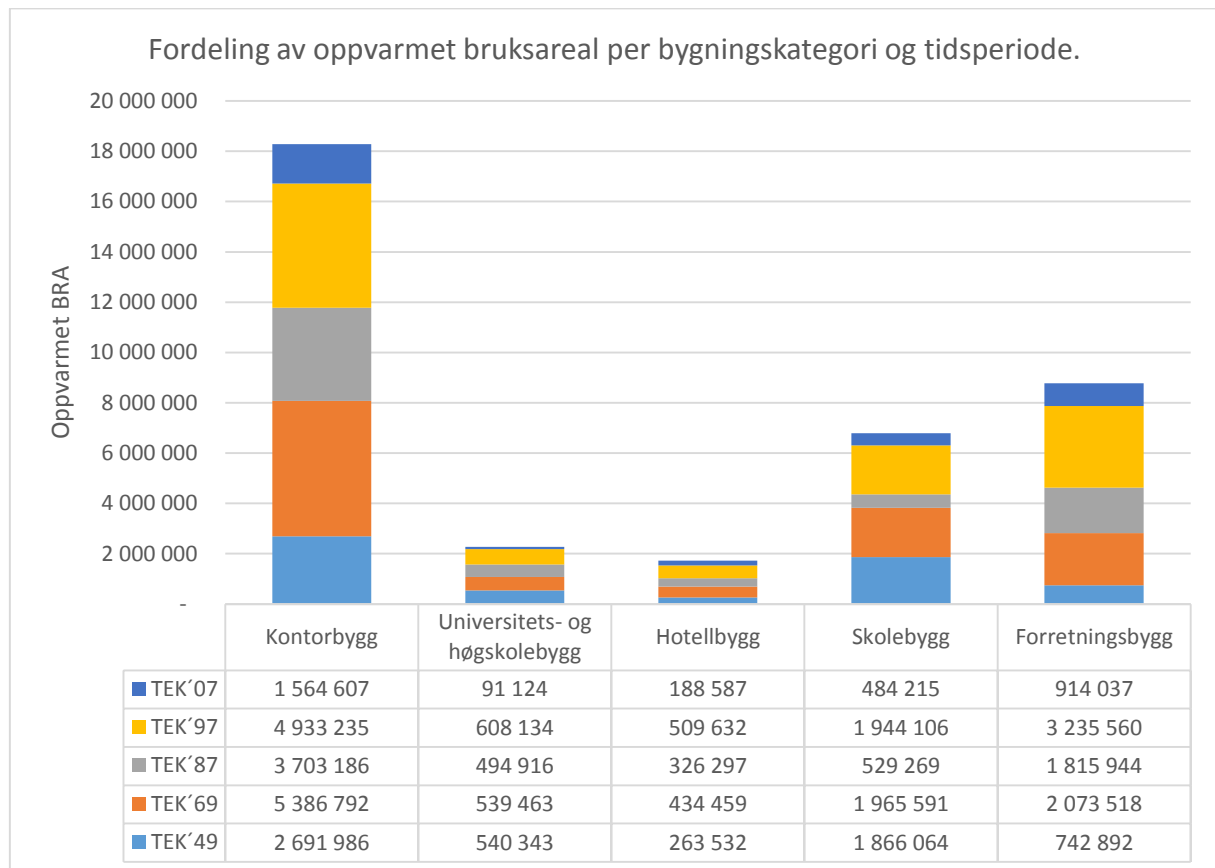
Om statistikken

Statistisk data presentert i dette kapittel ble gjort tilgjengelig av Norges vassdrags- og energidirektorat i forbindelse med denne masteroppgaven.

Statistikken gjelder for alle energimerkede yrkesbygninger i Norge til og med 27. januar 2016. Statistikken baseres på data hvor dynamiske beregninger¹ er blitt brukt for simuleringen av det leverte energibehovet.

Grunnlagsdata for grafer, tabeller og diagram er konfidensiell. For tilgang til datagrunnlaget bes interesserte aktører ta kontakt direkte med NVE.

Oppvarmet bruksareal per bygningskategori og tidsperiode

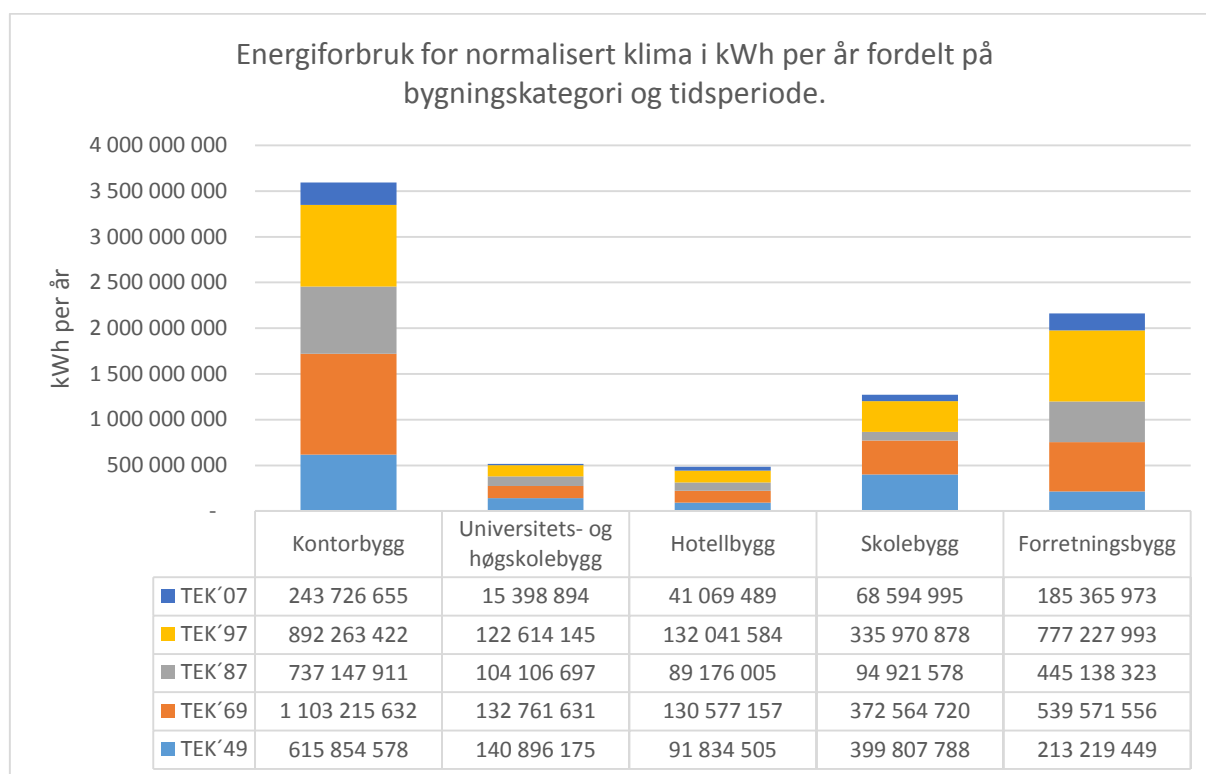


Figur 6. Fordeling av oppvarmet bruksareal fordelt på bygningskategori og tidsperiode. Dataen er basert på statistikk fra Norges vass- og energidirektorat.

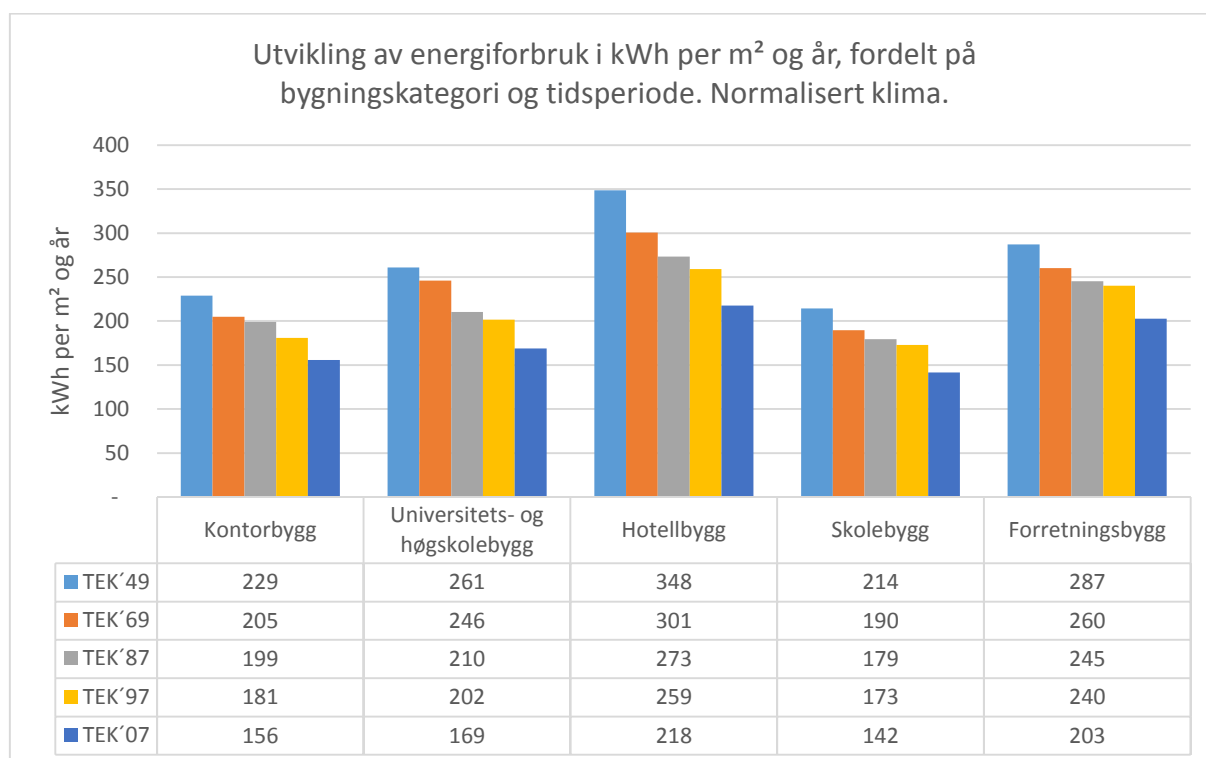
Figur 6 viser at kontorareal utgjør den største delen av energimerket eiendomsmasse mellom årene 1949 til 2010.

Energiforbruk per bygningskategori og tidsperiode

Figur 7 og Figur 8 viser fordelingen i totalt og spesifikt energiforbruk per bygningskategori og tidsperiode ved beregning mot *normalisert* klima. Figur 9 og Figur 10 viser fordelingen i totalt- og spesifikt energiforbruk per bygningskategori og tidsperiode ved beregning mot *lokalt* klima. Statistikken viser at energiforbruket generelt er lavere ved beregning mot lokalt klima.

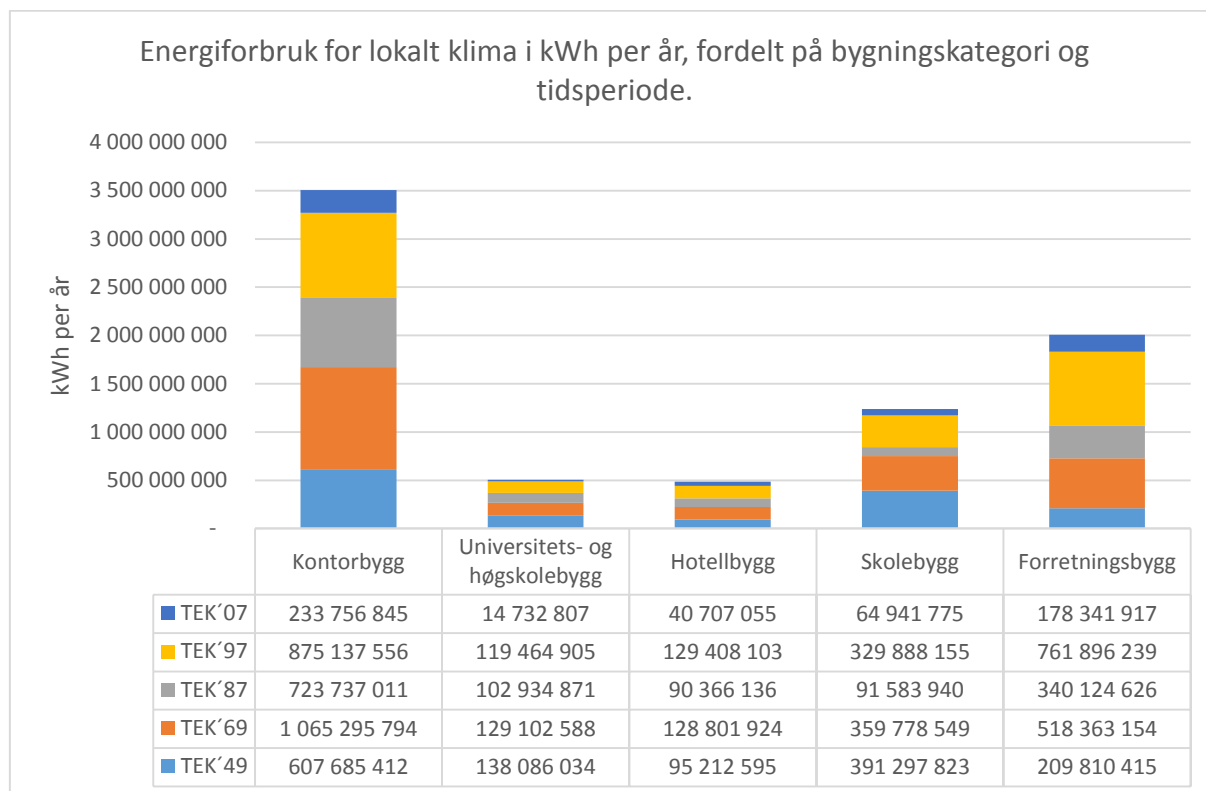


Figur 7. *Energiforbruk per bygningskategori og tidsperiode i kWh per år, beregnet mot normalisert klima. Dataene er basert på statistikk fra Norges vass- og energidirektorat.*

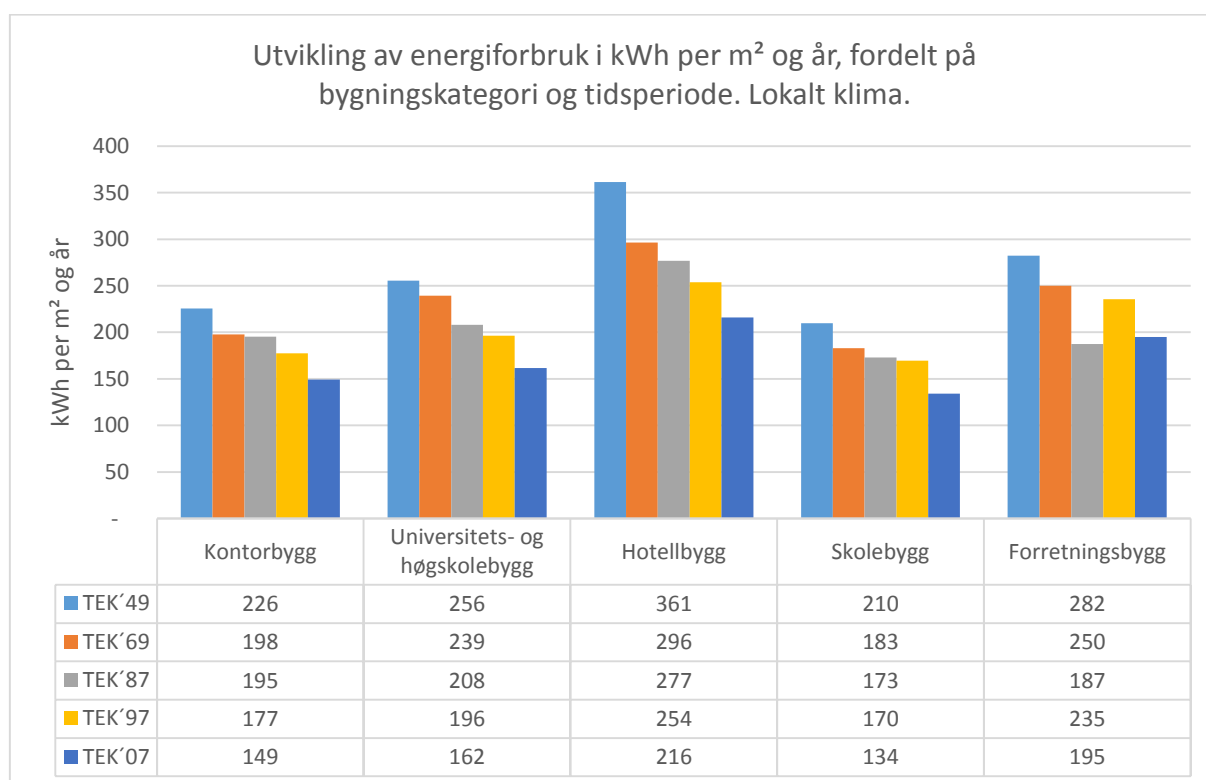


Figur 8. *Utviklingen av spesifikt energiforbruk i kWh per m² og år, fordelt på bygningskategori og tidsperiode og beregnet ved normalisert klima. Dataen er basert på statistikk fra Norges vass- og energidirektorat.*

Figur 8 viser at en positiv trend ved at energiforbruket i snitt har redusert for hver ny tidsperiode.



Figur 9. Energiforbruk per bygningskategori og tidsperiode i kWh per år, beregnet mot lokalt klima. Dataene er basert på statistikk fra Norges vass- og energidirektorat.



Figur 10. Utviklingen av spesifikt energiforbruk i kWh per m² og år, fordelt på bygningskategori og tidsperiode og beregnet ved lokalt klima. Dataene er basert på statistikk fra Norges vass- og energidirektorat.

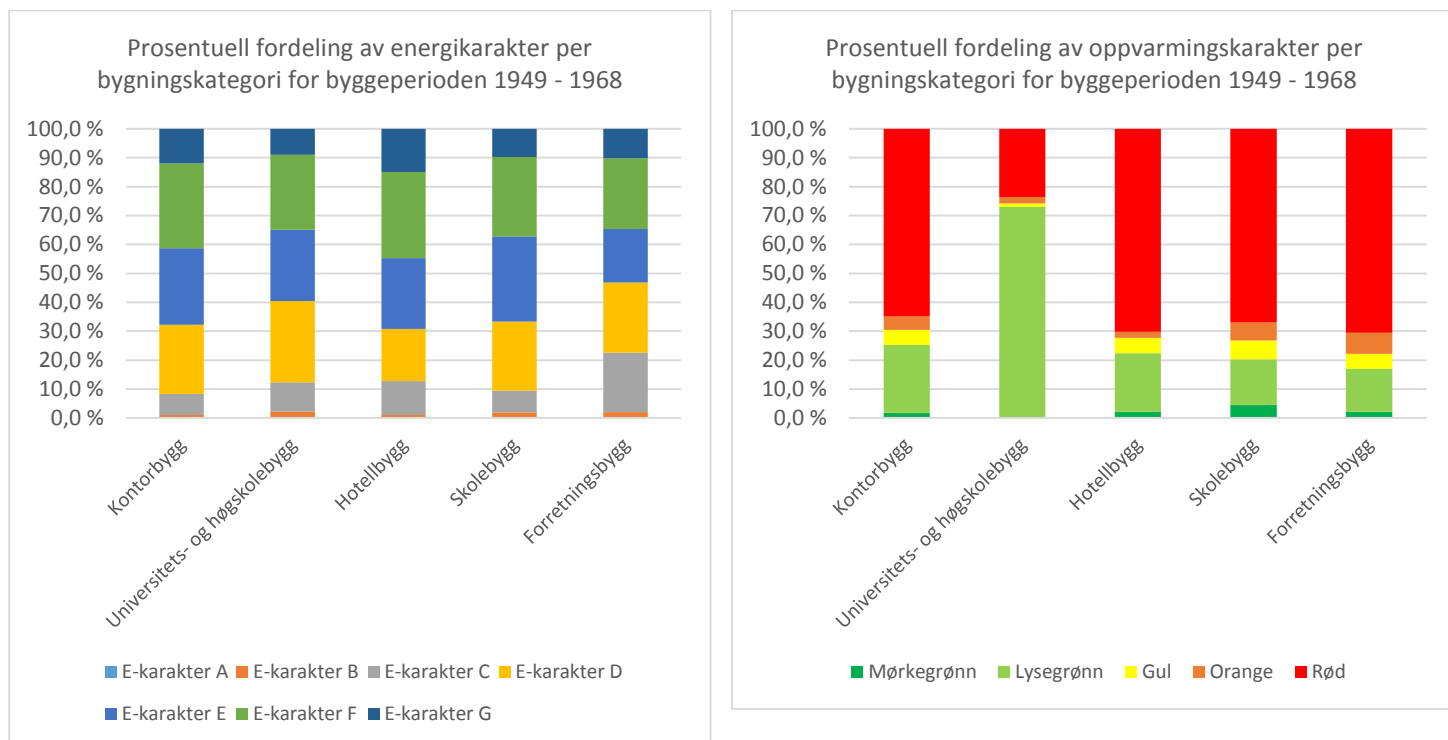
Figur 10 gjenspeiler den positive trenden av redusert energiforbruk per tidsperiode. Generelt er energiforbruket noen prosent lavere ved beregning mot

lokalt klima. Eneste avviket til trenden vises for forretningsbyggene i tidsperioden 1987 til 1996, hvor spesifikt energiforbruk er lavere enn det spesifikke energiforbruket mellom 2007 til 2010. En årsak til dette kan være at flertallet av forretningsbygningene fra denne tidsperioden er lokalisert på steder med et mildere klima enn Oslo.

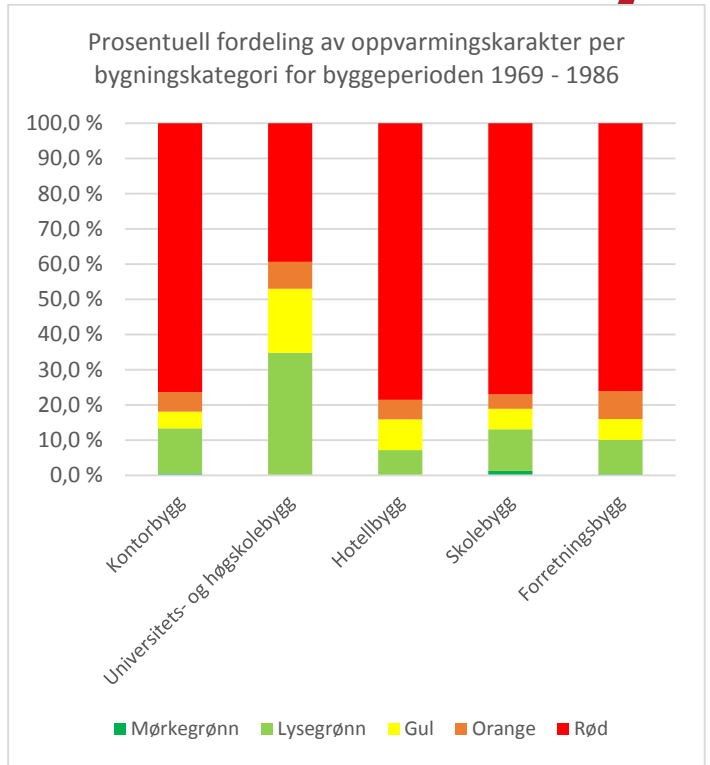
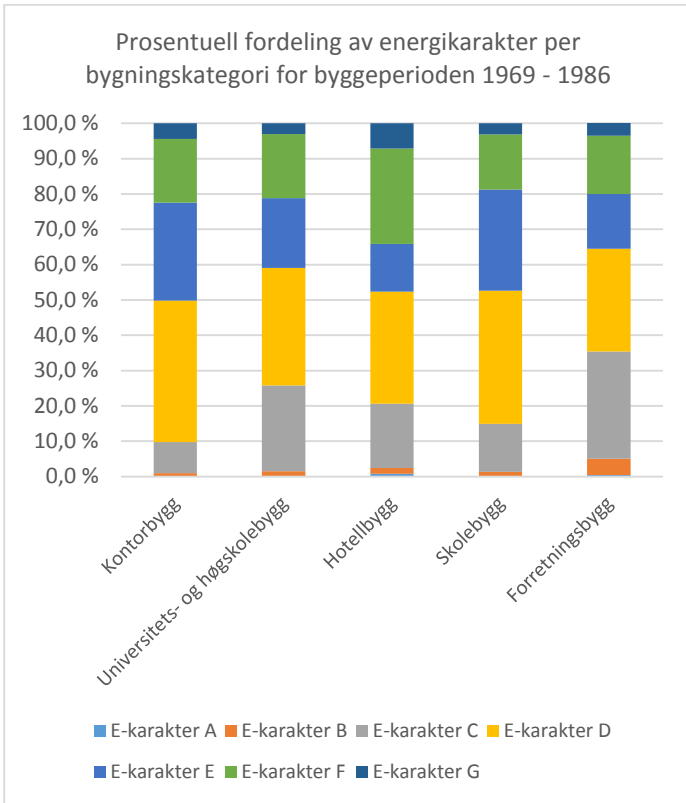
Både energiforbruk ved normalisert- og lokalt klima benytter seg av normerte verdier fra NS 3031:2014 nevnt i tidligere kapittel. Energiforbruket inkluderer ikke forbruk utenfor bygningskroppen, unntatt virkningsgradene til energiforsyningssystemene. Tabellene viser tydelig at det største potensialet for energibesparelser ligger i bygningskategorien *kontorbygg*.

Energi- og oppvarmingskarakterer per bygningskategori og tidsperiode

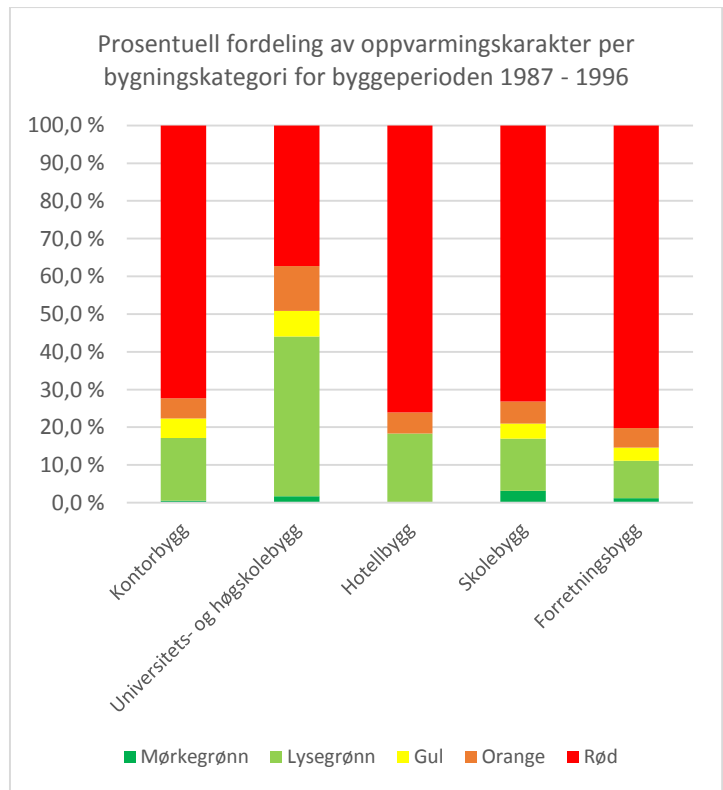
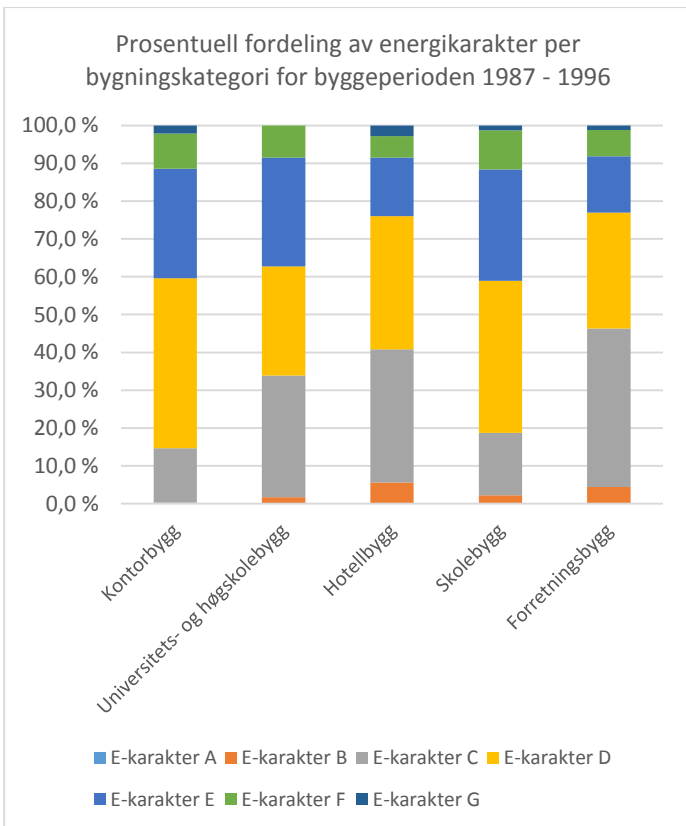
Nedenfor vises den prosentuelle fordelingen mellom energikarakterer og oppvarmingskarakterer for de ulike bygningskategoriene og tidsperiodene.



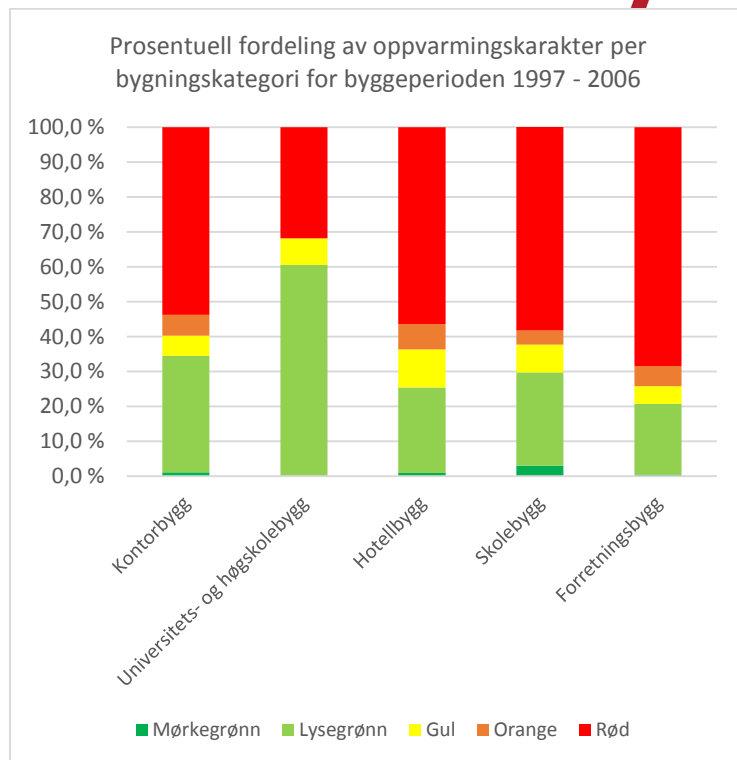
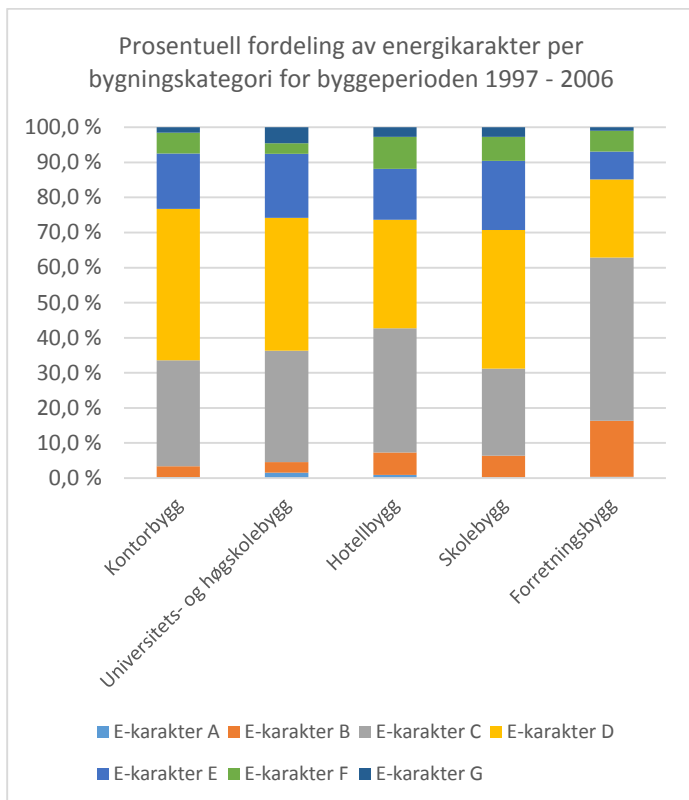
Figur 11. Prosentuell fordeling av energi- og oppvarmingskarakterer per bygningskategori for byggeperioden 1949-1968. Dataene er basert på statistikk fra Norges vass- og energidirektorat.



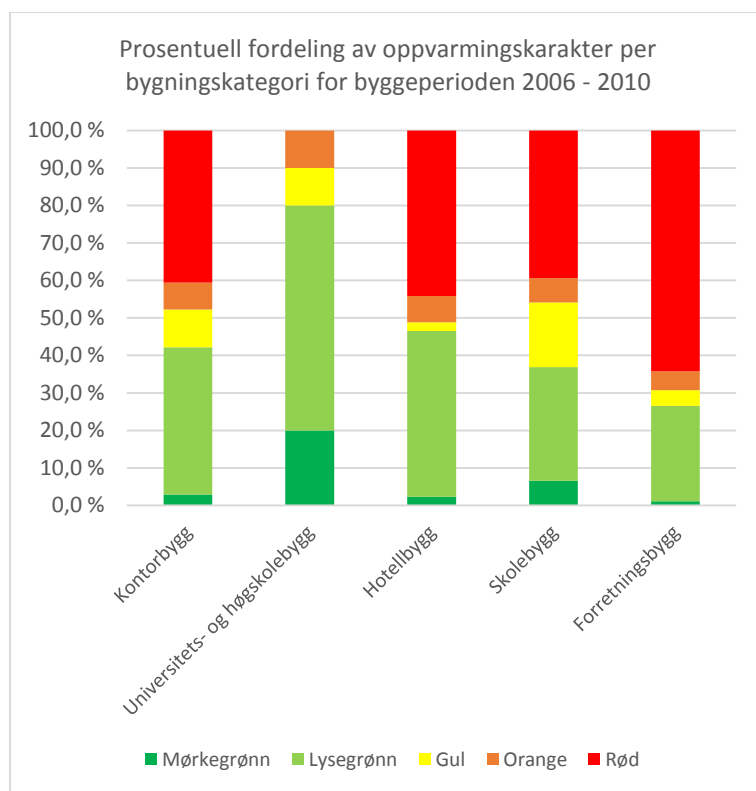
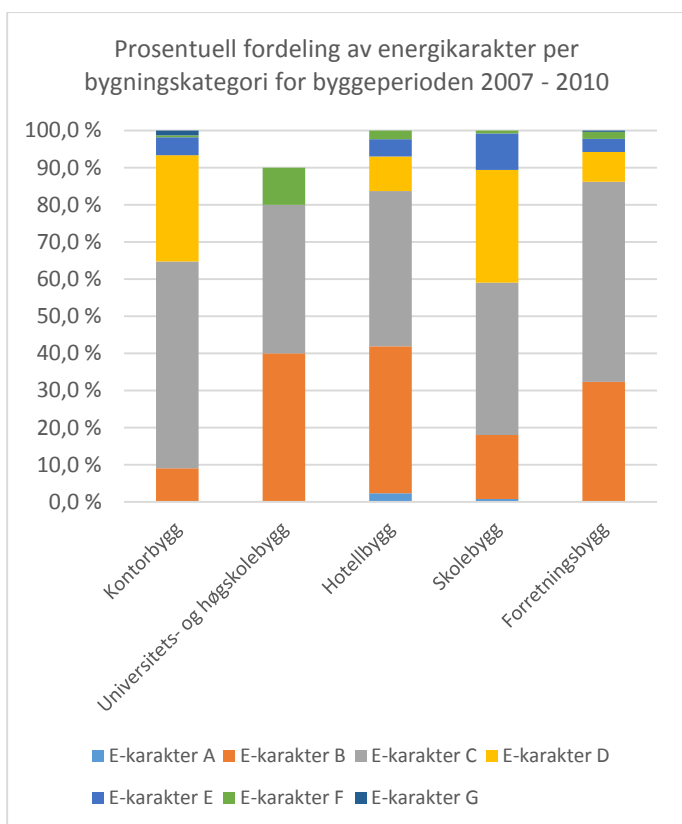
Figur 12. Prosentuell fordeling av energi- og oppvarmingskarakter per bygningskategori for byggeperioden 1969-1986. Dataene er basert på statistikk fra Norges vass- og energidirektorat.



Figur 13. Prosentuell fordeling av energi- og oppvarmingskarakter per bygningskategori for byggeperioden 1987-1996. Dataene er basert på statistikk fra Norges vass- og energidirektorat.



Figur 14. Prosentuell fordeling av energi- og oppvarmingskarakter per bygningskategori for byggeperioden 1997-2006. Dataene er basert på statistikk fra Norges vass- og energidirektorat.



Figur 15. Prosentuell fordeling av energi- og oppvarmingskarakter per bygningskategori for byggeperioden 2007-2010. Dataene er basert på statistikk fra Norges vass- og energidirektorat.

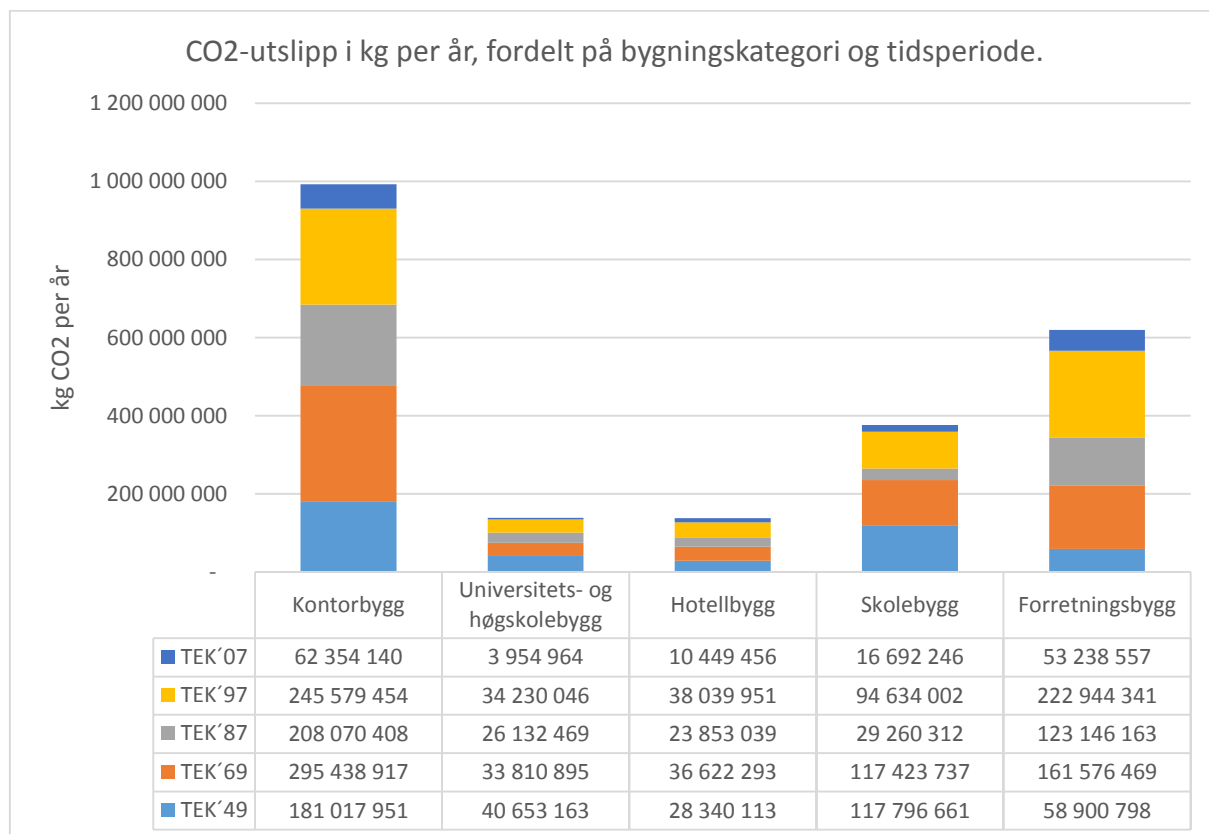
Tabellene for energikarakter viser en stadig forbedring mellom de ulike bygningsperiodene.

Tabellene for oppvarmingskarakter viser et dominant bruk av elektrisitet og fossile brensler. Bygningskategorien "Universitet og høyskolebygg" utmerker seg med en overordnet bedre oppvarmingskarakter i samtlige byggeperioder, hovedsakelig grunnet større bruk av fjernvarme. Det fremkommer videre at bygninger i tidsperioden 1949-1969 generelt hadde bedre oppvarmingskarakter enn bygninger i tidsperioden 1969-1996. Det er først etter 1997 trenden snur ved at bygningens oppvarmingskarakter forbedres grunnet større bruk av blant annet fjernvarme.

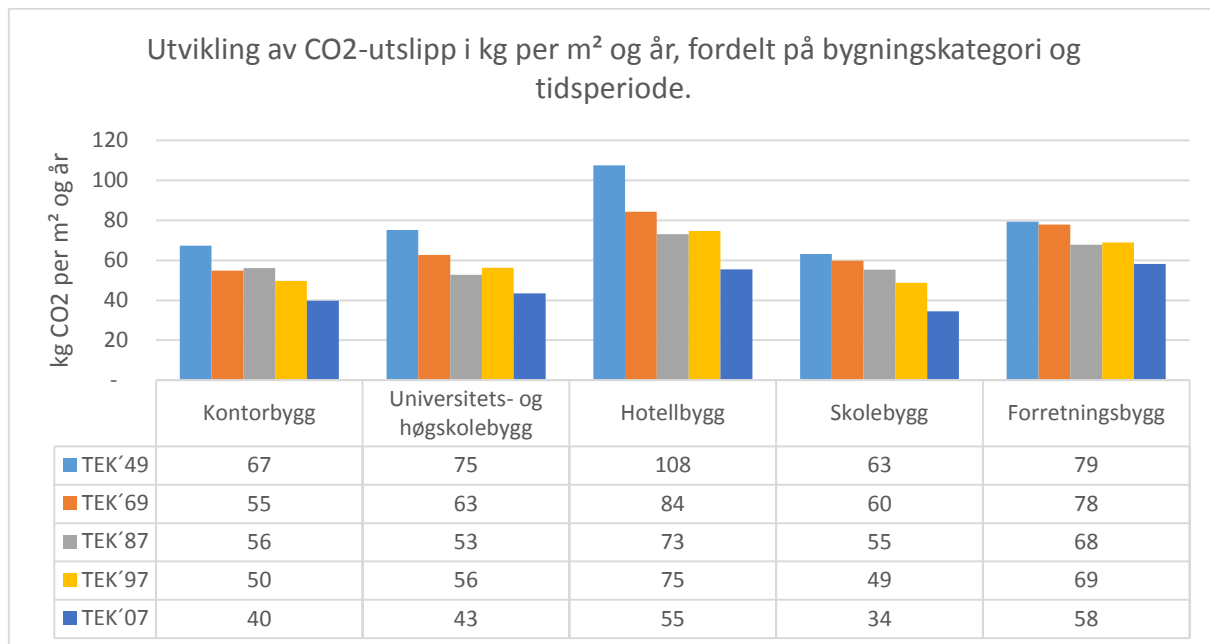
Grunnen til de "dårligere" oppvarmingskarakterene mellom 1969-1996 skyldes hovedsakelig et høyere bruk av elektrisitet knyttet til oppvarming av bygningene.

CO₂-utslipp per bygningskategori og tidsperiode

I Figur 16 gis en overblikk over det beregnede CO₂-utslippet per bygningskategori og tidsperiode. Beregningen av utslippet er basert på beregnet energiforbruk i forbindelse med energimerking av bygningene etter et normalisert klima. Dataene er kun vist til orientering og representerer ikke reelt utslippsnivå. CO₂-ekvivalten som ligger til grunn for det beregnede CO₂-utslippet er hovedsakelig basert på data fra SINTEF's prosjektrapport nummer 42, se Tabell 6. Figur 17 viser CO₂-utslipp fordelt per oppvarmet bruksareal, bygningskategori og tidsperiode.



Figur 16. CO₂-utslipp i kg per år, fordelt på bygningskategori og tidsperiode. Dataene er basert på statistikk fra Norges vass- og energidirektorat.



Figur 17. CO₂-utslipp i kg per m² og år, fordelt på bygningskategori og tidsperiode. Dataene er basert på statistikk fra Norges vass- og energidirektorat.

Figur 17 viser at trenden for redusert CO₂-utslipp generelt følger trenden for spesifikt energiforbruk ved normalisert klima.

CO₂-faktorene benyttet i statistikken er vist i kapittel 3.4.

3.4. Sammenhengen mellom redusert energibruk og et lavere utslipp av karbondioksid

Utslipp av karbondioksid (CO₂) og energiproduksjon er direkte lenket til hverandre. Som følge av dette, medfører et redusert energiforbruk dermed et redusert CO₂-utslipp. Det mest benyttede beregningsprogrammet for energimerking, SIMIEN benytter CO₂-faktorer fra SINTEF Byggforsks prosjektrapport 42. Den norske standarden NS-EN 15603:2008 definerer andre CO₂-faktorer for de ulike energibærerene, og tar utgangspunkt i hele produksjonskjeden inklusive transport og råvareomvandling. De ulike CO₂-faktorene er vist i Tabell 6.

Tabell 6. CO₂-faktor i gram per kilowattime fra SINTEF prosjektrapport 42 og NS-EN 15603 [24] [25].

Energivare	CO ₂ -faktor [g/kWh]	
	SINTEF prosjektrapport 42	NS-EN 15603
Biobrensel	14	14*
Fjernvarme	231	-
Gass (fossil)	211	277
Olje	284	330
Elektrisitet fra kraftnettet	395	617

* CO₂-faktor for trevirke.

Elektrisitet i Norge produseres i stor grad fra fornybare kilder som vann og vind, mens tabellverdiene er basert elektrisk produksjon fra varierende energibærere som olje, gass, kull, solceller og biobrensler, i tillegg til vann og vind.

Slik det fremkommer av Tabell 6 vil valget av beregningsparameter for CO₂-utslipp gi varierende resultat. Dermed er det viktig å definere forutsetningene for utførte beregninger.

3.5. Antall bygninger i Norge

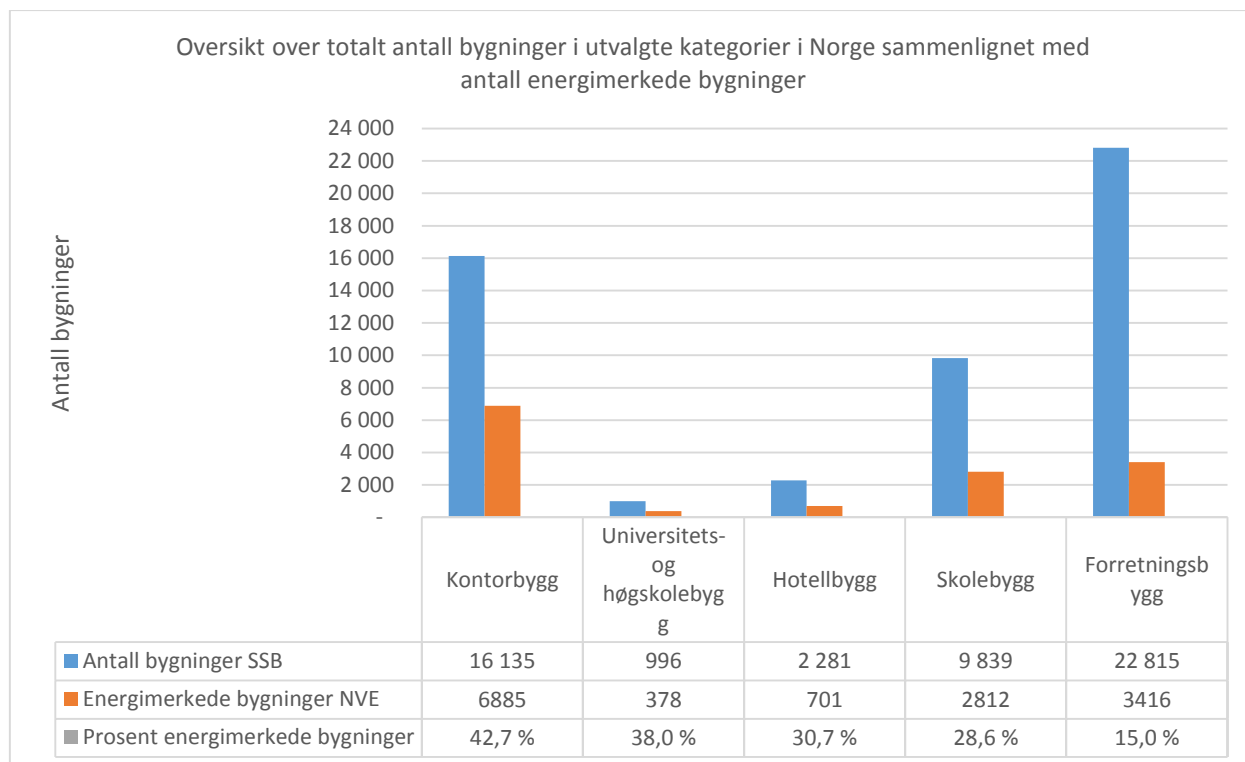
Kapitlet viser antall bygninger i Norge for de fem ulike bygningskategoriene denne masteroppgave behandler. Antall bygninger totalt sammenlignes med antall energimerkede bygninger for å vise det eksisterende kartleggingspotensialet av ikke energimerkede bygninger i Norges bygningsmasse. Kartlegging av disse antas kunne medføre muligheter for å identifisere og iverksette gjennomføringen av energibesparende tiltak.

Grunnlaget er mottatt fra Norges statistiske sentralbyrå (SSB) per epost den 26. januar 2016.

Totalt er det 52 066 bygninger i kategoriene *kontorbygg, universitets- og høyskolebygg, hotellbygg, skolebygg og forretningsbygg*. Statistikken fra NVE viser at 14 193 av disse er energimerkede. Dermed var det ved årsskiftet 2015/2016 totalt 37 873 bygninger, tilsvarende 73 % av bygningene innenfor de respektive kategoriene som var uten energimerking.

Tabell 7 viser fordeling av antall bygninger i Norge i de fem ulike bygningskategoriene sammenlignet med antall energimerkede bygninger i samme bygningskategorier. I tillegg vises den prosentuelle andelen av energimerkede bygninger vs. totalt antall.

Tabell 7. Oversikt over antall bygninger (totalt og energimerkede) i kategoriene kontorbygg, universitets- og høyskolebygg, hotellbygg, skolebygg og forretningsbygg i Norge ved årsskiftet 2015/2016. Kilder: Statistisk sentralbyrå, 26. januar 2016. Norges vass- og energidirektorat, 27. januar 2016.



Slik det fremkommer i kapittel 3.3 utgjør de 14 193 energimerkede bygningene i de ulike kategoriene et areal på omtrent 48 millioner kvadratmeter, med et energiforbruk på 9,9 TWh. Ved beregning av en lineær projeksjon finner man en eksisterende bygningsmasse på nærmere 128,1 millioner kvadratmeter med et energiforbruk på 26,4 TWh for de fem bygningskategoriene som ikke er energimerket, tilsvarende et kartleggingspotensiale på hele 62,5 prosent.

Siden den lineære projeksjonsberegningen inneholder mange usikkerheter nevnes følgende; Beregningen er kun utført for å overordnet vise størrelsen av antall bygninger i Norge uten energimerking, og kan dermed ikke benyttes som fakta. Eksempelvis viser den lineære projeksjonsberegningen av totalt oppvarmet bruksareal for de fem bygningskategoriene på 128,1 millioner kvadratmeter lite samsvar med de anslåtte totale oppvarmede bruksarealet på 125 millioner kvadratmeter beregnet i rapporten *"Potensial- og barrierestudie. Energieffektivisering i norske yrkesbygg"* fra 2011 [6].

Hvilken beregning som er mest riktig med hensyn til reelle tall er ikke nærmere behandlet i denne masteroppgave.

4. ENERGI BESTEMMELSER I TEKNISKE BYGGEFORSKRIFTER, TEK'49 TIL TEK'16

Krav til energieffektivisering i bygninger har stadig blitt strengere. Denne del av masteroppgaven presenterer de verdiene som er blitt antatt i forbindelse med evaluering av de ulike energieffektiviserende tiltakene i kapittel 8.

Multiconsult AS har i samarbeid med Analyse og Strategi AS laget rapporten "*Potensial- og barrierestudie. Energieffektivisering i norske yrkesbygg*" i 2011 [6]. Rapporten hadde blant annet som mål å kartlegge potensialet for energieffektivisering i norske yrkesbygg. Ved utarbeidelse av rapporten hadde forfatterne kartlagt en oversikt over de ulike kravene til bygningsdeler og teknisk utstyr stilt i tidligere byggetekniske forskrifter, frem til og med byggeteknisk forskrift 2010 (TEK'10). Der krav til bygningsdeler og/eller teknisk utstyr ikke vært omfattet av tidligere forskrifter, har det blitt utført antakelser ut ifra bygningskategori og tidsperiode.

Denne masteroppgaven har tatt utgangspunkt i de byggetekniske og tekniske inndata som ble kartlagt av Multiconsult og Analyse og Strategi AS. Dataen er komplettert med energikrav gitt i revidert byggeteknisk forskrift, TEK'10. De nye kravene i TEK'10 ble innført 1. januar 2016, med en innføringsperiode på ett år. Det vil si at man frem til 1. januar 2017 kan prosjektere bygninger basert på de eldre kravene i TEK'10, deretter er kravene gjeldende for alle nye bygninger [26]. De nye energireglene viser hovedsakelig hvordan kravene har blitt skjerpet inn under de siste 60 årene. Revidert versjon av TEK'10 omtales videre som TEK'16. Videre er dataene komplettert med luftlekkasjedata fra Praktisk veileder for energimerking, utarbeidet av Norconsult i 2013 på oppdrag for NVE [18]. Overordnet informasjon om kravene til de ulike bygningstekniske og tekniske installasjonene fra TEK'49 til TEK'16 fremkommer i Tabell 8 nedenfor.

Vedlegg D - Forutsetninger for referansebygningene viser spesifikke krav for de ulike bygningskategoriene *kontorbygg, helsebygg, hotellbygg, skoler* og *forretningsbygg* fordelt etter tidsperiode.

For nærmere informasjon om forutsetninger vises det til vedlegg B1.2, Multiconsult og Analyse og Strategi's rapport fra 2011, NS 3031:2014 og *Praktisk veileder for energimerking* utarbeidet av Norconsult i 2013.

Tabell 8. Inndata som benyttes i denne masteroppgave med hensyn til byggetekniske konstruksjoner og tekniske installasjoner i bygninger mellom TEK'49 til TEK'16 [6] [11] [18] [26].

Energikrav i byggeteknisk forskrift	TEK'16 ³	TEK'10	TEK'07	TEK'97	TEK'87	TEK'69	TEK'49
Begrensning i glass-/vindu- og glassareal av oppvarmet BRA [%]	25*	20	20	20	20	20	20
U-verdi yttervegg [W/m²K]	0,18*	0,18	0,18	0,22	0,30	0,7	1,05
U-verdi gulv [W/m²K]	0,10*	0,15	0,15	0,15	0,30	0,46	0,60
U-verdi tak [W/m²K]	0,13*	0,13	0,13	0,15	0,20	0,58	0,81
U-verdi vinduer, dører og porter [W/m²K]	0,80*	1,20	1,20	2,00	2,40	2,80	2,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m²K]	0,07*	0,06	0,06	0,06	0,12	0,12	0,08
Luftlekkasjetall N₅₀ [h⁻¹]	0,6*	1,5	1,5	Verdier fra <i>Praktisk veileder for energimerking</i> [18] og rapporten <i>Potensial- og barrierestudie. Energieffektivisering i norske yrkesbygg</i> [6].			
Ventilasjonsluftmengder [m³/(h*m²)]	NS 3031:2014, tabell B1.**	NS 3031:2014, tabell B1.**	NS 3031:2014, tabell B1.**	NS 3031:2014, tabell B1.**	NS 3031:2014, tabell B1.	NS 3031:2014, tabell B1. ***	NS 3031:2014, tabell B1. ***
Temperaturvirkningsgrad på ventilasjonssystemets varmegjenvinner [%]	80	80	70	65	60	25	0
Frostsikringstemperatur [°C]	-10	-10	-6	-2	-2	-	-
SFP-faktor [kW/(m³/s)]	1,5	2	2	3,5	4	4	4
Natt- og helgesenking	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei
Solskjerming for eliminering av lokal kjøling	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

³ Benevnningen "TEK'16" viser til de nye energikravene i Byggeteknisk forskrift 2010 (TEK10), revidert 1. januar 2016.

Energikrav i byggeteknisk forskrift	TEK'16*3	TEK'10	TEK'07	TEK'97	TEK'87	TEK'69	TEK'49
Installert effekt ventilasjonskjøling (komfortkjøling) [W/m²]	Nødvendig kjøleeffekt simulert i SIMIEN for oppnåelse av temperaturkrav, definert i arbeidstilsynets " <i>Veiledning om Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen</i> " for lett-arbeid, motsvarende en settpunkttemperatur på 26 °C [27].						
Internlast	Normerte standardverdier i henhold til NS 3031:2014, tabell A1. Verdiene er benyttet for samtlige tidsperioder.						
Belysning [W/m²]							
Utstyr [W/m²]							
Varmtvann [W/m²]							
Varmetilskudd fra personer [W/m²]	Normerte standardverdier i henhold til NS 3031:2014, tabell A2. Verdiene er benyttet for alle ulike tidsperioder.						
Solskjerming, total fast solfaktor	0,40	0,55	0,55	0,65	0,70	0,75	0,75
Aktivisert stilling	0,08	0,08	0,08	0,13	0,14	0,15	0,15
Automatisk styring av solskjerming ved gitt solflux [W/m²]	175	175	175	175	175	175	175

* Inndata hentet fra veiledning til Byggeteknisk forskrift 2010 § 14-2, tabell *Energitiltak*, gjeldende for boligblokk [26].

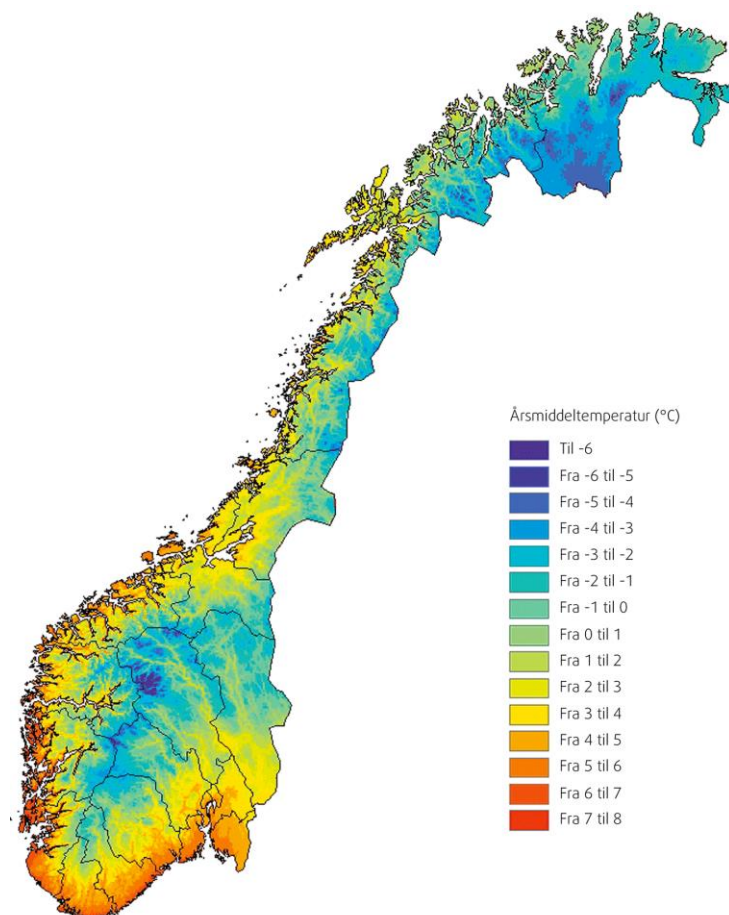
** Luftmengder redusert med 20 % grunnet VAV-styring. Redusering i henhold til NS 3031:2014.

*** Luftmengder gjenspeiler nødvendigvis ikke reelle verdier. Eksempelvis har ikke alle eldre bygninger balansert ventilasjon.

5. ENERGIØKONOMISERING I NORSKE YRKESBYGNINGER

En bygnings ytre klimaskall skal gi oss mennesker beskyttelse mot ytre klimatiske forhold. Bygningen skal med andre ord sørge for at vi opplever en behagelig temperatur og luftkvalitet innendørs. I tillegg må mennesker også ha; tilfredsstillende lyskvalitet gjennom både dagslys og kunstig belysning, tilgang til elektrisitet for diverse utstyr og tilgjengelig varmt- og kaldtvann. Alle disse faktorer er med å danner en bygnings *inneklima*.

Det norske klimaet er svært varierende over det langstrakte landet, noe som fører til at oppvarmingsbehovet, og dermed energiforbruket, i en bygning har store variasjoner basert på hvor i landet bygningen er lokalisert. Eksempelvis vil en bygning som har vestkystklima med +3 °C årsmiddeltemperatur, ha betydelig lavere varmetap gjennom bygningskroppen enn en bygning plassert i nord, hvor årsmiddeltemperaturen kan være ned mot -6 °C. Se Figur 18 for variasjonen av årsmiddeltemperatur i Norge.



Figur 18. Visualisering av variasjonen i årsmiddeltemperaturer i Norge [28].

Utover generelle temperaturvariasjoner spiller også sol, vind, luftfuktighet og naturlig skjerming inn som klimarelaterte faktorer for energibehovet i en bygning. Som følge kan bygningers oppvarmingsbehov være redusert eller

tilnærmet null i de varmere delene av året. Energibruken reduseres imidlertid ikke lineært med det fallende oppvarmingsbehovet. Dette grunnes i at oppnåelse av en behagelig innendørstemperatur vil skape et kjølebehov istedenfor et oppvarmingsbehov. Dermed øker energiforbruket til kjøling, samtidig som forbruket til oppvarming reduseres.

Siden bygningskonstruksjonene i seg selv ikke er i stand til å holde temperaturen på et jevnt nivå over året, med hensyn til både oppvarming og kjøling, kreves det bruk av tekniske installasjoner. Videre kreves det også tekniske installasjoner for å tilfredsstille behovet til god luftkvalitet, nødvendig belysning, bruk av utstyr og tilgang til varmt- og kaldtvann. Det er energiforbruket til alle disse ulike installasjoner, samt varmetap og varmeakkumulering i bygningskroppen, som danner det totale bildet av en bygnings energibehov. Samtidig gir mange av installasjonene gir ringvirkende effekter på hverandre som må vies hensyn. Eksempelvis vil behovet for økt luftkvalitet grunnet luftforurensninger føre til økte luftmengder. Den økte luftmengden medfører at mer luft må varmes opp. Samtidig skaper den økte luftmengden et større lufttrykk mot den innvendige bygningskroppen, som gjør at lekkasjer gjennom utettheter øker, noe som i sin tur fører til et økt varmetap. Et annet eksempel er at økt vindusareal gir et økt varmetap grunnet at et vindu vanligvis har en lavere varmemotstand enn en vanlig yttervegg. Samtidig gir det økte vindusarealet en høyere solinnstråling, som medfører at bygningen varmes opp. Dette kan det også føre til at det dannes et kjølebehov under varmere perioder.

Energibruk og -kostnader knyttet til å skape et godt inneklime er med andre ord resultatet av et samspill mellom det ytre klimaforholdene, bygningens klimaskillende konstruksjoner, tekniske installasjoner og brukermønster. Vurderinger knyttet til energiøkonomisering (ENØK) for å finne de mest egnede løsningene for den enkelte bygningen må dermed gjennomføres helhetlig og flerfaglig. Tabell 9 nedenfor viser samvirkende faktorer som må vektlegges ved en ENØK-vurdering.

Tabell 9. Samvirkende faktorer ved en helhetlig ENØK-vurdering av en bygning [29].

Samvirkende faktorer i en bygning			
Uteklime	Bygningen	Installasjoner	Brukere
<ul style="list-style-type: none">❖ Utetemperatur❖ Sol❖ Vind❖ Fuktighet❖ Omgivelser	<ul style="list-style-type: none">❖ Plassering❖ Orientering❖ Form❖ Planløsning❖ Isolasjon❖ Tetthet❖ Varmekapasitet❖ Vindusløsninger	<ul style="list-style-type: none">❖ Energi- og vannforsyning❖ Oppvarming❖ Varmtvann❖ Ventilasjon❖ Kjøling❖ El. apparater❖ Belysning❖ Gjenvinning❖ Automatikk	<ul style="list-style-type: none">❖ Vaner❖ Holdninger❖ Virksomhet❖ Driftstid❖ Forvaltning❖ Drift❖ Vedlikehold❖ Utvikling❖ Informasjon❖ Kunnskap
Energiforbruk – Inneklime - Kostnader			

5.1. Identifisering og gjennomføring av ENØK-tiltak

Gjennomføring av ENØK-tiltak i eksisterende bygninger kan være omfattende, og krever ofte involvering av flere ulike aktører. Blant annet ulike fagdisipliner, utførende entreprenører, byggherre, drifts- og forvaltningspersonell og brukere. Videre har de ulike aktørene ofte varierende ønsker. For å unngå at særinteressene til de som er involvert i arbeidet blir styrende for hver enkelt aktør, er det viktig å tidlig sette opp tverrfaglige og helhetlige mål. Dette vil medføre at alle blir engasjerte og motiverte i arbeidet med å finne de beste løsningene ut fra perspektivene økonomi, leietakeres og forvalteres og driftspersonellens interesser samt gjennomføringsmulighetene for tiltakene. Et godt samarbeid, engasjement, i tillegg til fagkyndige deltakere er med andre ord fundamentet for å gjennomføre helhetlige ENØK-tiltak som gir gode løsninger og som sikrer:

- ❖ god økonomi, både for utførende, rådgivere, brukere og eiere av bygningen
- ❖ et behagelig inneklima
- ❖ enkel drift og vedlikehold
- ❖ god estetikk, og
- ❖ lang levetid

For å fremme det helhetlige arbeidet bør aktørene under arbeidsprosessen ha god og tett dialog. Samtidig som det bør gis insentiv om at kostnadsbesparelser grunnet redusert energiforbruk over en fastsatt økonomisk ramme fordeles mellom aktørene. Om den øvre rammen på det reduserte energiforbruket eksempelvis settes lik 150 000 kWh per år, og det oppnås reduksjon på 50 000 kWh per år, kommer kostnadsbesparelsen knyttet til differansen de involverte aktørene (utførende entreprenør, byggherre og leietakere) til gode. Den øvre rammen bør fastsettes i en tidlig fase for å sikre helhetlig fokus gjennom hele prosessen.

I tillegg til de ovenstående punktene, vil utførelse av ENØK-tiltak kunne føre til en forbedring av bygningens energimerke. Forbedringen av energikarakteren skjer gjennom et redusert energiforbruk. Oppvarmingskarakteren forbedres ved å endre bygningens energiforsyning, eksempelvis ved tilkobling på fjernvarmenettet, eller installering av en varmepumpe.

Mer informasjon om insentivene knyttet til ENØK-tiltak omtales i kapittel 5.4 og 5.5.

Prosedyre for identifisering av ENØK-tiltak

Innledningsvis bør byggherren, ved identifisering av ulike ENØK-tiltak for en gitt bygningsmasse, engasjere en ENØK-rådgiver, slik at aktuelle tiltak kan kartlegges. For at rådgiveren skal kunne identifisere de mest relevante tiltakene for bygningsmassen, er det viktig at personen har generell tverrfaglig kunnskap innenfor bygningskonstruksjoner og tekniske installasjoner fra ulike tidsperioder, samt kjennskap til typiske bruksmønstre for ulike bygningskategorier. Kartleggingen av tiltakene danner deretter grunnlaget som resterende involverte aktører skal arbeide videre med for å realisere energiøkonomiseringen.

Metodikken for å kartlegge relevante opplysninger om en bygningsmassene kan grupperes etter følgende [30]:

- ❖ Opplysninger om bygningen.
- ❖ Registrert energiforbruk
- ❖ Tekniske installasjoner.

En egnet prosedyre for innhenting av opplysningene, beskrevet av Svein Erik Ulverud [30], gjentas i Tabell 10 i denne masteroppgave. Prosedyren beskriver et eksempel på hvordan ENØK-prosessen kan startes, gjennomføring av befaring og målinger, utforming av beslutningsgrunnlag, kontrahering, gjennomføring av tiltak og oppfølging med dokumentasjon av besparelser og eventuelle inneklimagevinster. Prosedyren er komplettert med forfatterens egne innspill.

Tabell 10. Prosedyre for identifisering og gjennomføring av ENØK-tiltak [30].

Nr.	Arbeidsbeskrivelse
1	Innsamling og vurdering av alle bygningsopplysninger, slik at all tilgjengelig FDV-dokumentasjon (tegninger, driftsinstruksjoner, tekniske data, m.m.) foreligger når tiltakene skal vurderes/beregnes.
2	Registrering av energiforbruk, effektuttak eller annet som er avgjørende for å vurdere et eventuelt sparepotensial-/tiltak.
3	Registrere strakstiltak. Det vil si tiltak som nedbetales innenfor årets energibudsjett, eller på så kort tid at kapitalkostnader er uten betydning.
4	Byggbefaring med ytelsesmålinger, kontroll av automatikk, og intervjuer med brukere og driftspersonell. Påpeke forhold som ikke tilfredsstillende byggforskrifter, definere krav til et godt inneklima, samt opplyse om andre relevante myndighetskrav.
5	Kartlegge andre besparelser enn energi og effekt. Eksempelvis reduserte vann- og avløpsavgifter, redusert klimagassutslipp med mer.
6	Vurdere tiltakenes påvirkning på innemiljøet. Velge løsninger som tilfredsstillende myndighetskrav og ønsker fra brukerne.
7	Kartlegge vedlikeholdstiltak eller modifikasjoner som det er fornuftig å gjennomføre samtidig med ENØK-tiltak, eller som letter gjennomføringen av tiltakene.
8	Lage beslutningsunderlag med besparelser og investeringer basert på omkostningsoverslag/tilbud og presentere disse på en oversiktlig måte slik at beslutningstakeren forstår og kan vurdere innholdet.
9	Vurdere el-/effekt-tariffer og energipriser før og etter ENØK-tiltakene.
10	Foreslå entreprisform, innhente priser og sette opp kontrakter.
11	Formidle finansieringstilbud.
12	Følge opp ENØK-arbeidene i gjennomføringsfasen og i drifts- og vedlikeholdsfasen med et energioppfølgingssystem (EOS).
13	Foreta funksjonsprøving av tiltakene og vurdere disse mot forutsetningene.
14	Legge grunnlag for energiregistrering av energiforbruket i bygget samt sørge for nødvendig opplæring av driftsansvarlig.
15	Dokumentere ENØK-besparelse og andre gevinster, eksempelvis redusert CO ₂ -utslipp.

En stor del av de innledende punktene kan dekkes gjennom å utføre en tilstandsanalyse for bygningen etter metodikken beskrevet i NS 3424:2012 *Tilstandsanalyse av byggverk – Innhold og gjennomføring* (2012). Tilstandsanalysen vil senere bli en del av beslutningsunderlaget beskrevet Tabell 10, punkt 8.

Ved ombygging av eksisterende bygninger foregår det en overlapping mellom prosjektering- og gjennomføringsfasen. Dette er enda en faktor som viser til viktigheten av et tett samarbeid mellom alle prosjektdeltakere, siden uforutsette forhold fortløpende kan dukke opp i forbindelse med arbeidet.

Avvik mellom teori og praksis ved ENØK-vurderinger

I forbindelse med ENØK-vurderinger må det tydelig fremkomme at en teoretisk beregnet energibesparelse ikke nødvendigvis vil stemme overens med faktisk oppnådd resultat. Dette skyldes blant annet følgende:

- ❖ Lokalklimatiske forhold stemmer ikke overens med simuleringsmodellens referanseverdier.
- ❖ Teoretisk benyttet varmemotstand i bygningsdeler tar ikke hensyn til eventuelt dårlig håndverksmessig utførelse eller reelt fuktinnhold i materialene. Håndverksmessig utførelse spiller også inn på bygningens tetthet, eksempelvis i form av tetting av gjennomføringer og sammenføyninger samt tetting rundt vinduer og dører.
- ❖ Benyttet infiltrasjonstall for bygningen stemmer nødvendigvis ikke overens med virkeligheten, da det ofte stipuleres ut fra kjente normverdier.
- ❖ Virkningsgraden på ventilasjonsaggregatets varmegjenvinner antas som konstant. I virkeligheten varierer den basert på blant annet ute- og innelufttemperatur, luftfuktighet, luftvolumstrøm inn og ut med mer.
- ❖ Driftstider antas ut fra normerte verdier, eller innhentes via intervjuer med driftspersonell.
- ❖ Dersom beregningene utføres hver for seg tas det ikke hensyn til samvirkeeffekten flere ulike tiltak har på en bygnings energiforbruk.
- ❖ Varmelagringssevne til bygningsmaterialene inkluderes ikke i energiregnskapet, eller forutsettes feil. Det differensieres med andre ord ikke på "lette" materialer som ikke lagrer varmeenergi og "tunge" materialer som kan lagre mye varmeenergi (eller kuldeenergi).

Som fremkommer i kapittel 3. benyttes en rekke normerte verdier ved beregning av en bygnings energimerke. Tiltak knyttet til forbedret energimerke gjenspeiler dermed ikke en bygnings reelle energisparepotensial, men kan virke som et godt utgangspunkt ved nærmere vurdering av enkelte bygninger. Tiltakslistene som utarbeides i forbindelse med energimerking av eksisterende bygninger kan derfor være et godt verktøy ved den initielle kartlegging av bygningsmassen.

Avvik mellom teoretiske beregninger og faktisk energibruk kan lettere analyseres ved bruk av et energioppfølgingssystem (EOS). EOS er nærmere beskrevet i kapittel 5.4.

5.2. Økonomiske vurderinger

De økonomiske aspektene av energiforbruksreduering er et viktig beslutningspunkt. Dette må vurderes ved en eventuell realisering av de planlagte tiltakene. Eksempelvis; dersom en statlig-, kommunal- eller privat eiere skal iverksette et forbedringstiltak på en bygning, må det ofte foreligge et økonomisk insentiv for gjennomføring av tiltaket. Dersom tiltaket ikke er lønnsomt, risikeres det at mer økonomisk gunstige investeringer prioriteres.

Viktige samvirkende parametere og kostnader ved en økonomisk vurdering vises i Tabell 11. Enkelte av parametere er nærmere beskrevet etter tabellen.

Tabell 11. Viktige samvirkende parametere ved økonomiske vurderinger av energibesparende tiltak [31].

Parametere ved økonomiske vurderinger	Kostnadsposter
Investeringskostnad, I	Måle og utredningsarbeider
Kalkulasjonsrente, r	Ingeniørarbeid, forberedende og avsluttende
Levetid (økonomisk, teknisk), N	Byggeplassutgifter
Periodiske utgifter, vedlikehold, V	Byggemøter
Fortjeneste (besparelse, avkastning), B	Reiser inkl. diett
Restverdi (utrangeringsverdi), S	Rør- og kanalarbeid
	Elektroinstallasjoner og -opplegg
	Bygningsmessige arbeider, rivning, nybygning, utsparinger, med mer.
	Uforutsette utgifter
	Verdi av utleieareal (utleietap) grunnet tiltaket
	Investeringsavgifter

Kalkulasjonsrente

Kalkulasjonsrenten er sentral ved økonomiske vurderinger. I denne masteroppgaven vil det hovedsakelig beskrives tre ulike rentetyper, også kalt *bedriftsøkonomisk kalkulasjonsrente*:

1. Rente ved ekstern finansiering
2. Rente ved egenfinansiering
3. Rente ved kombinasjon av ekstern- og egenfinansiering

Vurderinger knyttet til det eksternt finansierte tiltaket, eksempelvis via banklån, beregnes etter ligning (1).

$$r_{ekstern} = \frac{1}{(1+e)} * \left[\frac{r_n * (1-s) - i}{(1+i)} - e \right] \quad (1)$$

hvor; $r_{ekstern}$ er fremmedfinansiert rente.

s er skattefaktor (marginalskatt, firmaskatt, med mer).

e er relativ prisendringsfaktor av energipris, det vil si avvik fra indeksert pris.

r_n er nominell finansieringsrente (lånerente)

For rente ved egenfinansiering faller skattefaktoren bort, samtidig som den nominelle renten bestemmes basert på ønsket avkastning. Med andre ord sammenlignes renten med internrenten⁴ for andre tiltak. Ligningen reduseres dermed til:

$$r_{egen} = \frac{1}{(1+e)} * \left[\frac{r_n - i}{(1+i)} - e \right] \quad (2)$$

Dersom tiltaket finansieres gjennom egen- og ekstern kapital benyttes ligning 3.

$$r_{komb} = \frac{1}{G+E} * (r_{ekstern} * G + r_{egen} * E) \quad (3)$$

hvor; E er andel egenfinansiering

G er andel ekstern finansiering

$r_{ekstern}$ er fra ligning (1)

r_{egen} er fra ligning (2)

I tillegg til *bedriftsøkonomisk kalkulasjonsrente* finnes blant annet *samfunnsøkonomisk kalkulasjonsrente* hvor rentenivået bestemmes av eksempelvis Finansdepartementet og *privatøkonomisk kalkulasjonsrente*. Beregning av privatøkonomisk kalkulasjonsrente gjøres ofte ved å benytte bankens lånerente som nominell rente [31]. Informasjon om inflasjonsnivået i Norge kan eksempelvis hentes fra Norges Bank, se www.norges-bank.no.

Nåverdimetoden

Nåverdimetoden er blant de viktigste beregningsmetodene for vurderinger av lønnsomheten ved en investering. Prinsippet for nåverdimetoden er at verdien av tidligere og fremtidige utgifter og inntekter beregnes til verdien ved et gitt tidspunkt. Vanligvis benyttes dagens verdi.

Nåverdiberegning i sin simpleste form kan beregnes etter ligning (4).

$$Nåverdi(NV) = B * \left[\frac{1 - (1+r)^{-N}}{r} \right] + S * (1+r)^{-N} - I \quad (4)$$

hvor; B er besparelsen i kroner. Alternativt energi*energipris.

r er realrenten, eller kalkulasjonsrenten.

S er salgsverdien.

I er investeringskostnaden.

N er levetid i år.

Dersom man setter nåverdien lik null, kan besparelsen, økonomisk levetid eller nødvendig rentenivå regnes ut. Når alle parametere er kjente kan nåverdien

⁴ Internrenten er den rente hvor nåverdien er lik 0.

regnes ut. Ut fra et økonomisk perspektiv skal et lønnsomt tiltak alltid ha $NV > 0$.

Ved reelle ENØK-vurderinger er *besparelsen* ofte avhengig av flere underliggende parametere. Parameterne er vist i Tabell 12.

Tabell 12. Viktige parametere ved beregning av besparelsen for ENØK-tiltak [31].

Besparellesparameter	Symbol	Enhet
Spart energi per år	E	[kWh/år]
Årlig energiforbruk til drift av ENØK-tiltaket (merforbruket)	E_D	[kWh/år]
Eventuell effektreduksjon (aktuelt ved effekttariffer)	P	[kW]
Energipris	e_e	[kr/kWh]
Effektpris	E_p	[kr/kW]
Drifts- og vedlikeholdskostnader	V	[kr/år]

Ligning for beregning av besparelsen blir da:

$$B = (E - E_D) * e_e + P * e_p \pm V \quad (5)$$

Dersom det forutsettes at alle årlige besparelser blir like store gjennom tiltakets levetid kan nåverdiligningen (4) skrives om til:

$$NV = B * \left[\frac{1-(1+r)^{-N}}{r} \right] - V * \left[\frac{1-(1+r_1)^{-N}}{r_1} \right] + S * (1 + r_1)^{-N} - I \quad (6)$$

$$r_1 = \frac{r_n * (1-s) - i}{(1+i)} \quad (7)$$

Renten r_1 er kalkulasjonsrente korrigert for inflasjon og skatteforhold. r er renten korrigert for inflasjon, skatteforhold, og relative prisendring for energi i forhold til inflasjon, ligning (1). Beregningsprinsippet for en nåverdiberegning er vist i eksemplet nedenfor. Eksemplet er hentet fra boken *ENØK i bygninger* [31].

Nåverdiberegning - eksempel

En byggeier vurderer å få installert en ny varmegjenvinner (vann/glykol). Følgende informasjon skal benyttes:

Tilført fristluftmengde	$Q_T = [2,5 \text{ m}^3/\text{s}]$
Avtrekksmengde	$Q_F = 2,5 \text{ [m}^3/\text{s}]$
Trykkfall over vann-/glykol batterier, forutsatt likt for tillufts- og fraluftsside	$\Delta p_T = \Delta p_F = 300 \text{ [Pa]}$
Driftstid for varmegjenvinner er 10 timer per døgn i fyringssesongen	$T_E = 2000 \text{ [h/år]}$
Driftstid vifter per år	$T_V = 4000 \text{ [h/år]}$

Driftstid vann-/glykolpumper	$T_P = 4800$ [h/år]
Virkningsgrad for tillufts- og fraluftsvifte	$\eta_T = \eta_F = 60$ [%]
Årsvirkningsgrad for oljekjel	$\eta_F = 70$ [%]
Årsvirkningsgrad for gjenvinner	$\eta_G = 60$ [%]
Økonomisk levetid	15 [år]
El-pris	$e_{\text{elektrisitet}} = 0,40$ [kr/kWh]
Oljepris, 2,5 [kr/liter] gir	$e_{\text{olje}} = 0,36$ [kr/kWh]
Sirkulasjonspumpeeffekt (vann/glykol)	$P_P = 0,5$ [kW]
Investeringskostnader	$I = 80\,000$ [kr]
Gjenvunnet energi	$E = 65\,000$ kWh/år
Drifts- og vedlikeholdskostnader	$V = 2\,000$ [kr/år]
Restverdi	$S = 3\,000$ [kr/år]

Merforbruk til drift av vifter som følge av økt motstand i kanalsystemet grunnet den nye vann-/glykolveksleren:

$$E_{DV} = \frac{\Delta p_T \cdot Q_T}{\eta_T} \cdot (T_V - T_E) + \frac{\Delta p_F \cdot Q_F}{\eta_F} \cdot T_V = \left[\frac{300 \cdot 2,5}{0,6} (4000 - 2000) + \frac{300 \cdot 2,5}{0,6} \cdot 4000 \right] \cdot \frac{1}{1000} = \mathbf{7500} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{år}} \right]$$

Energibruken som medgår til drift av sirkulasjonspumpen blir:

$$E_{DP} = P_P \cdot (T_P - T_E) = 0,5 \cdot (4800 - 2000) = \mathbf{1400} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{år}} \right]$$

Den samlede elektriske energien og de økte driftskostnaden for drift av varmegjenvinneren, per år:

$$E_D = E_{DV} + E_{DP} = 7500 + 1400 = 8900 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{år}} \right] \Rightarrow B_D = 8900 \cdot 0,4 = \mathbf{3560} \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right]$$

Gjenvunnen energi gir en besparelse på:

$$B_E = E \cdot e_{\text{olje}} = 65000 \cdot 0,36 = \mathbf{23400} \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right]$$

Kalkulasjonsrentene fra (1) og (8) skal nå beregnes og settes inn i nåverdiligningen (7).

$$r_1 = \frac{r_n \cdot (1-s) - i}{(1+i)} = \frac{0,12 \cdot (1-0) - 0,05}{(1+0,05)} = 0,067 = \mathbf{6,7} \text{ [%]}$$

$$r_{\text{ekstern}} = \frac{1}{(1+e)} \cdot \left[\frac{r_n \cdot (1-s) - i}{(1+i)} - e \right] = \frac{1}{(1+0,03)} \cdot \left[\frac{0,12 \cdot (1-0) - 0,05}{(1+0,05)} - 0,03 \right] = 0,036 = \mathbf{3,6} \text{ [%]}$$

Med følgende inndata blir nåverdien:

$$\begin{aligned}
 NV = & B * \left[\frac{1-(1+r)^{-N}}{r} \right] - V * \left[\frac{1-(1+r_1)^{-N}}{r_1} \right] + S * (1 + r_1)^{-N} - I = (23400 - \\
 & 3650) * \left[\frac{1-(1+0,036)^{-15}}{0,036} \right] - 2000 * \left[\frac{1-(1+0,067)^{-15}}{0,067} \right] + 3000 * (1 + 0,067)^{-15} - \\
 & 80000 = \mathbf{128\ 520 [kr]}
 \end{aligned}$$

Nåverdien ble i dette eksempel positiv, dermed er tiltaket lønnsomt. Ved økt rentesats grunnet eksempelvis økt nominell rente eller krav til avkastning i foretaket, ville tiltaket blitt mindre lønnsomt.

Eksempelet inkluderer ikke vurdering av forandrede avgifter grunnet eventuelt endrede effekt-tariffer.

Levetider

Tabell 13 gir oversikt over typiske levetider som kan benyttes ved ENØK-betraktninger.

Tabell 13. Levetider for ulike objekter i en bygningen fra et ENØK-sammenheng [32].

Objekt	Avskrivningstid [år]
Bygningsmessige konstruksjoner	60
Isolasjon	40
Vinduer	30
Varmeanlegg	25
Rørinstallasjoner	30
Varmtvannsberedere	15
Elektriske varmeanlegg	30
Termostater, ventiler	15
Varmepumpe	15
Oljebrennere	15
Trykkekspansjonsanlegg	20
Platevarmevekslere	15
Roterende varmeveksler	15
Kammerveksler	15
Vann/glykol-gjenvinner	15
Ventilasjonskanaler	30
Vifter	15
Automatikk/overvåkning	15
Belysning	20

Pay-back time

Pay-back time, eller inntjeningstid er tiden N_0 , hvor nåverdisummen av fremtidige inntekter er lik summen av alle investeringer. Inntjeningstiden beregnes med ligning (8).

$$N_0 = \frac{\ln\left[\left(1 - \frac{I}{B} * r\right)^{-1}\right]}{\ln(1+r)} \quad (8)$$

hvor; B er netto årlig besparelse [kr/år]

I er investeringskostnader [kr]

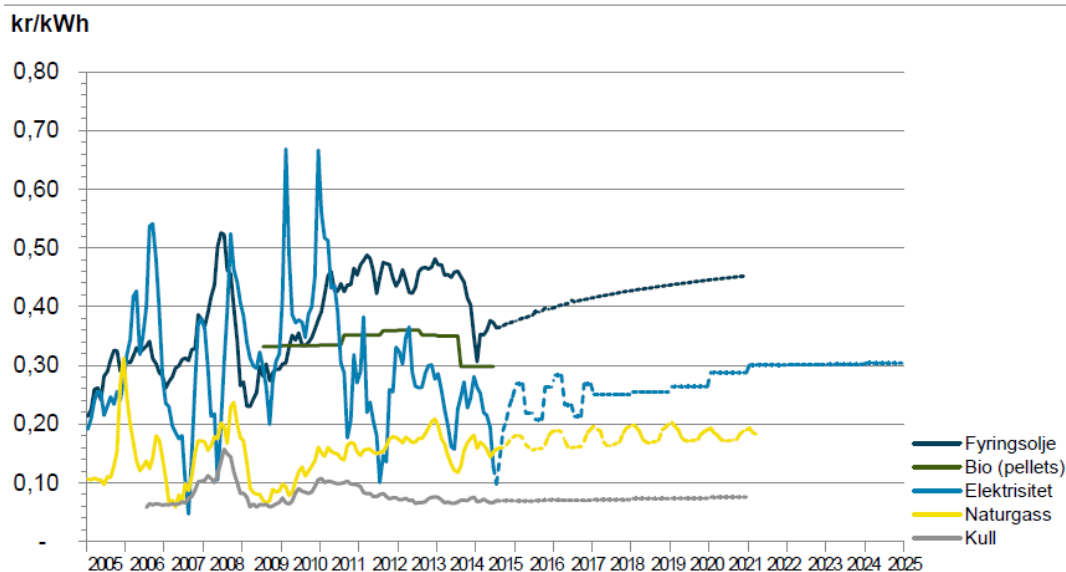
r er kalkulasjonsrenten (realrenten) [%]

Beregning av inntjeningstiden medfører at ulike tiltak kan vurderes mot hverandre med hensyn til foretakets investeringskrav og -kriterier [31].

Inntjeningstiden for ulike tiltak kan være vesentlig ved beslutningstagning. Det er dermed viktig at beregninger utføres og presenteres for å visualisere ovenfor beslutningstakere når investeringene starter å gå i pluss. Lavere inntjeningstid og god avkastning gir altså større mulighet for at energibesparende tiltak gjennomføres.

5.3. Utvikling av energipriser i Norge

Generelt har Norge lave energipriser uansett valg av energibærere. For maksimal lønnsomhet i tiltak knyttet til redusert energiforbruk er dette lite gunstig, siden lave energipriser fører til lav økonomisk gevinst. Trendutviklingen av energipriser mellom 2005 og 2015 viser en fallende kostnadstendens, som fremkommer av ENOVA's rapport "*Markedsutvikling 2015. Hovedtrender i Enovas satsningsområder*". Kostnadsutviklingen er vist i Figur 19.

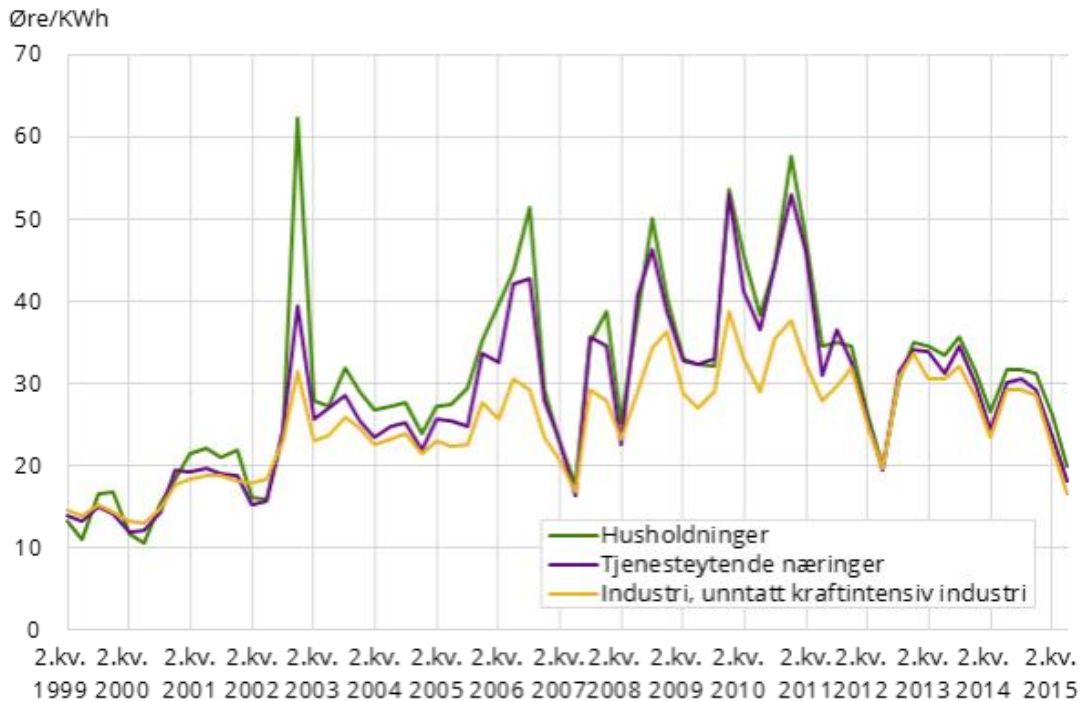


Figur 5: Historiske priser og fremtidspriser på energibærere. Kilder: Thompson Reuters Datastream, Barchart, Energirapporten nr. 23/15 [5].

Figur 19. Utvikling av pris på ulike energibærere i Norge mellom 2005 til 2015 [33].

SSB's statistikk over utviklingen av gjennomsnittlige priser på elektrisk kraft mellom 1999 og 2015, eksklusive tariffavgifter, nettleie og andre avgifter er vist i Figur 20.

Figur 3. Gjennomsnittlige priser på elektrisk kraft, eksklusive avgifter og nettleie. Alle typer kontrakter

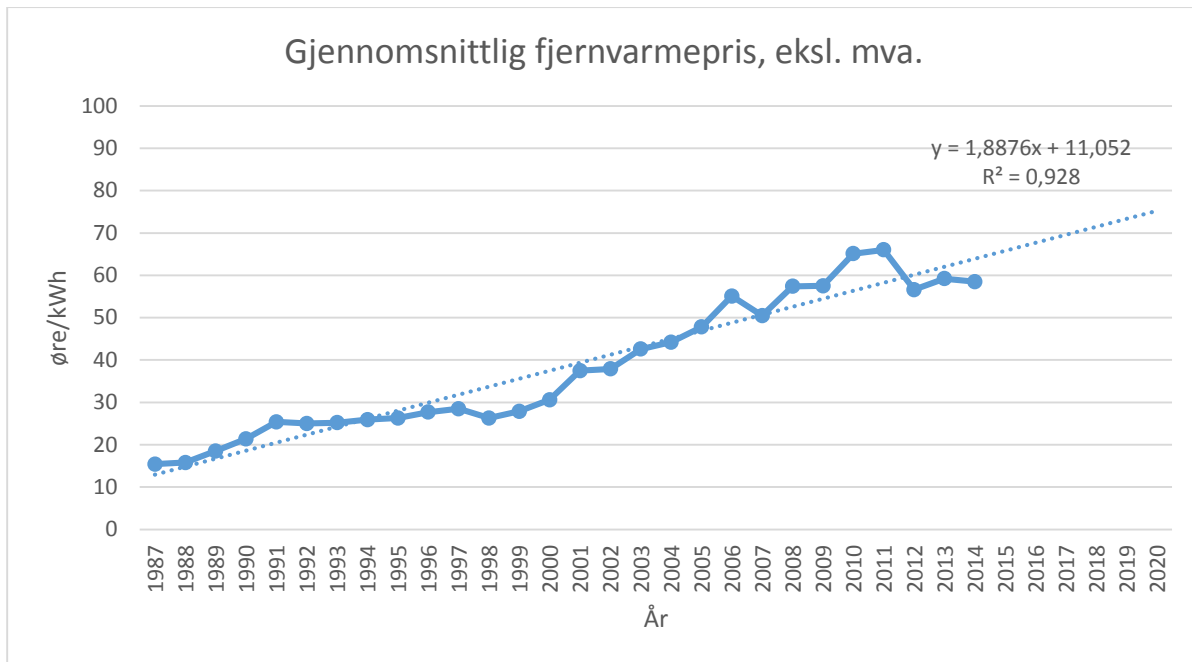


Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Figur 20. Utviklingen av gjennomsnittlige priser på elektrisk kraft mellom 1999 og 2015 [34].

Tredje kvartal i 2015 var total gjennomsnittlig kraftpris (strømpris) for næringsvirksomheter 0,18 kr/kWh eksklusive nettleie og avgifter. Kraftprisen for husholdninger var totalt 0,73 kr/kWh inklusive nettleie og avgifter [34].

SSB's prisutvikling for fjernvarme mellom 1987 og 2014 fremkommer av Figur 21. Figuren viser en tydelig trend med økende priser. Prisutviklingen er komplettert med en prosjektering frem til 2020 som viser forventet kostnader på fjernvarme forutsatt en lineær økning tilsvarende økningen fra de siste 20 årene.



Figur 21. Utviklingen av gjennomsnittlig fjernvarmepris mellom 1987 og 2014. Prisutviklingen er komplettert med en lineær trendlinje frem til 2020. Dataene er hentet fra SSB's nettsider [35].

Gjennomsnittlig fjernvarmepris eksklusiv merverdiavgift i 2014 var 0,59 kr/kWh [35]. Som fremkommer av Figur 21 vil prisen stige til omtrent 0,75 kr/kWh i 2020 dersom det forutsettes lineær økning.

5.4. Hjelpemiddel for systematisering av arbeidet med energireduering i bygninger

I denne del beskrives ulike hjelpemidler som vurderes hensiktsmessige i forbindelse med systematisering og gjennomføring av energibesparende tiltak i bygninger. Hjelpemidlene beskrevet er *energisparekontrakt*, *energiledelse*, *energioppfølgingssystem* og *passiv energidesign*.

Energisparekontrakt

Energisparekontrakt, eller *Energy Performance Contracting (EPC)*, er en kontrakt som definerer og spesifiserer hvordan energiforbruk i bygninger kan effektiviseres og reduseres. Dette samtidig som eiendomseiere reduserer sin økonomiske risiko som følger oppgraderingsinvesteringene.

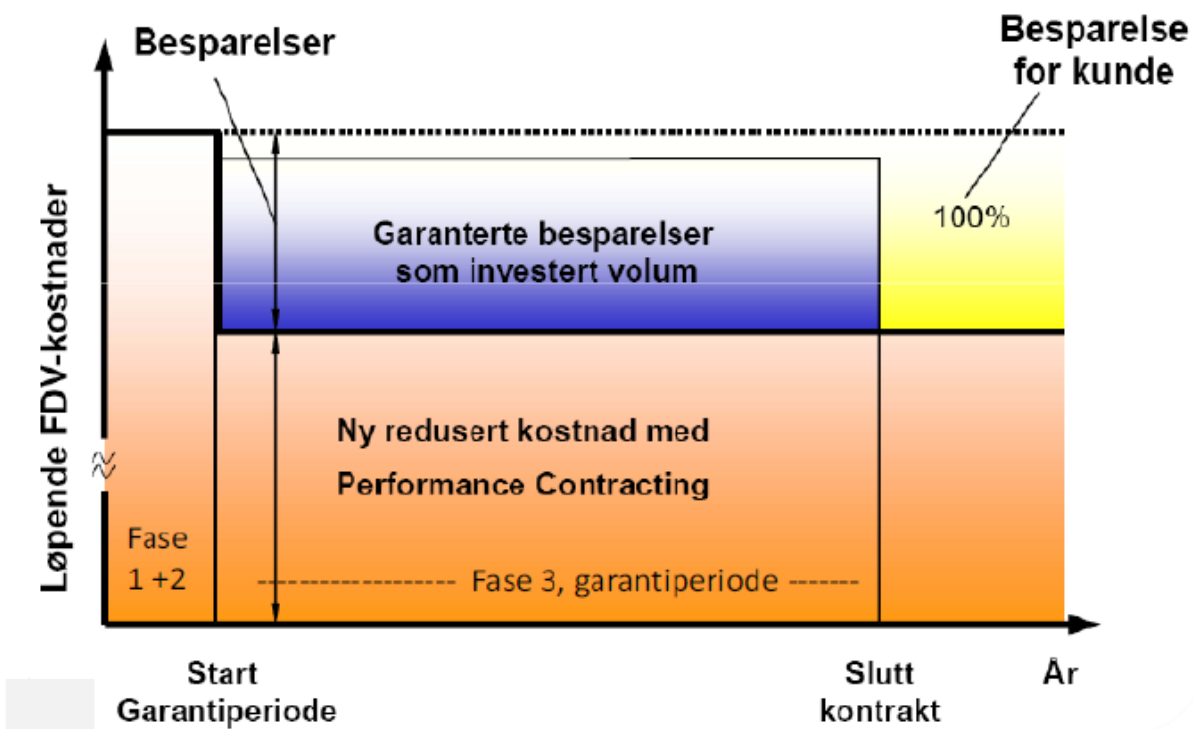
EPC-kontrakter har eksistert i Norge siden 1995. For frem til ca. 5 år siden var spredning av kontraktene lav, blant annet på grunn av Norges lave energipriser. På grunn av økt fokus på klima gjennom offentlige etater og media har omfanget av inngåtte kontrakter økt, med størst andel innenfor den kommunale sektoren [36].

En energisparekontrakt inngås vanligvis mellom en eiendomseier og et eksternt foretak, hvor det eksterne foretaket tar på seg ansvaret for å redusere og effektivisere energiforbruket i en eller flere bygninger. Finansieringsprinsippet til de energibesparende tiltakene er at det eksterne foretaket garanterer en

energibesparelse, og dermed garanteres en gitt reduisering av energikostnader for eiendomseieren over en bestemt tidsperiode basert på identifiserte energibesparende tiltak på eksisterende bygningsmasse. Investeringskapital til tiltakene ordnes av det eksterne foretaket. Tidsperioden for kontrakten baseres eksempelvis på hvor lang tid det vil ta å tjene igjen de nødvendige investeringene, men andre forutsetninger kan også legges til grunn for varigheten av kontrakten. Eventuelle kostnadsbesparelser utover de avtalte/beregnete beløpet i kontraktsperioden kommer det eksterne foretaket til gode. Besparelser etter kontrakten er gått ut kommer eiendomseier til gode. Dermed får eiendomseieren et bygg med reduserte energikostnader og forbedret miljøprofil uten nevneverd økonomisk risiko, noe også Enova beskriver på sine nettsider [37]. I følge rapporten "*EPC in the Nordic Countries*", utarbeidet på bestilling av Nordisk Ministerråd, består et typisk EPC prosjekt vanligvis av følgende deler [36]:

- ❖ Et eksternt foretak sørger for å prosjektere og implementere energibesparende tiltak, fra tidlig fase til måling og verifikasjon av reelle besparelser.
- ❖ Det eksterne foretaket definerer hvordan energibesparelser skal måles. I tillegg kan også måling av økonomiske besparelser til blant annet redusert vannforbruk og redusert klimafotavtrykk være del av prosjektet.
- ❖ Det eksterne foretaket sørger for finansiering av prosjektet.
- ❖ Det eksterne foretaket garanterer kostnadsbesparelser, og at disse besparelser vil dekke de nødvendige investeringene.

Finansieringsmodellen vises i Figur 22 nedenfor.



Figur 22. Finansieringsmodell for energisparekontrakter [38].

Standard Norge har også utarbeidet en egen standard for energisparekontrakt, *NS 6430:2014 Alminnelige kontraktsbestemmelser for energisparing (EPC)*, som spesifiserer i detalj hvordan EPC-kontrakt kan utformes [39]. Den norske standarden deler inn i tre faser, som beskrevet nedenfor:

Analysefasen; det eksterne foretaket, heretter kalt "energientreprenøren" kartlegger og beskriver de ulike energieffektiviserings- og driftsbesparingstiltak som er mulige å gjennomføre for eiendomseieren. Kartleggingen resulterer i en rapport som inneholder informasjon om investerings-/implementeringskostnader for tiltakene i gjennomføringsfasen, samt en beskrivelse av driftsmodellen for hvordan tiltakene skal følges opp og garanteres under garantifasen.

Gjennomføringsfasen; de beskrevne tiltakene gjennomføres. I denne fasen gjelder ikke garantier knyttet til energieffektiviserings- og driftsbesparingstiltak. Eiendomseieren (oppdragsgiveren) har selv risiko for energikostnader, dersom ikke annet avtales.

Sparegarantifasen; er drift og vedlikehold av gjennomførte tiltak for å sikre at eksisterende bygg og nye investeringer opprettholder sin funksjon. Dette slik at den avtalte årlige besparelsen genereres.

I og med at det finnes en Norsk standard for EPC anses det dermed at det eksisterer et godt grunnlag for gjennomføring av prosjekt basert på energisparekontrakt i Norge. Enova viser videre til at implementering av energiledelsessystem i kommuner og foretaket med fordel kan gjennomføres i forbindelse med EPC-prosjekt [37].

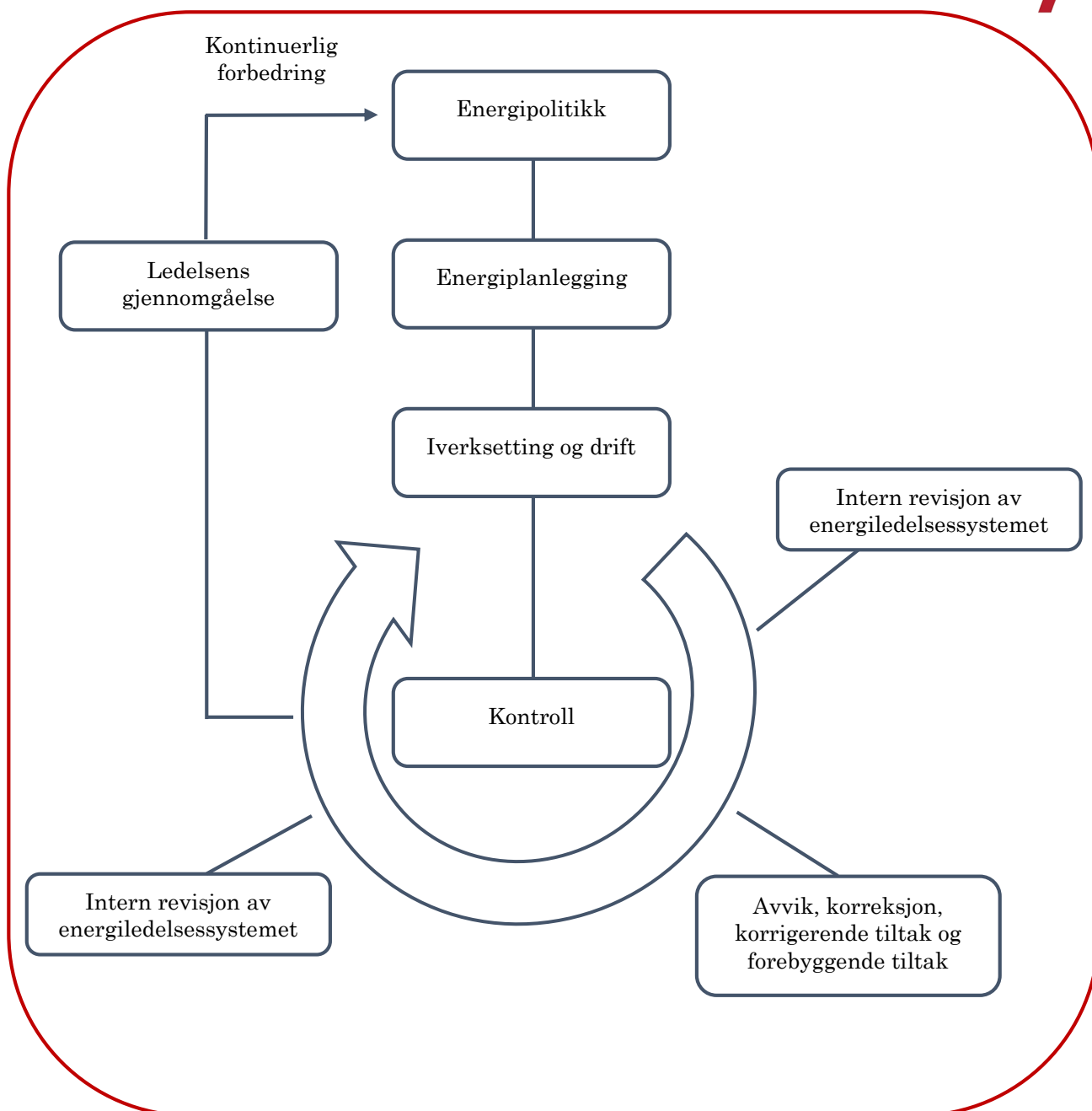
Energiledelse

Energiledelsessystem er et egnet virkemiddel for å iverksette langsiktige mål for reduisering av energiforbruket i en organisasjon.

Den norske standarden, NS-EN ISO 50001:2011 "*Energiledelsessystemet. Krav med brukerveiledning*" har som mål å gjøre det mulig for organisasjoner å etablere standardiserte systemer og prosesser for å forbedre bygningers energiytelse, med andre ord bygningers *energieffektivitet, energianvendelse og energiforbruk*. Hensiktene med implementeringen av standarden er at energiledelsessystemet skal føre til:

- ❖ Redusert klimagass-utslipp og reduisering av andre relaterte miljøpåvirkninger
- ❖ Reduserte energikostnader gjennom systematisk energiledelse

NS-EN ISO 50001:2011 angir krav til energiledelsessystemer som gir en organisasjon muligheten å utvikle og iverksette en intern energipolitikk og etablere tilhørende mål og handlingsplaner. Disse tar hensyn til lovfestede krav, samt nødvendig informasjon i forbindelse med vesentlig energianvendelse. Modellen for energiledelsessystemet vises i Figur 23 [40].



Figur 23. Modell for energiledelsessystem for NS-EN ISO 5001:2011 [40].

Etablering av energiledelsessystemet anses som et egnet tiltak for å iverksette en helhetlig intern strategi for å redusere energiforbruket i eiendomsmassen til eiendomsforvaltere og -eiere.

Energiledelsessystemet forankres ved at den øverste ledelsen er forpliktet til å støtte systemet, og å sikre kontinuerlig forbedring av systemets effektivitet gjennom å definere, etablere, iverksette og vedlikeholde en energipolitikk i organisasjonen. Energipolitikken skal inneholde en erklæring om forpliktelsen til forbedring av energiytelsen. Den øverste ledelsen bør utheve betydningen av energiledelse til de ansatte ved å motivere de ansatte til å tenke på eget energiforbruk. Et generelt kurs i smart energiforbruk for alle ansatte vil også kunne være med å vise betydningen av energiledelsen i organisasjonen.

For å få håndfaste mål må organisasjonen gjennomføre og dokumentere en energiplanleggingsprosess som identifiserer og skaper aktiviteter som gir kontinuerlig forbedring av energiytelsen. Videre må energibruken kartlegges for å få oversikt over store energisluk, og for å kunne planlegge tidsaspekten av ulike tiltak.

Organisasjonen må etablere basislinjer for dens energiforbruk basert på energikartleggingen, slik at endringer kan måles opp mot basislinjen. Det skal også settes opp energimål og handlingsplaner forankrede i energipolitikken. Disse skal ha faste milepæler, målene skal være delegert og metoden for å oppnå målene skal erklæres.

Energiledelsessystemet skal også forankres i relevante internasjonale-, nasjonale-, og regionale krav. Eksempelvis vil energimerkeforskriften komme inn under disse krav.

Energioppfølgingsystem (EOS)

Systematisert energioppfølging innebærer periodevis kontroll av energitilgang og energibruk i en bygning, hvor energibruken sammenlignes opp mot utetemperaturen i en energi-temperaturkurve (ET-kurve). Et energioppfølgingsystem med hensiktsmessig plasserte energimålere viser hvordan energien i en eller flere bygninger brukes. Ved aktiv bruk av et energioppfølgingsystem gis dermed byggeiere og driftspersonell muligheten for å identifisere potensielle energibesparende tiltak, gjennomføre disse, og dokumentere det eventuelt reduserte energiforbruket i ettertid.

Enova påstår i sin håndbok 2004:3 *"Energioppfølging i næringsbygg – en innføring"* at etableringen av energioppfølgingsystem kanskje er den viktigste enkelt-aktiviteten for å redusere norsk energiforbruk i bygninger på en systematisk måte [39]. Håndboken definerer videre en rekke fordeler, både direkte og indirekte, som følger ved etableringen av et EOS, se Tabell 14.

Tabell 14. Direkte og indirekte fordeler ved etablering av et energioppfølgingsystem [41].

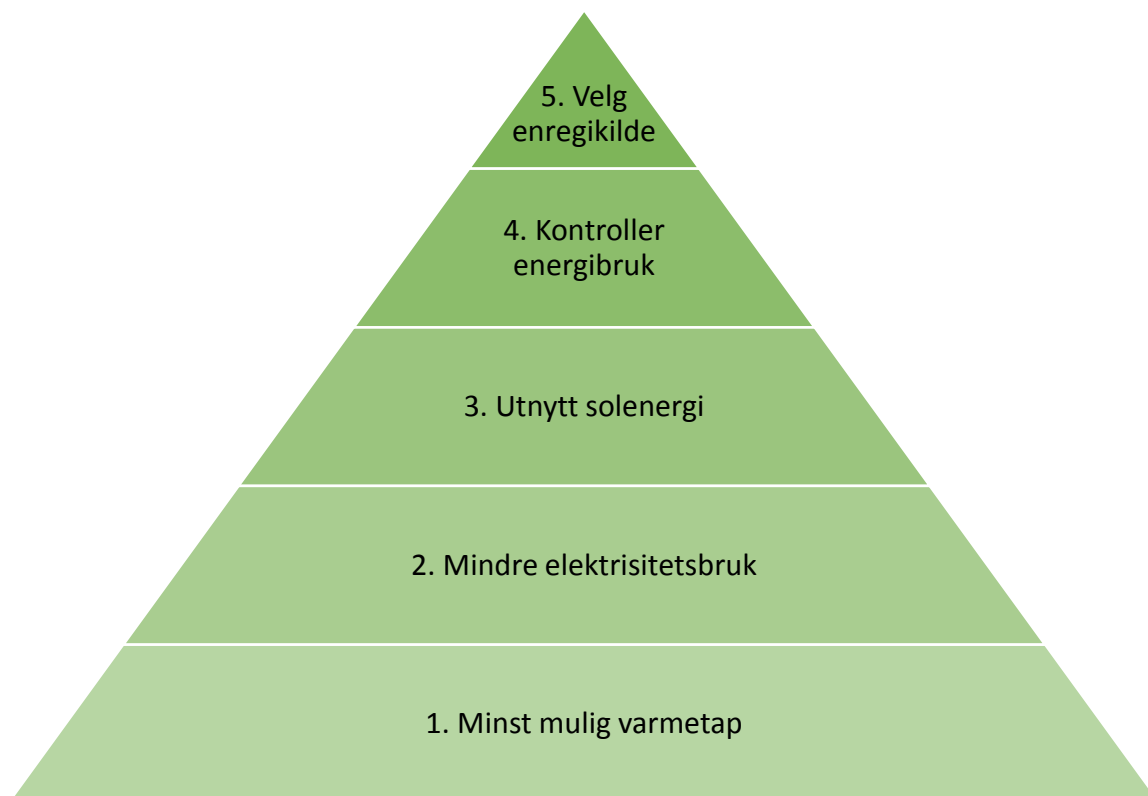
Fordeler ved bruk av energioppfølgingsystem	
Direkte fordeler	Indirekte fordeler
Energiutgiftene reduseres ved tidlig avdekking av feil i drift og tekniske anlegg. Etablering av et EOS har erfaringsmessig gitt besparelser på ca. 3-5 %.	Enklere budsjettering grunnet tilgang til statistikk over bygningens energiforbruk.
Mer energibevisst driftspersonell som avdekker og dokumenterer dårlige løsninger. Dokumentasjonen bidrar til økt engasjement til personellet grunnet aktiv deltakelse i identifisering og gjennomføring av forbedringstiltak. Erfaringsmessig påstås det at flere bedrifter oppnådd besparelser på mellom 5-10 % i forhold til EOS-aktiviteten.	Et godt grunnlag for investeringer av bygnings- og installasjonstekniske løsninger ved dokumentert effekt av ENØK-tiltak.
Bedre kontroll over energiflyt og energiforbruk identifiserer hvordan brukermønsteret i bygningen kan	Økt kunnskap av driftspersonell og byggeiere ved at erfaringer og opparbeidet

effektiviseres. I tillegg kan energiforbruket sees i direkte sammenheng med kostnader.	kompetanse sprer seg i og utenfor organisasjonen.
Økt kunnskap om ENØK-tiltaks virkninger grunnet at effekter av tiltak kan dokumenteres.	Bedre forberedt på prisendringer ved å ha god oversikt over faktisk forbruk. Som et hensiktsmessig tiltak kan uventede prisendringer kalkuleres og risiko evalueres.
Positiv bygningsprofilering ovenfor samfunnet og leietakere gjennom fokus på miljø.	

Fordelene ved etablering av et EOS er mange. Sammenkobling mot bygningens sentrale driftskontrollanlegg (SD-anlegg) gir brukerne full oversikt over energiforbruket i en bygning, samt gode dokumenteringsmuligheter.

Passiv energidesign

Dokka og Hermstad (2006) beskrev i sin rapport "*Energieffektive boliger for fremtiden – En håndbok for planlegging av passivhus og lavenergiboliger*" en egnet metodikk for passiv energidesign. En passiv energidesign gir en hierarkisk fordeling med vektlegging på passive tiltak for redusert energiforbruk i en bygning, se Figur 24.



Figur 24. Prinsipielt konsept for passiv energidesign [42].

Hensikten med den hierarkiske fordelingen er å gi veiledning til hvilken rekkefølge tiltak bør prioriteres, fra trinn ett til trinn fem. De ulike trinnene er beskrevet nedenfor.

Trinn 1, går ut på å redusere varmetapet mest mulig. Dette ved å bygge en godt isolert bygningskropp (gulv, vegger, vinduer, dører og tak), og sørge for gode tettelsninger som reduserer infiltrasjonen. Videre gjennom å installere et balansert ventilasjonssystem med høy virkningsgrad på varmegjenvinneren og lav SFP-faktor.

Trinn 2, å redusere bruken av elektrisitet går blant annet på å benytte energieffektive hvitevarer og belysning. I tillegg bør man sørge for å etablere korte kanalføringer med lave trykkfall for ventilasjonssystemet, slik at elektrisitet til vifter holdes på et minimum.

Trinn 3, gjelder bruk av solenergi. Deler av oppvarmingsbehovet og elektrisitetsforbruket kan dekkes av fornybar solenergi gjennom solfangere og solceller. For å utnytte solenergien best mulig, må plassering av solfangere og solceller vurderes.

Solenergi grunnet solinnstråling gjennom vinduer og oppvarming av fasadene kan også være med å dekke et eventuelt oppvarmingsbehov. Samtidig kan for mye solinnstråling føre til at bygningen får et kjølebehov. Plassering av bygninger med tanke på omgivelse (skjerming fra terreng og andre bygninger) og lokale klimaforhold må derfor også vurderes.

Trinn 4, er å anvende et automatisk system som lett kan brukes for å logge energibruk i bygningen. Systemet bør også benyttes til behovsstyring av belysning, utstyr, ventilasjon, kjøling og oppvarming. Samtidig bør driftstider, settpunkttemperaturer, effektbehov m.m. kunne justeres.

Trinn 5, handler om å velge riktig energikilde og oppvarmingssystem for den gitte bygningen. Oppvarmingsbehovet og elektrisitetsforbruket er nå redusert etter de første fire trinnene. Energikilden bør nå velges ut fra eksisterende infrastruktur og lokal tilgjengelighet. For å dekke resterende energibehov i bygningen bør man se på tilknytningen til fjernvarme, større energisentraler, eller biobrensel. Man bør også vurdere etablering av en varmepumpeløsning for dekning av både oppvarmings- og kjølebehovet. Når det generelle oppvarmingsbehovet er redusert, vil kjøling kunne bli et betydende punkt med hensyn til bygningens energibruk.

Pyramiden i Figur 24 kan benyttes som veiledning ved prioritering av ENØK-tiltak. ENØK-tiltak må likevel alltid vurderes gjennom et helhetlig perspektiv, blant annet med tanke på bygningens bruk, eksisterende konstruksjoner og installasjoner, byggherre og brukeres ønsker, innspill fra utførende entreprenører, samt forandring av drift- og vedlikeholdsrutiner.

5.5. Enovas støtteordninger for energibesparende tiltak

Kartleggingsstøtte til eksisterende bygg

For å kartlegge og få god oversikt over mulige energibesparende tiltak har Enova iverksatt programmet "*Kartleggingsstøtte til eksisterende bygg*". Støtten er rettet mot eiendomseiere av yrkesbygg med minst 50 000 kvadratmeter eiendomsmasse og borettslag eller sameiere med minimum 10 boligenheter. Støtten til yrkesbygg

er videre beskrevet i denne masteroppgaven. Støtte til borettslag og/eller sameiere anses ikke relevant basert på masteroppgavens begrensning til yrkesbygg.

Tabell 15 viser en liste over kartleggingsarbeid som ligger innenfor og utenfor støtteområdet til Enovas program for yrkesbygg.

Tabell 15. Kartleggingsarbeid som er innenfor og utenfor støtteområdet til Enovas støtteprogram for eksisterende bygg [43].

Støtteberettiget kartleggingsarbeid	Ikke støtteberettiget kartleggingsarbeid
Kartlegging av energitiltak i bygninger som bidrar til redusert energibruk og omlegging til fornybare oppvarmingsløsninger	Kartlegginger som allerede er igangsatt.
Yrkesbygg med minimum 50 000 kvadratmeter oppvarmet bruksareal	Kartlegging av tiltak i bygninger som allerede er planlagt.
Kartlegginger som kan gjennomføres innen 6 måneder	Bygninger hvor det planlegges bruksendring eller som skal omreguleres fra en type bygninger til en annen.
Kartlegginger som går lenger enn kravet som følger av plikt til utarbeidelse av energiattest	Bygninger som har fått støtte gjennom støtteprogrammet "Støtte til utredning av passivhus".

Som tabellen viser er det viktig at søknader sendes inn før arbeidet med kartlegging igangsettes.

For yrkesbygg er maksimalt støttebeløp kr. 500 000,- per søknad. Beløpet fastsettes basert på antall oppvarmet bruksareal som skal kartlegges. Støtten er opp til kr. 1,- per kvadratmeter. De kostnader som det kan søkes støtte for er de *dokumenterte* kostnadene til innkjøp av nødvendige tjenester samt egne timer for kartleggingsarbeidet. I tillegg dekkes reiser basert på statens satser [43].

Støtte til eksisterende bygg

I tillegg til støtte for kartlegging av energibesparende tiltak har Enova etablert et støtteprogram som tilbyr investeringsstøtte for fysiske tiltak som reduserer energiforbruket. Støtten gis også ved omlegging av energiforsyningen, med fordel for bruk av fornybare energikilder.

Målene med programmet er synliggjøring av muligheter for energireduksjon og omlegging til varmesentraler med fornybare energibærere, det vil si på linje med målene for kartleggingsprogrammet beskrevet ovenfor.

Totalt er det tre ulike tiltakskategorier som er støtteberettiget:

1. Energireduserende tiltak
2. Varmesentral og konvertering til vannbåren varme
3. Oppgradering til passivhus- eller lavenergistandard

Kategorien *energireduserende tiltak* er delt inn i to deler og beskrives kort nedenfor. For informasjon om de to andre tiltakene vises det til Enovas hjemmesider [38].

Tabell 16. *Energireduserende støtteberettigede tiltak i Enovas program "Støtte til eksisterende bygg" [44].*

Inndeling av energireduserende tiltak i Enovas støtteprogram "Støtte til eksisterende bygg"

1. Pre-definerte tiltak

Støtten og energimålene blir automatisk generert per tiltak. Den automatiske genereringen baseres på innlagt mengde, normerte tall for energiresultater, kostnader, inntekter samt besparelser.

2. Egendefinerte tiltak

Tiltak planlagt gjennomført som er utenfor listen over pre-definerte tiltak. Budsjetterte merkostnader, totalkostnader, energimål og økonomisk levetid må defineres for et hvert tiltak. Energimål og kostnader må dokumenteres.

Kombinasjonen av Enovas program for kartlegging av eksisterende bygg og støtte til eksisterende bygg kan utløse store likvide summer for identifisering og gjennomføring av tiltak som reduserer bygningers energiforbruk.

5.6. Barrierer for gjennomføring av energibesparende tiltak i yrkesbygg

Lavenergiutvalget skriver i del 1 av rapporten *Energieffektivisering* at byggsektoren har et betydelig potensial for energieffektiviseringen. Samtidig nevnes det at utredninger viser at mange tilsynelatende lønnsomme tiltak ikke gjennomføres grunnet ulike barrierer [45]. Barrierene var et innspill fra byggebransjen. Barrierene er relevante å se nærmere på i forbindelse med, ikke bare energieffektivisering, men også ved energibesparende tiltak. Barrierene identifisert av Lavenergiutvalget presenteres i Tabell 17. Rapporten *Potensial- og barrierestudie. Energieffektivisering i norske yrkesbygg* identifiserer også en rekke barrierer for eksisterende- og nye bygg. Disse er gjentatt i Tabell 18.

Tabell 17. *Barrierer for gjennomføring av energireduserende tiltak identifisert av Lavenergiutvalget [45].*

Barrierer fra Lavenergiutvalget

Økonomi og marked

Lave og varierende energipriser; Lave energipriser medfører lave økonomiske insentiver til effektivisering av energibruken. Videre er prisen på energi variabel, hvilket medfører usikkerheter knyttet til lønnsomheten/tilbakebetalingstiden for energieffektiviserende tiltak.

Energikostnader har en begrenset betydning; I mange bygg utgjør energiutgiftene en begrenset andel av de totale kostnadene. Selv en prosentuell betydelig besparelse oppleves derfor å ha begrenset betydning. Det prioriteres dermed ikke å kartlegge muligheter for effektivisering av energiforbruket.

Begrenset kapitaltilgang; Energieffektiviseringstiltakene krever initialt kapital for å oppnå senere besparelser. En stor del av byggeierne har begrenset tilgang til kapital, og energieffektivisering må dermed konkurrere mot andre investeringer.

Barrierer fra Lavenergiutvalget

Teknologi

Teknologiusikkerhet; Usikkerheten til den reelle effekten av tiltakene er en egen barriere for igangsettelse. Manglende erfaring med uprøvde løsninger utgjør en risiko for byggeier/investor. Risikoen ligger i kvaliteten på bygget og eventuelle innvirkninger på helse og komfort for brukerne.

FoU; Mindre bedrifter har mindre kapasitet til både utførelse av forsknings- og utviklingsarbeid (FoU), og å være oppdatert på resultater fra andres FoU-arbeid. Det meste av FoU i energisektoren er knyttet til energiproduksjon. FoU-arbeid innen energibruk i bygninger er i hovedsak rettet mot nye bygninger. Lite arbeid gjøres innen energirehabilitering og optimalisering i eksisterende bygninger.

Informasjon og kompetanse

Manglende synliggjøring av energibruk; Energibruk og –kostnader er ofte ikke godt synlige i en bygnings totale kostnadsregnskap. For leietakere er det enda vanskeligere å skape bevissthet rundt energibruk og kostnader, siden utgiftene enten er skjult i en leiepris, eller oppleves å være utenfor bedriftens påvirkningsområde.

Begrenset rådgiving for sluttbrukere; Norge har ikke en lokal rådgivningstjeneste for energieffektivisering. Dette er en utfordring for mindre bygninger.

Kompetansemangel i byggebransjen, hos driftspersonell og små brukere; Generell kompetansemangel gjelder hele verdikjeden, fra arkitekter, rådgivere og utførende til driftspersonell. De viktigste årsakene er identifisert som næringens struktur, mangel på systematisk etter- og videreutdanning, mangel på krav til aktørene i næringen, samt at nye byggeregler har kommet uten at næringen er blitt introdusert til dem tidlig nok til at de har kunnet planlegge langsiktig kompetanseheving. Det største problemet menes å ligge hos de mange små bedriftene uten fast administrasjon.

Byggebransjen er dermed i seg selv en barriere ved at det ikke finnes et system for å tilegne seg ny kunnskap.

Lite kunnskap om formålsfordelt energibruk i bygg; Det påstås at det er utført få målinger på energibruken i norske bygg, både boliger og yrkesbygg, blant annet grunnet kostnader knyttet til målingene. Grunnet et lite antall målinger finnes det for lite kunnskap om energibruk til tappevann, romoppvarming, vifter og pumper, lys, kjøling, husholdningsapparater, m.m. Sviktende kunnskap om formålingsdeling kan føre til at feil tiltak og strategier blir valgt for å redusere energiforbruket i bygningen.

Brukeratferd; Grunnet tradisjonelt lave energipriser i Norge er det lite kultur for slå av lys og utstyr når det ikke er i bruk.

Organisasjon

Mangel på definerte mål; Få bygg har langsiktige oppgraderingsplaner med hensyn til energibruk. Tiltak gjøres ofte "ad-hoc", og er dermed usystematiske og utilstrekkelige for å realisere en bygnings energieffektiviseringspotensiale.

Små tiltak og mange beslutningstakere; Helhetlig energieffektivisering består ofte av mange små tiltak, og vil dermed involvere mange beslutningstakere. Det beskrives som vanskelig å nå alle beslutningstakere, og overbevise dem om at alle små tiltak er avgjørende for helhetsbildet i den enkelte bygningen og i byggesektoren totalt.

Manglende oppmerksomhet og prioritering; I næringsbygg oppleves ikke energieffektivisering som et fokuspunkt for bedriftenes ledelse og styrer. Dette medfører en begrenset etterspørsel av energieffektive løsninger.

Eie – leieproblematikk; Det påstås at det sjelden stilles krav til byggherre om energibruken i en bygningen. Siden eieren av bygget ofte ikke betaler driftsutgiftene vil eieren være mest interessert i lave investeringskostnader. Valg av energieffektive løsninger som medfører økt byggekostnad velges da bort. Energiutgiftene ved drift av bygningen synliggjøres heller ikke for

Barrierer fra Lavenergiutvalget

leietaker. Dersom en potensiell leietaker ønsker å få bygget en bygning med lavt energiforbruk, ser heller byggherren seg om etter andre leietakere.

Ingen "one-stop-shop" for effektivisering; Energieffektivitet beskrives ikke som et eget produkt, men som en egenskap ved ulike produkter og tjenester. Effektive løsninger krever dermed at flere produkter og/eller systemer jobber godt sammen. Eksempelvis bør ikke varme og kjøling stå på samtidig. Dermed er det behov for at noen har oversikt over, og sørger for, optimalisering av leveranser som kan komme fra flere forhandlere og omfatte flere faggrupper. Dette utgjør en utfordring å få til for en vanlig byggeier. Samtidig har leverandøren av produktene interesse av å selge mest mulig produkter, og ikke at systemet som helhet fungerer optimalt.

Tabell 18. Oppsummering av barrierer for gjennomføring av energireduserende tiltak identifisert av Multiconsult og Analyse & Strategi i rapporten "Potensial- og barrierestudie, Energieffektivisering i norske yrkesbygg" for Enova i 2011 [6].

Barrierer fra rapporten "Potensial- og barrierestudie. Energieffektivisering i norske yrkesbygg"

Praktiske barrierer

- ❖ Forankring i egen organisasjon
- ❖ Motstridende myndighetskrav
- ❖ Utforming av kontrakter mellom eier og leietaker som gir riktige insentiv

Økonomiske barrierer

- ❖ Rigid rammeverk for offentlige aktører
- ❖ Offentlige virksomheter får ikke låne penger
- ❖ Høye investeringskostnader

Holdningsbarrierer

- ❖ Lav bevissthet knyttet til energiforbruk
- ❖ Bedriftskulturen og generell skepsis til energieffektivisering

Kunnskapsbarrierer

- ❖ Generelt manglende kunnskap om energieffektiviseringens fordeler og lønnsomhetspotensialet
- ❖ Manglende kompetanse knyttet til drift av bygninger

De identifiserte barrierene i dette kapittel og de identifiserte barrierene fra utførte intervjuer vil benyttes som et av grunnlagene for masteroppgavens senere diskusjon og konklusjon. Se for øvrig kapittel 6. for hovedfunn fra de utførte intervjuene.

I forbindelse med utforming av intervjueskjemaene i Vedlegg B – Intervjueskjemaer ble barrierene fra dette kapittel benyttet som grunnlag.

6. INTERVJUER - HOVEDFUNN

I dette kapittelet presenteres hovedfunnene fra de utførte intervjuene. Intervjuteknikken benyttet er såkalt *semistrukturert*, hvilket innebærer at respondentene gir svar ut fra ulike temaer. Gjennomføringsmetodikken for intervjuene ble valgt grunnet antakelsen om at den ville være mest hensiktsmessig for å gå dypere inn i spørsmålene enn ved bruk av strukturerte intervjuer. Et dypdykk i temaet *energiforbruk i bygninger* ble vurdert å gi forfatteren bredere og bedre forståelse for muligheter og problemstillinger som er relevante for masteroppgavens mål.

For å sikre at svarene ble dokumentert ble lydopptak benyttet under intervjuene. Presentasjonen av hovedfunnene er dermed basert på forfatterens generelle oppfatning av det som ble sagt i intervjuet, komplettert med en senere gjennomgang av de dokumenterte lydopptakene.

Kapittelet er delt inn i to underkategorier, henholdsvis hovedfunn fra intervjuer med eiendomsvirksomheter og virksomheter som til daglig arbeider med gjennomføring av energibesparende tiltak.

Hovedfunnene presenteres ut fra temaer og spørsmål fra intervjueskjemaene. Disse gjenfinnes i Vedlegg B – Intervjueskjemaer. Intervjueskjemaene ble i forkant sendt til respondentene for å informere kort om intervjuet og slik at de på forhånd kunne reflektere over temaet. Svarene som er presentert under hvert enkelt spørsmål er ikke direkte diktering, men representerer forfatterens tolkning av svaret. Grunnet at intervjuene ble gjennomført som *semistrukturerte* ble enkelte spørsmål ikke besvart kronologisk rekkefølge, i henhold til intervjueskjemaene. Som følge ble svarene plassert hvor de ble vurdert å være mest relevante. Hovedfunnene er i tillegg oppsummert etter hvert utfylt intervjueskjema. Oppsummeringene inkluderer i varierende grad informasjon som ikke fremkommer i de utfylte intervjueskjemaene. Den kompletterende informasjonen er fremhevet i oppsummeringene siden den anses å være relevant for masteroppgaven, men ikke passer godt inn under noen av de pre-definerte spørsmålene.

Hvert intervju avsluttes med en kort oppsummering som grunnlag for diskusjon og konklusjon i kapitlene 10. og 11.

Totalt ble fem personer ved fire ulike foretak intervjuet.

6.1. Eiendomsvirksomheter

St. Olavs hospital

TEMA: Generell informasjon om respondenten og virksomheten (Spørsmål 1 – 5)

Foretak:	St. Olavs Hospital
Sektor:	Offentlig
Eiendomsportefølje:	Ca. 350 000 m ² totalt. Bygningskategori(er): Sykehus. Tidsperiode: Største andelen av bygningsmassen er bygget med forskriftsregler fra TEK97 og fremover. Hovedsakelig energiforsyning: Fjernvarme.
Respondent:	Morten Uv
Stilling:	Energirådgiver.
Mandat:	Utredet, innstiller og gjennomfører energibesparende tiltak på eksisterende bygningsmasse. Bistår i enkelte prosesser knyttet til nye bygninger. Gjennomførings- og investeringsbeslutninger tas av styret og St. Olav Eiendom.
Kunnskap om energimerkeforskriften:	Overordnet god kjennskap til forskriften, men gjennomfører selv ikke beregninger knyttet til energimerking.

TEMA: Virksomhetens satsning på energibesparelse og redusert miljøpåvirkning

Spørsmål 6: *Har dere en egen avdeling for arbeid med energibesparelser i nybygg og i eksisterende bygningsmasse? Hvis ja; hvor mange arbeider til daglig med dette?*

Svar: Respondenten arbeider til daglig med energirådgiving i avdelingen allmenteknikk. I tillegg arbeider han tett sammen med personell som styrer SD-anleggene, EOS-systemene og automatisering (KNX-styring).

Rådgivertjenester og annet arbeid i forbindelse med den fysiske gjennomføringen av de energibesparende tiltakene gjennomføres i hovedsak av eksterne aktører.

Ved intervjuet ble det i tillegg spurt om de energibesparende tiltakene ble vurdert mot forbedring av bygningenes energimerke. Det fremkom tydelig at forbedring av energimerket på bygningene ikke var et fokusområde.

Spørsmål 7: *Benytter deres virksomhet ISO standarden ISO 5001 for energiledelse? Hvis ja; hvilke erfaringer har De fra dette?*

Svar: Nei, men foretaket er ISO 14001-sertifisert, og har i tillegg en utarbeidet tiltaksliste over ulike energibesparende tiltak som kan gjennomføres. Tiltakslisten ble utarbeidet i forbindelse med tidligere utbygging på Øya-området i Trondheim.

Eventuell innføring av ISO 5001 har vært vurdert, men ikke sett som hensiktsmessig/lønnsomt siden systematisering av arbeidet med energibesparelser er inkludert i NS 14001 systemet, dette arbeidet revideres også av et eksternt organ. I tillegg arbeides det med energibesparelser gjennom den tidligere utarbeidede tiltakslisten. Om vurderingen av innføring av ISO 5001 sa respondenten blant annet:

"Kanskje det koster mer enn det smaker"

Kommentaren tilsier at ISO 5001 ikke er noe som vil bli prioritert i en nær fremtid.

Spørsmål 8: *Hvordan opplever De at virksomhetenes ledelse promoterer og prioriterer energi- og miljøprofileringen av deres eiendomsmasse?*

Svar: Ledelsen både promoterer og prioriterer gjennomføring av energibesparende tiltak, dog ikke med hensikt av å profilere bygningene som energieffektive og miljødyktige utad. At foretaket har etablert et miljøstyringssystem ved ISO 14001 i tillegg til økonomiske vurderinger utgjør hovedårsakene til hvorfor foretaket arbeider med energieffektivisering.

Spørsmål 9: *Hvilken generell oppfatning har De av at virksomheten arbeider med gjennomføring av tiltak som reduserer energiforbruket og forbedrer miljøprofilen av virksomhetens eiendomsmasse?*

Svar: Foretaket arbeider daglig med systematisk oppfølging av de tekniske anleggene for å sikre god drift og vedlikehold, og for å kunne identifisere samt iverksette tiltak som reduserer unødvendig energibruk.

Spørsmål 10: *Dersom dere satser på gjennomføring av tiltak som fører til redusert energiforbruk, gjennomføres disse av interne eller eksterne aktører?*

Svar: Utredning, innstilling og overordnet gjennomføring gjøres hovedsakelig i foretaket. Rådgivere trekkes inn i forbindelse med prosjektering og tekniske entreprenører i forbindelse med den praktiske gjennomføringen.

Spørsmål 11: *Har De erfaring med energisparekontrakter (EPC)? Hvis ja; hvilke erfaringer har Dem med dette?*

Svar: EPC-kontrakter er ikke benyttet. Grunnen til dette er at foretaket selv har nok kompetanse og midler for å gjennomføre tiltakene uten eksternt bistand, både i form av kompetanse og finansiering.

Respondenten så ikke EPC-kontrakter som hensiktsmessige når foretaket selv har midler til å gjennomføre tiltakene siden alle besparelser tilfaller foretaket selv ved egenfinansiering. Ved EPC-kontrakter deles de økonomiske besparelser med entreprenøren som gjennomfører disse.

TEMA: Insitament og muligheter for gjennomføring av energibesparende tiltak på eksisterende eiendomsmasse.

Spørsmål 12: *Hvilke muligheter ser De i forbindelse med gjennomføring av energibesparende tiltak i virksomhetens eiendomsmasse? Eksempelvis økte leieinntekter, generell markedsprofilering av miljøvennlige bygninger, forbedret inneklime, og annet?*

Svar: Foretakets hensikt med gjennomføring av energibesparende tiltak er å minimere energikostnadene, samt etterleve de mål som er definert i foretakets miljøsystem.

Markedsprofilering og økte leieinntekter er ikke et aktuelt tema for foretaket.

Respondenten informerer om at inneklime ikke er et generelt fokus i forbindelse med energibesparende tiltak. Et forbedret inneklime anses imidlertid å være en direkte følge i forbindelse med rehabilitering av eldre bygninger.

Ved rehabilitering prioriteres også i stor grad oppgradering av tekniske anlegg til dagens nivå. Samtidig utføres tiltak som etterisolering og utskifting av vinduer for å redusere energiforbruket i bygningen ved rehabiliteringsarbeid. Dette gjøres selv når det ikke er et lønnsomt tiltak.

Spørsmål 13: *Hvilke insitament kan føre til et økt fokus på gjennomføring av energibesparende tiltak i virksomheten? Eksempelvis finansiering gjennom offentlige støtteordninger (blant annet Enova), markedsføringsverdi for virksomheten, kontrahering av attraktive leietakere, osv.*

Svar: Det er hovedsakelig økonomiske insitamentet som danner grunnlaget for gjennomføring av energibesparende tiltak.

Når det vurderes å gjennomføre større tiltak, eksempelvis total rehabilitering på eksisterende bygningsmasse søkes Enova-støtte for å redusere de økonomiske konsekvensene av

gjennomføringen. Enovas støtteordninger er også insitament for å løfte bygningene fra standard TEK10 nivå til lavenergi- eller passivhusnivå etter NS3701. I forbindelse med samtale om *lavenergi* og *passivhus* ble spørsmål stilt til erfaring fra drift av passivhusbygg sammenlignet med standard TEK10 bygg. Det ble sagt at de reelle energikostnadene ikke nødvendigvis var noe lavere for det mer energiambisiøse bygget. Det ble dog konstatert at det medgår større kostnader knyttet til drift- og vedlikehold av de tekniske anleggene i energiambisiøse bygninger. Her ble det for eksempel nevnt kostnader knyttet til utskifting og vedlikehold av grunnet et større antall installerte VAV-sjeld. Respondenten fortalte at samtlige investeringer hadde vært vurdert ut fra et livsløpsperspektiv i prosjekteringsstadiet, men hadde ved intervjuet ingen konkrete tall fra denne vurderingen.

Det ble videre opplyst at Enovas kartleggingsstøtte er benyttet i forbindelse med kommende kartlegging av eksisterende bygningsmasse.

Ved spørsmål om forbedring av bygningenes energimerke var et insitament for gjennomføring av energibesparende tiltak, var tilbakemeldingen at dette ikke var tilfelle.

Spørsmål 14: *Hvordan opplever De markedsføringen fra eksterne entreprenører med hensyn til identifisering av potensiale for energibesparende tiltak i deres eiendomsmasse?*

Svar: Markedsføring fra eksterne entreprenører/aktører ble informert opplevd som nært inntil ikke eksisterende. Ved intervjuet ble det fortalt at de gjerne kunne tenkt seg mer proaktive aktører for å få presentert nye teknikker og løsninger som medfører reduserte kostnader, både i forbindelse med lavere drift- og vedlikeholdskostnader generelt, samt energibesparelser.

TEMA: Barrierer for gjennomføring av energibesparende tiltak i virksomheten.

Spørsmål 15: *Dersom De skulle identifisere barrierer for gjennomføring av energibesparende tiltak; hvilke ville dette være?*

Svar: De barrierer som ble nevnt var *økonomiske* og *sikkerhetsmessige*.

De sikkerhetsmessige barrierene for energibesparelser som ble tatt opp var blant annet snøsmelleanlegg for helikopterplattform og at sykehus må levere "blinkfri" elektrisitet, det vil si at det ikke på noen måter kan være intermittens i elektrisiteten siden dette kan få fatale konsekvenser ved eksempelvis kirurgiske operasjoner.

Spørsmål 16: *Kjenner De igjen noen av følgende barrierer i forbindelse med identifisering og gjennomføring av energibesparende tiltak, og kan De si noe om disse?*

Barrierer:

- ❖ *Organisatoriske*
- ❖ *Tekniske*
- ❖ *Økonomiske*
- ❖ *Kunnskapsbaserte*

Svar: Se spørsmål 15.

Oppsummering

Insitament

Forbedring av bygningenes energimerke er ikke et insitament eller fokusområde ved kartlegging og prioritering av energibesparende tiltak. Insitament for energibesparende tiltak er hovedsakelig innvilget grunnet økonomisk- og miljømessig betraktning. Tiltak med kort nedbetalingstid er lettest å få innvilget.

Ved større og mindre rehabilitering av eksisterende bygninger utføres både bygge- og installasjonstekniske forbedringer selv om det ikke alltid er lønnsomt, grunnet et økt miljøfokus gjennom St. Olavs ISO 14001 sertifisering.

Enovas støtteprogrammer er insitament for mer energiambisiøse oppgraderinger i forbindelse med rehabilitering, og for kartlegging og gjennomføring av energibesparende tiltak. Med energiambisiøse oppgraderinger menes oppnåelse av krav til *lavenergi-* eller *passivhus* gitt av NS 3701 grunnet virkemåten til Enovas støtteordning.

Barrierer

Det var i hovedsak fire barrierer som ble identifisert:

1. Økonomiske
2. Sikkerhetsmessige
3. Markedsføring fra eksterne aktører
4. Energimerkingens betydning for gjennomføring av tiltakene

De to førstnevnte barrierene fremkom tydelig fra respondenten. Fremheving av barrieren knyttet til markedsføring fra eksterne aktører grunnes hovedsakelig i opplysningen om at de eksterne aktørene som arbeider med gjennomføring av energibesparende tiltak ikke er proaktive nok. Dermed går foretaket glipp av eksempelvis lansering av nye og bedre løsninger. Barrieren ligger dermed i at de enkelte foretakene selv må finne informasjon om nye mer energieffektive produkter.

At forbedring av bygningenes energimerke ikke er relevant for gjennomføring av energibesparende tiltak indikerer en tydelig barriere for prioritering av tiltak knyttet til energimerket.

Beslutningsnivå

Investeringsbeslutninger må godkjennes på toppledelsesnivå. Siden økonomi ble nevnt som en tydelig barriere, innebærer dette at plassering av økonomiske mandat knyttet til gjennomføring av tiltak er en barriere. Det foreligger dermed en også en organisatorisk barriere. Den organisatoriske barrieren anses likevel som minimal siden energibesparelser er et fokusområde i St. Olavs miljøsertifiseringssystem.

Energimerkeforskriften

Eventuell forbedring av bygningenes energimerke er ikke en medvirkende faktor i forbindelse med gjennomføring av energibesparende tiltak. Det er bygningens reelle energiredusering, kostnadsbesparelse, samt verdien i oppgraderingen, som legges til grunn for vurdering og gjennomføring av tiltak.

Entra eiendom

TEMA: Generell informasjon om respondenten og virksomheten (Spørsmål 1 – 5)

Foretak:	Entra Eiendom
Sektor:	Privat og børsnotert. Ca. 49 % av aksjene eies av offentlig sektor, resterende aksjer eies av private aktører.
Eiendomsportefølje:	Ca. 130 000 m ² eksisterende bygningsmasse i Trondheim. Eiendommassen er fordelt på hovedsakelig kontor-, industri- og laboratoriebygg. Entra har også pågående bygningsprosjekter som vil bidra til øking av den totale bygningsmassen.
Respondent:	Leif Solstad
Stilling:	Teknisk sjef
Mandat:	Utredet, innstiller og gjennomfører energibesparende tiltak på eksisterende bygningsmasse samt står for overordnet styring av drift og vedlikehold. Bistår i enkelte prosesser knyttet til nye bygninger. Har mandat for å beslutte om økonomiske investeringer opp til ca. 10 millioner norske kroner på generell basis. Beslutninger om investeringer over noen millioner tas opp av foretakets øvre ledelse, mens innspillene kommer fra respondenten.
Kunnskap om energimerkeforskriften:	Overordnet god kjennskap til forskriften. Respondenten tilføyer at de kontinuerlige endringene av kravene til de ulike energimerkene gir et dårlig sammenligningsgrunnlag og at endringene fører til forvirring og usikkerheter. Rammekravene til levert energi for ulike energimerker burde ikke endres.

TEMA: Virksomhetens satsning på energibesparelse og redusert miljøpåvirkning

Spørsmål 6: *Har dere en egen avdeling for arbeid med energibesparelser i nybygg og i eksisterende bygningsmasse? Hvis ja; hvor mange arbeider til daglig med dette?*

Svar: Hver driftsansvarlig har fokus på energibesparing i sin hverdag. Videre har driftsansvarlige egne KPI å etterfølge, samt insitamant i form av bonusmål i forbindelse med energibesparing.

Spørsmål 7: *Benytter deres virksomhet ISO standarden ISO 5001 for energiledelse? Hvis ja; hva for erfaringer har De fra dette?*

Svar: Respondenten informerer om at eventuelle ISO-standarder ikke er noe han arbeider med eller forholder seg til i det daglige. Entra har et eget internt system for hvordan dem arbeider med energi- og miljørelaterte spørsmål. I det interne system for arbeid med energibesparelser har dem utført kartlegging av eksisterende bygningsmasse og fått utarbeidet tiltakslistene som følges. Tiltakslistene er utarbeidet av ulike rådgivende foretak, og har i varierende grad blitt videreutviklet internt i Entra.

Det ble sagt at de som arbeider med og implementerer standarder og lignende er lokalisert i Oslo.

Spørsmål 8: *Hvordan opplever De at virksomhetenes ledelse promoterer og prioriterer energi- og miljøprofileringen av deres eiendomsmasse?*

Svar: Entra arbeider veldig aktivt med miljø og er opptatt av å være miljøledende. Dette vises blant annet gjennom Entras arbeid med Powerhouse-konseptet⁵, BREEAM-sertifisering av bygninger med mer.

Entra har på regionsnivå et mål om at gjennomsnittlig spesifikt energiforbruk skal være under 150 kWh/m² for hele eiendomsporteføljen innen 2017. Dette har medført en vesentlig reduisering i energiforbruket de siste 3-4 årene.

Respondenten tilføyer at en utfordring som følge av reduisering av energiforbruket ikke nødvendigvis fører til reduserte kostnader grunnet økte effekttopper og dermed høyere tariffavgifter fra kraftselskapene.

Spørsmål 9: *Hvilken generell oppfatning har De at virksomheten arbeider med gjennomføring av tiltak som reduserer energiforbruket og forbedrer miljøprofilen av virksomhetens eiendomsmasse?*

Svar: I forbindelse med målet om å få et gjennomsnittlig energiforbruk på 150 kWh/m² for hele bygningsmassen arbeides det aktivt med gjennomføring av energibesparende tiltak. Investeringskostnadene dekkes eksempelvis gjennom øking av leieinntekter mot at kundene får besparelser i form av redusert energiforbruk. Siden Entra er et privat foretak vurderes og avtales investeringsstrategi med de ulike leietakerne avhengig av gjeldende leieavtaler. Entra finansierer vanligvis ikke energibesparende tiltak uten at det foreligger et økonomisk insitament for å utføre tiltaket. I forbindelse med eventuelle investeringer vurderes også gjenværende levetid på de ulike bygge- og installasjonstekniske tiltakene, det vil si om tiltakene regnes som vedlikehold eller rene ekstra investeringer. Videre vurderes investeringene opp mot om eiendommen skal selges i nærliggende fremtid, eller beholdes i eiendomsporteføljen.

Spørsmål 10: *Dersom dere satser på gjennomføring av tiltak som fører til redusert energiforbruk, gjennomføres disse av interne eller eksterne aktører?*

Svar: Det informeres om at mange av tiltakene gjennomføres i egenregi. Blant annet ble det sagt:

"De laveste eplene ser vi egentlig selv, vi er litt sånn opptatt av å prøv å begrense rådgivere og konsulenta på ting som er åpenbar, og bruker heller tid på internskolering og bevisstgjøring. Der kan man hente veldig mye".

Sitatet i seg selv viser at Entra i Trondheim satser på å lære opp eget personell fremfor bruk av eksterne aktører.

Videre fremkom det i svarene at mye energibesparing kan gjøres ved effektivisering av drift og bevisstgjøring ovenfor leietakere og driftspersonell. Respondenten mener at bevisstgjøring også spredde seg videre og dermed gir en positiv ringvirkende effekt.

Spørsmål 11: *Har De erfaring med energisparekontrakter (EPC)? Hvis ja; hvilke erfaringer har De med dette?*

Svar: Respondenten har ingen erfaringer med EPC-kontrakter. De utfører energibesparende tiltak i henhold til egne interne rutiner.

TEMA: Insitament og muligheter for gjennomføring av energibesparende tiltak på eksisterende eiendomsmasse.

Spørsmål 12: *Hvilke muligheter ser De i forbindelse med gjennomføring av energibesparende tiltak i virksomhetens eiendomsmasse? Eksempelvis økte leieinntekter, generell markedsprofilering av miljøvennlige bygninger, forbedret inneklime, annet?*

⁵ Powerhouse-konseptet går ut på at bygningen skal produsere mer energi enn hva som forbrukes i forbindelse med bygge- og driftsfasen, inkludert energi for produisering av materialer m.m.

Svar: Se svar på spørsmål 8, 9 og 10.

Entra er opptatt av å ha en god miljøprofil. Videre fører lave energikostnader til lavere felleskostnader, noe som kan være et konkurransefortrinn ved utleie av arealer.

I de senere år har også flere leietakere blitt mer bevisste på miljøpåvirkningen som bygninger og energibruk har. Å ha bygninger med gode miljøprofiler vil derfor kunne være et konkurransefortrinn. Ved spørsmål om leietakere er villige til å betale mer for mer miljøriktige bygninger forteller respondenten at det er veldig variabelt, men at leietakere generelt gjerne vil ha miljøvennlige bygninger uten at det koster ekstra.

Spørsmål 13: *Hvilke insitament kan føre til et økt fokus på gjennomføring av energibesparende tiltak i virksomheten? Eksempelvis finansiering gjennom offentlige støtteordninger (blant annet Enova), markedsføringsverdi for virksomheten, kontrahering av attraktive leietakere, annet.*

Svar: Enova-støtte benyttes aktivt i forbindelse med kartlegging og gjennomføring av eksisterende bygningsmasse, samt i forbindelse med nye bygninger.

Som en liten digresjon fortalte respondenten at Entra tidligere i intern regi gjennomførte en kampanje som hadde som mål å selge "grønne tiltak" tilsvarende en årlig energibesparelse på 5 GWh. I forbindelse med denne kampanjen opplevdes det at markedsavdeling solgte tiltak uten alltid å koordinere salgsprosessen, ved eksempelvis å forhøre seg med teknisk personell om tiltakene var praktisk gjennomførbare. Dette førte til blant annet til unødvendig stress. Dette viser at det er viktig med god kommunikasjon og styring mellom salgs- og teknisk personell i forbindelse med iverksettelse av slike prosesser.

Spørsmål 14: *Hvordan opplever Dem markedsføringen fra eksterne entreprenører med hensyn til identifisering av potensielle for energibesparende tiltak i Deres eiendomsmasse?*

Svar: Det kommer stadig henvendelser fra ulike aktører, noe respondenten selv ikke har valgt å prioritere. Entra har rammeavtaler hvor de ulike foretakene omfattes av rammeavtalene har mulighet om å komme med innspill til potensielle energibesparende tiltak.

Entra (Trondheim) er ikke "rigget" i hverdagen for å benytte tid på selgere og klarer selve å identifisere samt iverksette tiltak etter behov.

TEMA: Barrierer for gjennomføring av energibesparende tiltak i virksomheten.

Spørsmål 15: *Dersom De skulle identifisere barrierer for gjennomføring av energibesparende tiltak; hvilke ville dette være?*

Svar: En av barrierene som ble nevnt var korte leieavtaler, noe som vanskeliggjør mer langsiktige investeringer grunnet økonomisk risiko.

Videre differensieres det mellom private- og offentlige leietakere, hvor private aktører oftere enn offentlige er barrierer for gjennomføring av tiltak grunnet økonomiske aspekter.

Spørsmål 16: *Kjenner De igjen noen av følgende barrierer i forbindelse med identifisering og gjennomføring av energibesparende tiltak, og kan De si noe om disse?*

Barrierer:

- ❖ *Organisatoriske*
- ❖ *Tekniske*
- ❖ *Økonomiske*
- ❖ *Kunnskapsbaserte*

Svar: Kjennskap til hvorvidt enkelte bygninger skal være del av eiendomsporteføljen nevnes være en barriere for gjennomføring av tiltak grunnet usikkerheter om investeringen er lønnsom.

Kunnskap og bevisstgjørelse nevnes som en annen barriere. Eksempelvis vil ikke installering av avanserte systemer medføre energibesparelser om driftspersonell ikke kan benytte potensialet i systemet. Kunnskap i forbindelse med beregning av tiltakenes lønnsomhet nevnes

også som en barriere. Som eksempel nevnes kostnadsbesparelser sett til energireduksjoner grunnet montering av ulike følere ikke alltid tar hensyn til levetiden på følerne. Respondenten forteller at man bør vektlegge forenkling av de tekniske installasjonene slik at drift og vedlikehold ikke fører til unødvendig høye kostnader.

Oppsummering

Insitament

De hovedsakelige insitamentene for å gjennomføre energibesparende tiltak er følgende:

- ❖ Økonomi
- ❖ Oppgradering av bygningsmassen
- ❖ Oppnåelse av interne mål til spesifikt energiforbruk

Hvor sterke de ulike insitamentene er, avhenger av bygningen, leieavtale og kundeforhold. Eksempelvis er de økonomiske insitamentet større for kunder med lange leieavtaler og for bygninger som må oppgraderes grunnet levetider på bygge- og installasjonstekniske komponenter.

Barrierer

Barrierene er som insitamentene sterkt forankret i økonomi. Dersom et tiltak ikke er økonomisk lønnsomt å gjennomføre velges det ofte bort. Lønnsomheten i tiltaket trenger nødvendigvis ikke være grunnet i energibesparelser. Eksempelvis vil oppgraderinger øke markedsverdien på bygningen, noe som påvirker både salgsverdien og leieinntektene.

Kunnskap nevnes også som en barriere ved at energieffektive installasjoner ikke fører til energibesparing. Dette ved at driftspersonellet er bevisste om, og opplært i, hvordan riktig drift påvirker bygningens energiforbruk.

Beslutningsnivå

Som teknisk sjef i Trondheim har respondenter mandat til å ta investeringsbeslutninger opp mot 10 millioner norske kroner knyttet til ulike oppgraderingstiltak. Det presiseres videre at investeringsbeslutninger opp mot noen millioner som oftest diskuteres og vurderes nærmere i intern regi med øvrig ledelse.

Beslutningsnivået ses ikke som et hinder for gjennomføring av energibesparende tiltak siden Entra i Trondheim har som mål å oppnå et spesifikt energiforbruk på 150 kWh/m² i løpet av 2017 for bygningsmassen. Videre satser Entra aktivt på å holde en bra miljøprofil av sine bygninger, hvilket medfører at ledelsen er med på gjennomføring av "grønne tiltak" som reduserer energiforbruket, og dermed også klimagassutslippene.

Videre bidrar teknisk personell til å vise at tiltakene er lønnsomme, enten gjennom energibesparelser, potensielle leieinntekter, økt marked(salgs)-verdi og/eller reduserte klimagassutslipp.

Energimerkeforskriften

Om gjennomføring av ulike energibesparende tiltak fører til forbedring av bygningens energimerke er ikke en faktor som vektlegges i stor grad, særlig ikke på eksisterende bygningsmasse. Respondenten nevner også at energimerking av bygninger gir lite mening når rammekravene for de ulike energikarakterene jevnlig revideres. Respondenten mener at energimerket bør være likt uansett om bygningen ble energimerket i 2010 eller 2013.

KLP Eiendom

TEMA: Generell informasjon om respondenten og virksomheten (Spørsmål 1 – 5)

Foretak:	KLP eiendom
Sektor:	Privat
Eiendomsportefølje:	Ca. 300 000 kvadratmeter i Trondheim. Eiendomsmassen er fordelt på blant annet kontor, hotell, butikker og næringsbygg generelt. Hovedvekten av arealet er kontor med leietakere fra både privat og offentlig sektor. Alderen på bygningene spenner mellom ca. 1 til 40 år.
Respondenter:	Anette Mette Hybertsen, teknisk sjef Snorre Almås, driftsingeniør Respondentene arbeider med eksisterende bygninger.
Mandat:	Kartlegger og innstiller energibesparende tiltak. Respondentene har ansvar for drift og forvaltning av KLP's eiendomsmasse i Trondheim. De har økonomisk beslutningsmandat for gjennomføring av tiltak som anses som nødvendige. Store investeringer må til tross for dette inn i årsbudsjettet.
Kunnskap om energimerkeforskriften:	Snorre Almås har tidligere arbeidet som ENØK-rådgiver og har gjennomført energimerking av mange ulike bygninger. Anette Mette Hybertsen har overordnet god oversikt på energimerkeforskriften.

TEMA: Virksomhetens satsning på energibesparelse og redusert miljøpåvirkning

Spørsmål 6: *Har dere en egen avdeling for arbeid med energibesparelser i nybygg og i eksisterende bygningsmasse? Hvis ja; hvor mange arbeider til daglig med dette?*

Svar: KLP eiendom Trondheim har ikke en egen avdeling som arbeider utelukkende med energibesparelser. Respondentene, samt driftsteknikerne på de ulike eiendommene, arbeider dog daglig med blant annet energibesparing.

I tillegg satser KLP eiendom aktivt på opplæring i drift, samt bevisstgjøring rundt energiforbruk ovenfor egne driftsteknikere.

KLP eiendom har også en egen prosjektavdeling som styrer prosjektgjennomføring med kontrahering av rådgivere og utførende entreprenører med mer.

Spørsmål 7: *Benytter deres virksomhet ISO standarden ISO 5001 for energiledelse? Hvis ja; hva for erfaringer har De fra dette?*

Svar: Nei. KLP benytter ISO 14001 og har i sitt interne kvalitetssystem innarbeidet hvordan foretaket skal arbeide med energi og miljø.

Spørsmål 8: *Hvordan opplever De at virksomhetenes ledelse promoterer og prioriterer energi- og miljøprofileringen av deres eiendomsmasse?*

Svar: Ledelsen i KLP eiendom har fastsatt klare energimål. Eksempelvis er det lagt en plan for å redusere energiforbruket i eksisterende bygninger med 20 % over en 3 års periode. Videre er det satt som mål at eksisterende bygningsmasse skal ha et gjennomsnittlig reelt spesifikt energiforbruk på 180 kWh/m² innenfor en definert tidsperiode.

Spørsmål 9: *Hvilken generell oppfatning har De at virksomheten arbeider med gjennomføring av tiltak som reduserer energiforbruket og forbedrer miljøprofilen av virksomhetens eiendomsmasse?*

Svar: KLP eiendom arbeider aktivt med gjennomføring av nødvendige tiltak. Økonomiske investeringer til gjennomføring av tiltak finansieres både internt av KLP og i samarbeid med leietakere.

I Trondheim har KLP eiendom et pågående prosjekt som omhandler fem utvalgte bygninger i samarbeid med Enova som går på energiledelse, hvor det satser på optimalisering av blant annet drift og bevisstgjøring av energibesparing i foretaket.

Spørsmål 10: *Dersom dere satser på gjennomføring av tiltak som fører til redusert energiforbruk, gjennomføres disse av interne eller eksterne aktører?*

Svar: KLP har engasjert et foretak som bistår i oppfølging av energibesparelsen fra de gjennomførte tiltakene. Det samme foretaket kartlegger også potensielle tiltak som presenteres for respondentene.

Spørsmål 11: *Har De erfaring med energisparekontrakter (EPC)? Hvis ja; hvilke erfaringer har De med dette?*

Svar: KLP eiendom benytter generelt ikke energisparekontrakter i forbindelse med kartlegging, gjennomføring og oppfølging av eksisterende bygningsmasse. Dette grunnes blant annet i at økonomisk gevinst av energibesparelsene ikke tilkommer foretaket. Videre fører bruk av energisparekontrakter til kontraktsmessige utfordringer. De har dog gjennomført et prosjekt med bruk av energisparekontakt. Dette unntaket var grunnet en direkte forespørsel fra leietakeren.

KLP eiendom har en egen modell for energisparekontrakt mot leietakere som kalles "grønne fordelsavtaler" som ligner konseptet for energisparekontrakter som inngås direkte med relevante leietakere.

TEMA: Insitament og muligheter for gjennomføring av energibesparende tiltak på eksisterende eiendomsmasse.

Spørsmål 12: *Hvilke muligheter ser De i forbindelse med gjennomføring av energibesparende tiltak i virksomhetens eiendomsmasse? Eksempelvis økte leieinntekter, generell markedsprofilering av miljøvennlige bygninger, forbedret inneklime, annet?*

Svar: KLP eiendom ser muligheter innenfor samtlige eksempler, det vil si økte leieinntekter, generell markedsprofilering av miljøvennlige bygninger og forbedret inneklime. Videre gir forbedret markedsprofilering og forbedret inneklime et konkurransefortrinn siden eiendommen generelt sett blir mer attraktiv.

Spørsmål 13: *Hvilke insitament kan føre til et økt fokus på gjennomføring av energibesparende tiltak i virksomheten? Eksempelvis finansiering gjennom offentlige støtteordninger (blant annet Enova), markedsføringsverdi for virksomheten, kontrahering av attraktive leietakere, annet.*

Svar: Det nevnes at Enova er den offentlige instansen det henvendes til i forbindelse med søknad om støtte for gjennomføring av energibesparende tiltak.

I intervjuet ble det en mindre digresjon fra spørsmålet, men som likevel anses å være relevant for temaet. Digresjonene gjaldt bevisstgjøring ovenfor leietakere med hensyn til energiforbruk i en bygning, og at dette er viktig for å realisere reel energibesparing i bygninger.

Som insitament som kan føre til økt fokus og dermed potensiell gjennomføring av energibesparende tiltak er kostnadsreduksjoner. Det poengteres også at større leietakere ofte har implementert en egen miljøstrategi som medfører at de ønsker å leie miljøriktige bygninger, mens mindre leietakere oftest utelukkende ser på kostnadsnivået når det gjelder inngåelse av et leieforhold.

Ved spørsmål om man begynner å nærme seg "det grønne skiftet" i bygge- og eiendomsbransjen ble det sagt at dette allerede har skjedd hos mange større leietakere, men at det generelt er en lang vei igjen for de mindre leietakerne.

Spørsmål 14: *Hvordan opplever Dem markedsføringen fra eksterne entreprenører med hensyn til identifisering av potensiale for energibesparende tiltak i Deres eiendomsmasse?*

Svar: Det sies at det veldig sjeldent kommer henvendelser gjeldende utførelse av energibesparende tiltak i eksisterende bygninger fra tekniske entreprenører. I enkelte tilfeller hender det at leietakere kommer med henvendelser.

KLP eiendom i Trondheim har i tillegg engasjert et eksternt foretak som laget en "smørrebrødtype" for eiendomsmassen.

Gjeldende henvendelser fra eksterne entreprenører er heller ikke noe som ønskes. Dette er grunnet i at KLP eiendom har bedre oversikt på oppgraderingsbehovet i eksisterende bygninger enn entreprenørene. Dermed henvender de seg direkte til ulike aktører dersom de ønsker vurdert og/eller utført enkelte energibesparende tiltak.

Videre tilføyes det at innspill på hvordan man kan oppnå et lavt energiforbruk i nye bygninger er velkomne i forbindelse med det enkelte prosjektet.

TEMA: Barrierer for gjennomføring av energibesparende tiltak i virksomheten.

Spørsmål 15: *Dersom De skulle identifisere barrierer for gjennomføring av energibesparende tiltak; hvilke ville dette være?*

Svar: I intervjuet ble det nevnt at mange av de tiltak som gjennomføres er knyttet til forbedring av SD-anlegg og tekniske system, generell bevisstgjøring og kunnskapsheving av driftsteknikere.

Tiltak knyttet til forbedring av bygningers klimaskall er ikke prioritert grunnet lønnsomhet. Økonomi er dermed én barriere.

Videre ble de presisert at bevisstgjøring er viktig for å oppnå energireduksjoner. Brukeratferd kan dermed også sies være en barriere.

En annen barriere grunnet inngrep i bygningsmassen når bygningsmassen er utleid, ofte et tilfelle i eksisterende bygninger. Slike tiltak må planlegges, og kan ta tid før man får ferdigstilt. Videre kan foretaket møte på motstand fra leietakerne grunnet organisasjonens plassbehov. Logistikk og koordinering mellom utførende og leietakere er dermed en barriere.

Spørsmål 16: *Kjenner De igjen noen av følgende barrierer i forbindelse med identifisering og gjennomføring av energibesparende tiltak, og kan De si noe om disse?*

Barrierer:

- ❖ *Organisatoriske*
- ❖ *Tekniske*
- ❖ *Økonomiske*
- ❖ *Kunnskapsbaserte*

Svar: Se svar spørsmål 15.

Oppsummering

Insitament

Et insitament for KLP eiendom er det interne målet om gjennomsnittlig spesifikt energiforbruk for hele bygningsmassen på 180 kWh/m² år. Dette er en del av KLP's overordnede mål om å være et energi- og miljøbevisst foretak.

Videre medfører reduserte energikostnader og forbedret miljøprofil økt konkurransekraft i markedet, ved at bygningene blir mer attraktive ovenfor leietakere og ovenfor potensielle investorer som ønsker å kjøpe bygningene.

KLP eiendom Trondheim engasjerer og motiverer i tillegg sine driftsteknikere til å tenke energibesparing gjennom blant annet interne konkurranser. Som eksempel ble det nevnt en konkurranse hvor målet var å bruke minst mulig energi under juleferien. Konkurransen viste seg å motivere driftsteknikerne til å gjøre tiltak som medførte redusert energiforbruk.

Insitamentene kan dermed oppsummeres til følgende:

- ❖ Økonomi gjennom økt salgs- og leieverdi
- ❖ Generell oppgradering av bygningsmassen
- ❖ Foretakets interne strategi om redusert energiforbruk

Barrierer

Økonomi og lønnsomhet anses å være den største barrieren for gjennomføring av energibesparende tiltak. Eksempelvis gjelder det:

- ❖ Bruk av leietakers areal for oppgradering av bygningsmassen
- ❖ Korte leieavtaler som fører til usikkerheter rundt lønnsomhet i investeringene
 - Store endringer for leietakere med korte avtaler kan medføre oppgradering som ikke nødvendigvis er ønsket av nestkommende leietaker.
- ❖ Om man får avkastning på oppgradering ved salg av eiendommen. Det vil si at oppgraderingen gir en større avkastning enn den nødvendige investeringen.

Den andre identifiserte barrieren fra intervjuet var bevissthet blant leietakere. At leietakere ikke er bevisst egen energiforbruk er i seg selv en barriere for å oppnå en reduksjon av bygningens energiforbruk.

Som tredje barriere vistes det til kompetanse i forbindelse med drift av bygningene. Det hjelper ikke å investere i et dyrt teknisk anlegg dersom driftsteknikere ikke får utnyttet potensialet.

Beslutningsnivå

Respondentene hadde ikke opplevd noen større utfordringer i forbindelse med gjennomføring av energibesparende tiltak fra øvre ledelse. Ettersom KLP eiendom har fokus på å være en miljøbevisst bedrift, er kapital til energibesparende tiltak ikke en utfordring.

Energimerkeforskriften

Forbedring av eksisterende bygningers energimerke var sjelden et fokuspunkt i forbindelse med energibesparende tiltak, selv om det i enkelte tilfeller kunne være et ønske fra leietaker.

Hovedsakelig gjennomføres energibesparende tiltak for å oppnå reelle besparelser. Ut fra intervjuet ble de mest lønnsomme tiltakene identifisert som økt bevissthet blant leietakere og driftsteknikere, økt kunnskap hos

driftsteknikere, etablering av SD-anlegg og energioppfølgingssystem (EOS) samt oppgraderinger av tekniske installasjoner. Oppgradering av bygningenes klimaskall (vegger, tak, vinduer/dører med mer) blir sjelden prioritert, med unntak for nødvendig oppgradering som kommer grunnet at bygningsdelenes levetid er utgått.

Respondentene syntes likevel at energimerking av bygninger er en viktig del i arbeidet med å øke bevisstheten rundt energibruk i bygninger. Den økte bevisstheten kommer gjennom at energiattestene må henge synlig for leietakere i bygningene.

6.2. Teknisk entreprenør

GK Inneklima

TEMA: Generell informasjon om respondenten(e) og foretaket.

Respondenter: Andreas Askim Ringen, prosjektutvikler og prosjektleder
Rune Gjertsen, fagansvarlig for energirådgiving

Sektor: Privat

Spørsmål 1: *Kan De fortelle på et overordnet nivå hva deres foretak arbeider med?*

Svar: GK inneklima er et eget foretak som arbeider med ventilasjon, byggautomasjon, service og kulde i nye og gamle bygg. De ulike avdelingene arbeider sammen for å levere helhetlige totaltekniske entrepriser. I tillegg samarbeider GK inneklima med GK rør og GK elektro for å levere totaltekniske entrepriser. GK rør og GK elektro er egne fristilte foretak.

GK har også en egne energirådgivere som arbeider i en egen "engineering"-avdeling som bistår ved salg og gjennomføring av prosjekt.

Spørsmål 2: *Hvilken rolle har De i deres foretak, og arbeider De hovedsakelig med nye eller eksisterende bygg?*

Svar:

Andreas Askim Ringen: Gjennomføring av prosjektutvikling og prosjektledelse på nye- og eksisterende bygg.

Rune Gjertsen: Arbeider både med nye- og eksisterende bygg, med hovedvekt på eksisterende bygg. Arbeidsområdet omfatter energirådgiving, herunder energimerking, kostnadsberegning av energibesparende tiltak samt energivurdering av tekniske anlegg. Rune arbeider i tillegg med gjennomføring av EPC-kontrakter.

Rune presiserte at energivurdering av tekniske anlegg er viktig ved energimerking av bygninger, siden feil inndata for de tekniske systemene kan medføre avvik på 2-3 energikarakterer. Ved energivurdering av de tekniske anleggene har Rune erfart at det benyttes verdier for de aktuelle årstallet som bygningen ble oppført, noe som kan gi et meget feilaktig bilde av bygningens energibruk og –merke.

Spørsmål 3: *Hva for kunnskap har De om energimerkeforskriften og energimerking av bygninger?*

Svar: Begge respondentene har overordnet god kunnskap om energimerkeforskriften. Rune arbeider selv med både energimerking av bygninger og energivurdering av tekniske anlegg.

TEMA: Foretakets arbeid med gjennomføring av energibesparende tiltak på eksisterende bygninger.

Spørsmål 4: *Hvor mange ansatte hos dere arbeider til daglig med gjennomføring av energibesparende tiltak i eksisterende bygninger?*

Svar: GK inneklima har ikke en egen avdeling som arbeider med gjennomføring av energibesparende tiltak siden alle GK's avdelinger arbeider med dette. Hvem som utfører hva differensieres avhengig av hvilke oppgaver som skal gjennomføres.

Oppsummert så arbeider samtlige ansatte ved GK med energibesparende tiltak.

Spørsmål 5: *Hvordan arbeider deres bedrift med markedsføring mot potensielle oppdragsgivere med hensyn til identifisering og gjennomføring av energibesparende tiltak?*

Svar: GK arbeider på sentralt nivå med publisering av tidsskrifter som viser til ulike relevante temaer knyttet til blant annet energibesparelser. Ellers arbeider ikke GK direkte med salgsrettet markedsføring. Mesteparten av GK's arbeid kommer gjennom eksisterende

vedlikeholdsavtaler og fra eksisterende kundeforhold. Siden GK har en stor eksisterende kundeportefølje arbeides det aktivt med oppfølging av kundene ved en egen markedsavdeling.

Ved spørsmålet om GK's kunder eksplisitt etterspør forbedring av bygningers energimerke i forbindelse med gjennomføring av energibesparende tiltak var svaret at det hovedsakelig er reelle energibesparelser som ønskes. Forbedring av bygningens energimerke var ikke nevnt som et spesielt fokuspunkt.

Spørsmål 6: *Benytter deres foretak finansieringsmodeller basert på offentlige støtteprogrammer ved identifisering og gjennomføring av energibesparende tiltak på eksisterende bygninger? Eksempelvis fra Enova.*

Svar: Det er ikke noe som benyttes for et hvert tiltak, men har blitt benyttet mer og mer etter hvert som søknadsprosessen for Enova-støtte er blitt enklere. Ved gjennomføring av energibesparende tiltak informerer GK sine kunder om muligheten for Enova-støtte, og gjennomfører søknader for å sjekke hvilken støtte som kan innvilges. Det nevnes også at selv om søknadsprosessen er blitt lettere, er det fortsatt en del ekstra kostnader som må vies hensyn i forbindelse med oppfølging- og rapportering etter gjennomført tiltak. Om man får innvilget støtte er ofte ikke et vippepunkt for hvorvidt tiltak blir gjennomført eller ikke.

Spørsmål 7: *Benytter deres en generell arbeidsmetodikk og kontraktsform for identifisering og gjennomføring av energibesparende tiltak?*

Svar: GK benytter hovedsakelig den norske energisparekontraktstandarden NS 6430:2014 for offentlige kunder. For private kunder benyttes andre arbeidsmetodikker ut fra kundens ønske og behov.

Det nevnes at en av årsakene til at EPC-kontrakter ikke benyttes mot den private sektoren grunnes i at de private aktørene vil ha hele gevinsten fra energibesparelsen selv. Ved bruk av EPC-kontrakter deles deler av gevinsten mellom utførende entreprenør og kunde/oppdragsgiver.

TEMA: Foretakets erfaringer fra utførte energibesparende arbeider.

Spørsmål 8: *Dersom svaret var ja i spørsmål 7; hva er erfaringene ved bruk av den generelle arbeidsmetodikken og kontraktsformen?*

Svar: Bruk av EPC-kontrakter medfører en økonomisk risiko grunnet kontraktheftet energibesparelse. Det må dermed legges inn en grundig analyse i tidlig fase for å skaffe en god oversikt på eksisterende bygge- og installasjonsteknisk data.

Det ble tilføyet at EPC-kontrakter har fire faser; 1) tilbudsfase, 2) en kartleggingsfase, 3) en gjennomføringsfase og 4) en driftsfase. Siden GK's tilbud baseres på tilgjengelig tilbudsgrunnlag, ligger den største økonomiske risikoen i tilbudet. Eksempelvis vil et dårlig tilbudsgrunnlag kunne medføre at man priser inn større besparelser enn hva som var planlagt dersom informasjonen i grunnlaget er manglende. Driftsfasen ved gjennomføring av EPC-kontrakter nevnes også som en risiko, grunnet at dårlig drift av anleggene fører til at systemene ikke utnyttes som planlagt, og dermed risikeres de planlagte energibesparelsene å bli lidende.

Spørsmål 9: *Hva er de vanligste årsakene til at eiendomseiere kontraherer dere for gjennomføring av energibesparende tiltak? Eksempelvis ønske om redusert energikostnader, økt miljøprofilering av bygningen, forbedret inneklimate?*

Svar: Det er hovedsakelig oppgradering av bygningsmasse som er grunnen til at kundene ønsker gjennomført ulike tiltak.

I enkelte tilfeller ønsker kundene gjennomføre tiltak for å forbedre miljøprofilen av bygningen eller for å forbedre inneklimate. Et eksempel som ble presentert var en kunde som ønsket et CO₂-neutralt bygg. Dette gjennom å utføre energibesparende tiltak og dermed redusere bygningsmassens CO₂-fotavtrykk, og å kjøpe CO₂-kvoter for de gjenstående utslippet.

Spørsmål 10: *Hvilke vansker har dere opplevd i forbindelse med gjennomføring av disse tiltak?*

Svar: GK opplever at det hovedsakelig er en økonomisk risiko i forbindelse med EPC-kontrakter.

I forbindelse med fysisk gjennomføring ser GK ingen spesiell risiko.

Spørsmål 11: *Hva er deres erfaringer med resultatene fra gjennomførte tiltak? Oppnår bygningene kalkulerede besparelser? Hvis ikke; hva tror De er årsaken til dette?*

Svar: GK opplever at de kalkulerede besparelsene oppnås i de prosjekter dem har gjennomført, men det er ofte med liten marginal.

Spørsmål 12: *Etter gjennomførte tiltak, er det dere eller oppdragsgiveren som står for videre drift av de tekniske anleggene? Hvilket av alternative anser De gi best resultat med hensyn til redusert energiforbruk, og hvorfor?*

Svar: GK har i enkelte prosjekter driften av de tekniske anleggene, og i andre prosjekter sørger oppdragsgiveren selv for drift av anleggene. Det oppleves at begge variantene gir de ønskede resultatene, samtidig som det tilføyes at dersom oppdragsgiver selv har driften så sørger GK for nødvendig opplæring av driftspersonell, samt jevnlig oppfølging i kontraktsperioden.

Spørsmål 13: *Hvilke barrierer og muligheter har De erfart i forbindelse med deres arbeid med identifisering og gjennomføring av energibesparende tiltak i eksisterende bygninger?*

Svar: Barrierer ble diskutert gjennom hele intervjuet, med hovedsakelig vekt på økonomi.

Ved spørsmål om de ønsket å tilføye andre barrierer ble identifisering nevnt. I forbindelse med eksempelvis EPC-kontrakter identifiseres ofte mange fler energibesparende tiltak enn hva som faktisk gjennomføres. Ettersom at enkelte identifiserende tiltak velges bort kan dette ses som en barriere for gjennomføring energibesparende tiltak. Om tiltak velges bort eller ikke avhenger ofte på oppdragsgiverens ambisjoner for bygningsmassen som skal oppgraderes.

INTERVJUAVSLUTNING

Spørsmål 14: *Er det andre temaer utover dem belyst av tidligere spørsmål Dem ønsker å belyse i forbindelse med gjennomføring av energibesparende tiltak på eksisterende bygninger?*

Svar: Ingen annen tema ble nevnt.

Oppsummering

Insitament

Dersom oppdragsgivere skal gjennomføre energibesparende tiltak er det i hovedsak grunnet generell oppgradering av bygningsmassen. Omfanget av tiltak som gjennomføres er avhengig av oppdragsgiverens ambisjonsnivå for bygningsmassen. Energibesparende tiltak med kort nedbetalingstid oppleves som lettere å få tilslag på enn tiltak med lang nedbetalingstid. Ambisjonsnivå og avkastningskrav på tiltakene varierer hos offentlige og private aktører, hvor de private oftest har større krav til rentabilitet⁶ enn de offentlige.

Enkelte oppdragsgivere har som insitament at bygningsmassen skal få en bedre miljøprofil ved å eksempelvis være CO₂-nøytral.

Innvilgning av Enova-støtte kan i enkelte tilfeller bidra til gjennomføring av flere energibesparende tiltak, grunnet at den økonomiske investeringsrammen økes.

⁶ Rentabiliteten er foretakets krav til økonomisk avkastning i forbindelse med beslutninger gjeldende potensielle investeringer.

Barrierer

Den hovedsakelig barrieren for gjennomføring av energibesparende tiltak er økonomi. Det nevnes eksempelvis at det ofte identifiseres flere tiltak enn hva som faktisk gjennomføres, og at dette begrunnes i blant annet lønnsomheten til tiltakene. Dersom oppdragsgiveren har høye ambisjoner for bygningsmassen gjennomføres mindre lønnsomme (eller ulønnsomme) tiltak, men da ikke hovedsakelig grunnet selve energibesparelsen, men heller den overordnede oppgraderingen av bygningsmassen.

Energimerkeforskriften

Det oppleves ikke at en eventuell forbedring av bygningenes energimerke er en vesentlig faktor i forbindelse med gjennomføring av energibesparende tiltak. Oppgradering av eksisterende bygningsmasse, reduserte energikostnader og forbedret inneklime er hovedsakelige årsaker til iverksetting av energibesparende tiltak.

7. REFERANSEBYGNINGER

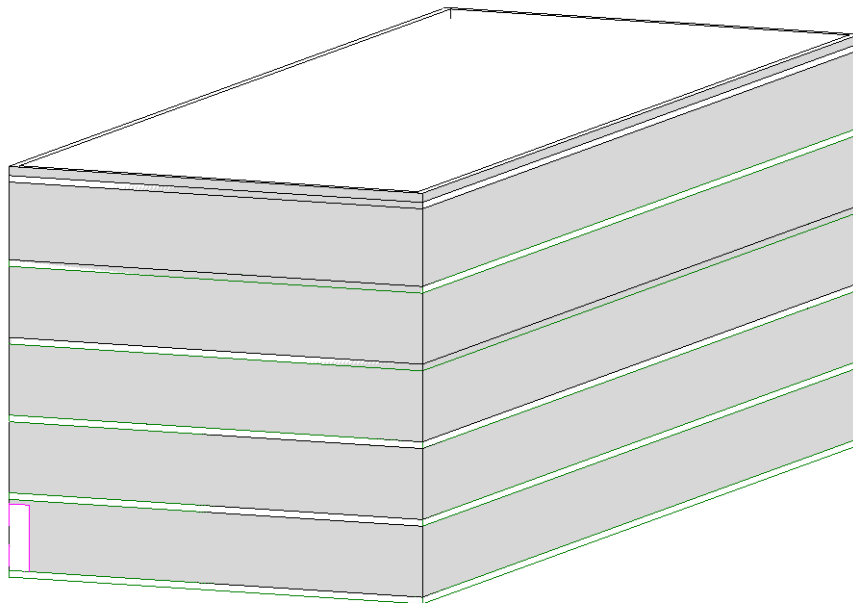
For å kunne sammenligne ulike tiltak mot hverandre ble det laget referansemodeller i tegneprogrammet Autodesk Revit 2016 for bygningskategoriene *kontorbygg, universitets- og høyskolebygg, hotellbygg, skolebygg og forretningsbygg*. Hensikten med modellene var å visualisere referansene som ble lagt til grunn for beregningsresultatene, samt for å danne et likt sammenligningsgrunnlag for de ulike tidsperiodene.

Arealene for simuleringmodellene ble beregnet i henhold til NS 3940:2012.

Referansemodellene er presentert under hvert enkelt underkapittel. Figur av referansemodellen, uten vinduer og dører, presenteres visuelt med tilhørende tabeller hvor de geometriske inndataene presenteres.

Geometrien på referansebygningene ble valgt ut fra forfatterens antakelse om typisk utforming for de ulike bygningstypene.

7.1. Kontorbygg

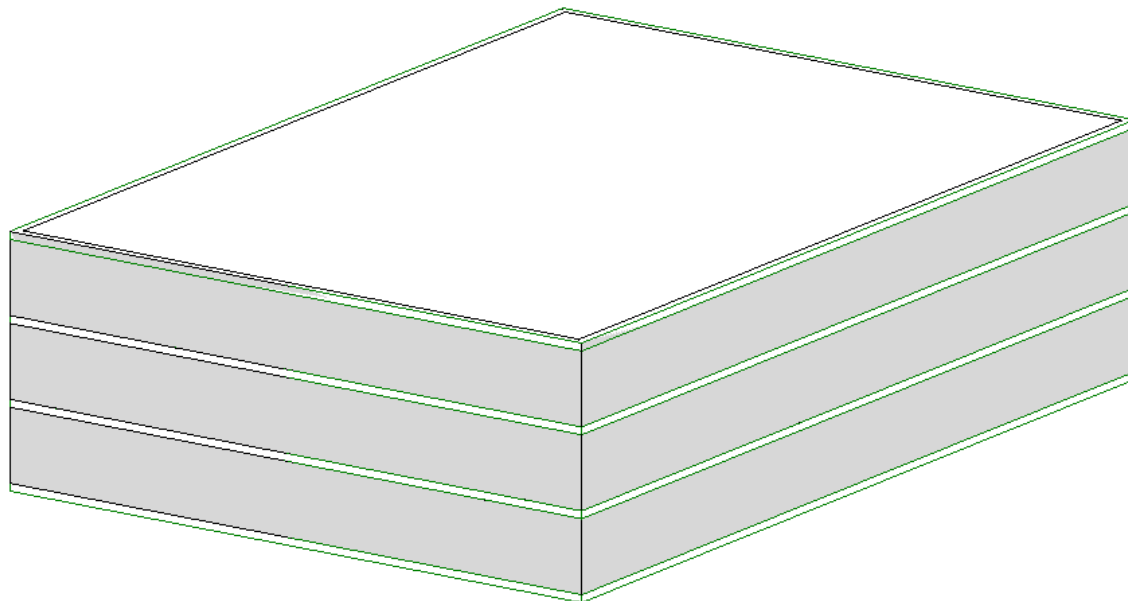


Figur 25. Referansemodell for bygningskategori Kontorbygg.

Tabell 19. Generell informasjon om referansekonstruksjonen for kontorbygg. Komplette inndata for referanseberegninger fremkommer av Vedlegg D - Forutsetninger for referansebygningene.

Informasjon	Verdi			
Antall etasjer	5			
Bredde * Dybde * Høyde [m]	20 x 50 x 17,5			
Innvendig etasjehøyde [m]	3,0			
Oppvarmet BRA [m ²]	5 000			
Oppvarmet luftvolum [m ³]	15 000			
Areal vinduer/dører [m ²]	476			
Areal yttervegg, ekskl. vinduer/dører [m ²]	1 680			
Areal tak mot det fri [m ²]	1 000			
Areal gulv mot det fri/grunnen [m ²]	1 000			
Prosentuell fordeling av fasader/vinduer/dører per værretning [%]	Nord	Øst	Syd	Vest
	15	35	15	35
Faktor mellom areal ytterflate dividert med BRA	0,82			
<i>Med ytterflate menes summen av gulv, vegg, vinduer/dører og tak. En lav ytterflate/BRA-faktor innebærer et lavt totalt varmetap gjennom en bygnings klimaskjerm.</i>				

7.2. Universitets- og høyskolebygg

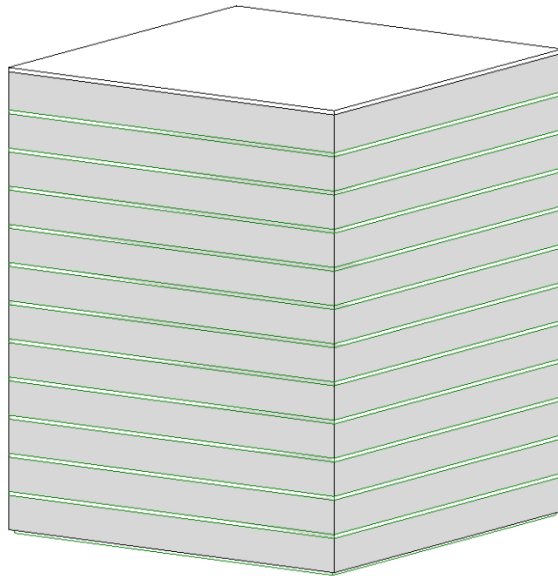


Figur 26. Referansemmodell for bygningskategori Universitets- og høyskolebygg.

Tabell 20. Generell informasjon om referansekonstruksjonen for universitets- og høyskolebygg. Komplette inndata for referanseberegninger fremkommer i Vedlegg D - Forutsetninger for referansebygningene.

Informasjon	Verdi			
Antall etasjer	3			
Bredde * Dybde * Høyde [m]	35 x 45 x 9,6			
Innvendig etasjehøyde [m]	2,8			
Oppvarmet BRA [m ²]	4 725			
Oppvarmet luftvolum [m ³]	13 230			
Areal vinduer/dører [m ²]	307			
Areal yttervegg, ekskl. vinduer/dører [m ²]	1 075			
Areal tak mot det fri [m ²]	1 575			
Areal gulv mot det fri/grunnen [m ²]	1 575			
Prosentuell fordeling av fasader/vinduer/dører per værretning [%]	Nord 20	Øst 30	Syd 20	Vest 30
Faktor mellom areal ytterflate dividert med BRA <i>Med ytterflate menes summen av gulv, vegg, vinduer/dører og tak. En lav ytterflate/BRA-faktor innebærer et lavt totalt varmetap gjennom en bygnings klimaskjerm.</i>	0,95			

7.3. Hotellbygg

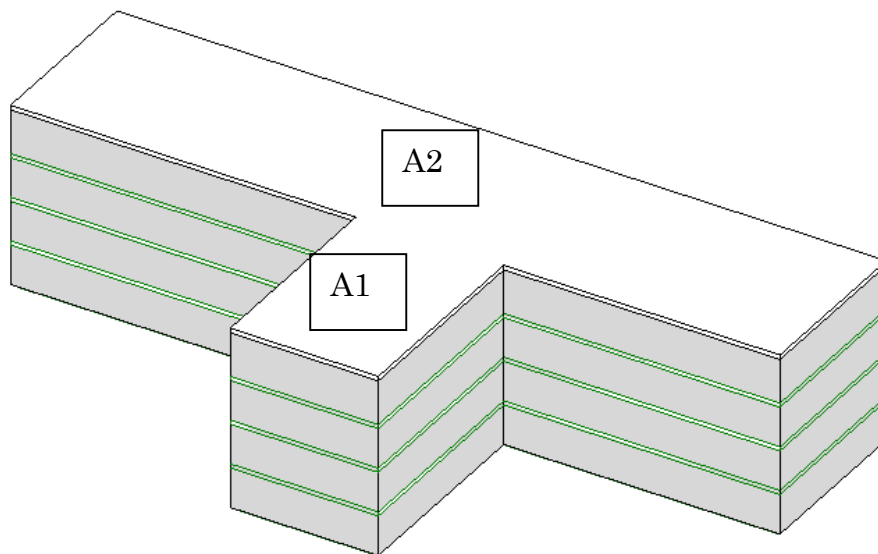


Figur 27. Referansemodell for bygningskategori Hotellbygg.

Tabell 21. Generell informasjon om referansekonstruksjonen for hotellbygg. Komplette inndata for referanseberegninger fremkommer i Vedlegg D - Forutsetninger for referansebygningene.

Informasjon		Verdi			
Antall etasjer		12			
Bredde * Dybde * Høyde [m]		30 x 30 x 36			
Innvendig etasjehøyde [m]		2,5			
Oppvarmet BRA [m ²]		10 800			
Oppvarmet luftvolum [m ³]		27 000			
Areal vinduer/dører [m ²]		864			
Areal yttervegg, ekskl. vinduer/dører [m ²]		2 880			
Areal tak mot det fri [m ²]		900			
Areal gulv mot det fri/grunnen [m ²]		900			
Prosentuell fordeling av fasader/vinduer/dører per værretning [%]		Nord	Øst	Syd	Vest
		25	25	25	25
Faktor mellom areal ytterflate dividert med BRA		0,50			
<i>Med ytterflate menes summen av gulv, vegg, vinduer/dører og tak. En lav ytterflate/BRA-faktor innebærer et lavt totalt varmetap gjennom en bygnings klimaskjerm.</i>					

7.4. Skolebygg

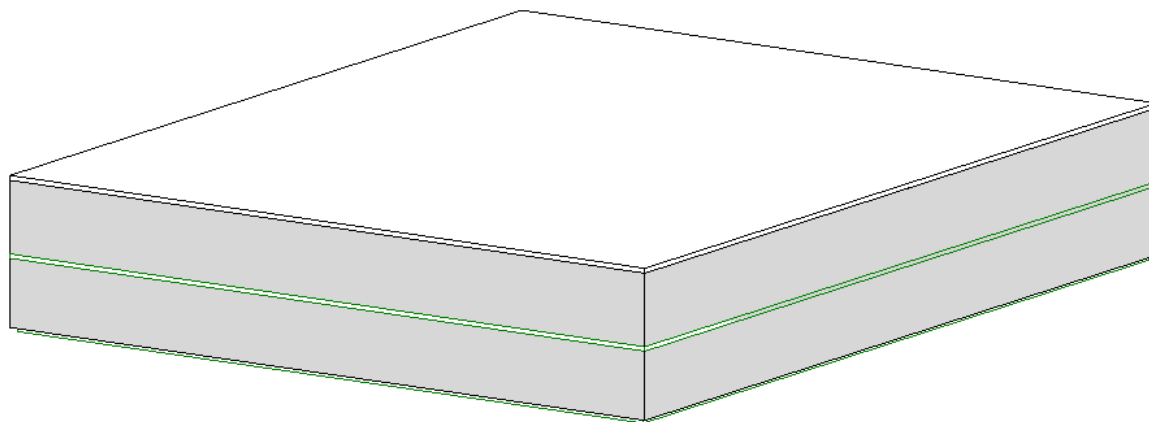


Figur 28. Referansemodell for bygningskategori Skolebygg.

Tabell 22. Generell informasjon om referansekonstruksjonen for skolebygg. Komplette inndata for referanseberegninger fremkommer i Vedlegg D - Forutsetninger for referansebygningene.

Informasjon		Verdi			
Antall etasjer		4			
Bredde * Dybde * Høyde [m] – A1		10 x 15 x 12,8			
Bredde * Dybde * Høyde [m] – A2		55 x 12 x 12,8			
Innvendig etasjehøyde [m]		2,8			
Oppvarmet BRA [m ²]		3 240			
Oppvarmet luftvolum [m ³]		9 072			
Areal vinduer/dører [m ²]		420			
Areal yttervegg, ekskl. vinduer/dører [m ²]		1 469			
Areal tak mot det fri [m ²]		810			
Areal gulv mot det fri/grunnen [m ²]		810			
Prosentuell fordeling av fasader/vinduer/dører per værretning [%]		Nord	Øst	Syd	Vest
		20	30	20	30
Faktor mellom areal ytterflate dividert med BRA		1,07			
<p><i>Med ytterflate menes summen av gulv, vegg, vinduer/dører og tak. En lav ytterflate/BRA-faktor innebærer et lavt totalt varmetap gjennom en bygnings klimaskjerm.</i></p>					

7.5. Forretningsbygg



Figur 29. Referansemodell for bygningskategori Forretningsbygg.

Tabell 23. Generell informasjon om referansekonstruksjonen for forretningsbygg. Komplette inndata for referanseberegninger fremkommer i Vedlegg D - Forutsetninger for referansebygningene.

Informasjon		Verdi			
Antall etasjer		2			
Bredde * Dybde * Høyde [m]		50 x 60 x 10			
Innvendig etasjehøyde [m]		4,5			
Oppvarmet BRA [m ²]		6 000			
Oppvarmet luftvolum [m ³]		27 000			
Areal vinduer/dører [m ²]		396			
Areal yttervegg, ekskl. vinduer/dører [m ²]		1 584			
Areal tak mot det fri [m ²]		3 000			
Areal gulv mot det fri/grunnen [m ²]		3 000			
Prosentuell fordeling av fasader/vinduer/dører per værretning [%]		Nord	Øst	Syd	Vest
		25	25	25	25
Faktor mellom areal ytterflate dividert med BRA		1,33			
<i>Med ytterflate menes summen av gulv, vegg, vinduer/dører og tak. En lav ytterflate/BRA-faktor innebærer et lavt totalt varmetap gjennom en bygnings klimaskjerm.</i>					

8. BEREGNINGSGRISULTATER

Kapittelet presenterer et sammendrag av resultater fra utførte energiberegninger. De ulike resultatene er presentert i egne underkapitler. Først vises resultater fra beregning av referansebygningenes energimerke før utførte tiltak. Deretter presenteres et utdrag av resultatene fra tiltaksberegningene som er utført for hver enkelt bygningskategori og tidsperiode. Utdraget av resultatene er begrenset til de tiltak som forbedrede bygningenes energimerke. Beregningsresultater fra samtlige simuleringer er vist i Vedlegg A – Beregningsresultat. De ulike tiltakene masteroppgaven benyttet i forbindelse med beregning av resultatene er vist i Tabell 24 nedenfor. Det er utført beregninger for enkelt tiltak samt kombinasjoner av disse.

Resultatene viser redusert energiforbruk og CO₂-utslipp, forandring av bygningens energi- og oppvarmingskarakter samt maksimalt investeringsbeløp dersom tiltaket skal være lønnsomt ut fra levetiden for de bygge- og installasjonstekniske arbeidene.

Tabell 24. Energibesparende tiltak benyttet i forbindelse med resultatberegninger.

Tiltak	Kort beskrivelse
INSTALLASJONSTEKNISKE TILTAK	
Tiltak 1	Forbedring av ventilasjonsanleggets SFP-faktor
Tiltak 2	Forbedring av varmegjenvinneren i ventilasjonsanlegget
Tiltak 3	Installasjon av VAV-styring
Tiltak 4	Installasjon av automatisk belyningsstyring
Tiltak 5	Installasjon av varmepumpe
BYGNINGSTEKNISKE TILTAK	
Tiltak 7	Forbedring av ytterveggens U-verdi
Tiltak 8	Forbedring av takkonstruksjonens U-verdi
Tiltak 9	Forbedring av vinduenes og dørenes U-verdi
Tiltak 10	Forbedring av bygningens lekkasjetall
KOMBINERTE TILTAK	
Kombinasjon 1	Tiltak 1, 2 og 3. Installasjonsteknisk.
Kombinasjon 2	Tiltak 3 og 4. Installasjonsteknisk
Kombinasjon 3	Tiltak 1, 2, 3, 4 og 5. Installasjonsteknisk
Kombinasjon 4	Tiltak 7 og 10. Bygningsteknisk
Kombinasjon 5	Tiltak 8, 9 og 10. Bygningsteknisk
Kombinasjon 6	Tiltak 7, 8, 9 og 10. Bygningsteknisk
Kombinasjon 7	Tiltak 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10. Installasjons- og byggeteknisk. Tilsvarende total rehabilitering.

For nærmere beskrivelse av tiltakene vises det til Vedlegg C - Kostnadsberegninger.

Det tredje underkapittelet ser på den potensielle reduksjonen av energi og CO₂-utslipp basert på arealene fra NVE, vist i kapittel 3.3.

8.1. Referansebygningens energimerke og energiforbruk

Her presenteres resultat fra utført energimerking av referansebygningene i kapitel 7. Resultatene viser bygningenes energi- og oppvarmingskarakter samt energiforbruk i kilowatt timer per oppvarmet bruksareal, se Tabell 25. Energimerkene er beregnet etter skala gyldig fra 12. juni 2015, se kapitel 3.1 for mer informasjon.

Tabell 25. Energi- og oppvarmingskarakter, samt energiforbruk i kWh/m² for de ulike bygningskategoriene og byggeperiodene benyttet i masteroppgaven.

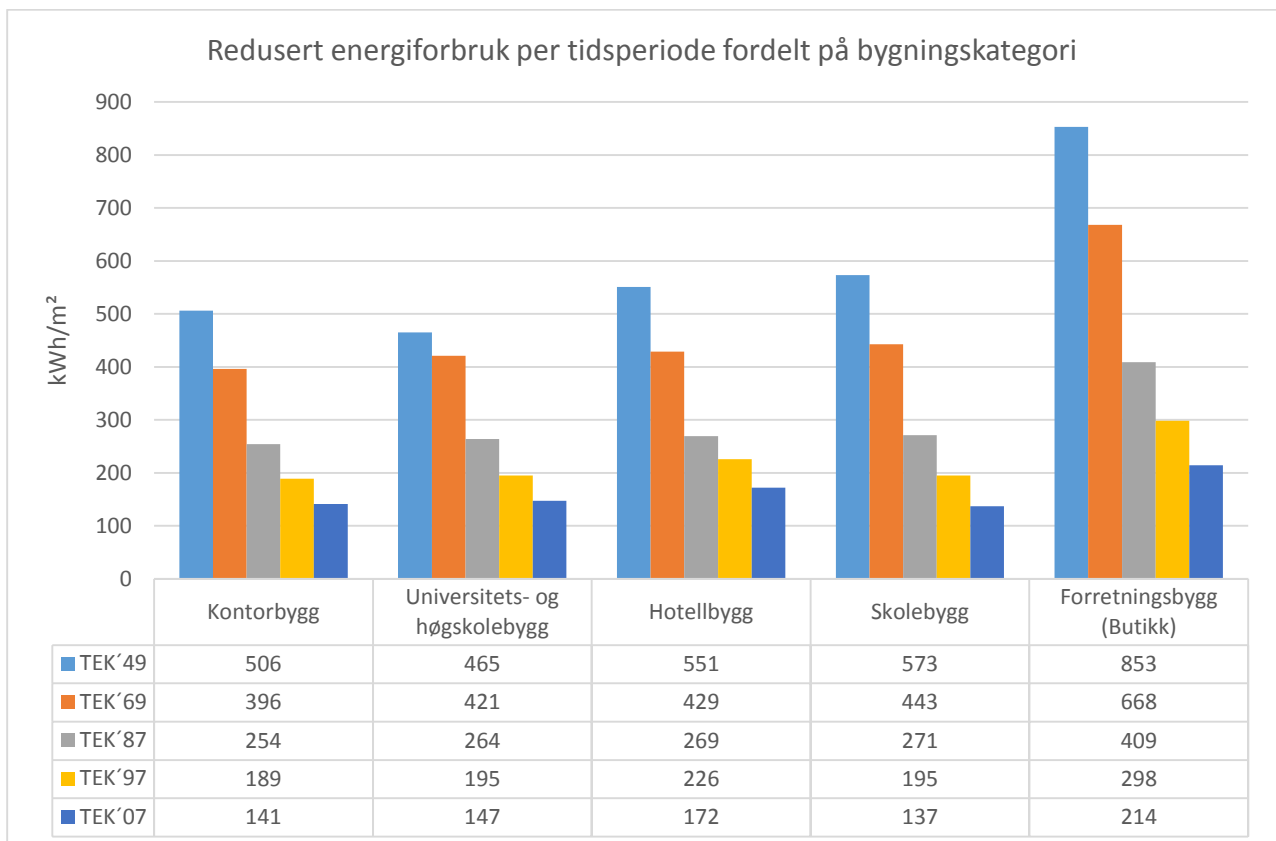
Tidsperiode	Bygningskategori	Energi-karakter	Oppvarmings-karakter	Levert energiforbruk basert på normalisert klima [kWh/m ²]
1949-1968	Kontorbygg	G	Rød	506
	Universitets- og høyskolebygg	G	Rød	465
	Hotellbygg	G	Rød	551
	Skolebygg	G	Rød	573
	Forretningsbygg	G	Rød	853
1969-1986	Kontorbygg	G	Rød	396
	Universitets- og høyskolebygg	G	Rød	421
	Hotellbygg	G	Rød	429
	Skolebygg	G	Rød	443
	Forretningsbygg	G	Rød	668
1987-1996	Kontorbygg	F	Rød	254
	Universitets- og høyskolebygg	F	Rød	264
	Hotellbygg	D	Rød	269
	Skolebygg	F	Rød	271
	Forretningsbygg	G	Rød	409
1997-2006	Kontorbygg	E	Rød	189
	Universitets- og høyskolebygg	D	Rød	195
	Hotellbygg	C	Rød	226
	Skolebygg	E	Rød	195
	Forretningsbygg	E	Rød	298
2007-2010	Kontorbygg	C	Orange	141
	Universitets- og høyskolebygg	C	Orange	147

Hotellbygg	B	Orange	172
Skolebygg	D	Orange	137
Forretningsbygg	D	Orange	214

Resultatene viser et betydelig høyere energiforbruk fordelt på kilowatt timer per kvadratmeter for forretningsbygningene sammenlignet med resterende bygningskategorier. Dette skyldes blant annet at forretningsbygg operer med høyere normerte luftmengder enn de resterende bygningene. Videre så har forretningsbygningene den mest ugunstige faktoren mellom ytterflate dividert med oppvarmet bruksareal.

Tabell 26 viser tydelig det nedstigende energiforbruket over tid for de ulike bygningskategoriene. De største forskjellene vises mellom tidsperiodene 1949-1968 og 1969-1986.

Tabell 26. Nedstigende energiforbruk fordelt på bygningskategori og tidsperiode for referansebygningene vist i kapittel 6.



8.2. Energibesparende tiltak som forbedrer bygningens energimerke

Kapittelet viser et sammendrag av de mest relevante og interessante resultatene fra de utførte beregningene, vist i Vedlegg A – Beregningsresultat. De utvalgte tiltakene representerer de som medførte en forbedring av bygningens energimerke, og ikke nødvendigvis de mest lønnsomme tiltakene. Om den aktuelle bygningen får et forbedret energimerke avhenger blant annet av hvor nært grensen referansebygningen er. Eksempelvis vil en bygning som trenger 10 kilowattimer per kvadratmeter og år for å gå fra energikarakter D til C lettere oppnå forbedret energimerke, enn en bygning som trenger 200 kilowattimer per kvadratmeter og år.

For beregningen av maksimalt investeringsbeløp ut fra et lønnsomhetsperspektiv er ligning 6 i kapittel 5.2 benyttet. Maksimalt investeringsbeløp tilsvarer den investering hvor nåverdien blir lik 0. Investeringsbeløpet avhenger av tiltakets energipris, rentesats og levetid.

Det vises til Vedlegg A – Beregningsresultat, og Vedlegg C - Kostnadsberegninger, for mer informasjon om inndataen, nødvendige kostnadsvurderinger og de benyttede forutsetningene.

Tiltak 1 – SFP-faktor

Tabell 27. Oversikt over bygningskategorier med tilhørende tidsperiode hvor tiltak 1 forbedret referansebygningens energimerke. Tabellen viser opprinnelig energi- og oppvarmingskarakter, ny energi- og oppvarmingskarakter etter gjennomført tiltak, redusert CO₂-utslipp, og maksimalt investeringsbeløp dersom tiltaket skal være lønnsomt ut fra et levetidsperspektiv.

Bygningskategori	Tidsperiode	Energikarakter referansebygg	Oppvarmingskarakter referansebygg	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Ny energikarakter	Ny oppvarmingskarakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet [kr]
Hotellbygg	1969-1986	G	Rød	23,8	F	Rød	9,4	2 287 186
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	F	Rød	37,2	E	Rød	14,7	1 565 069
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	G	Rød	53,3	F	Rød	21,1	2 845 275
Kontorbygg	1997-2006	E	Rød	22,0	D	Rød	8,7	978 133
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	F	Rød	33,4	E	Rød	13,2	1 782 438
Skolebygg	2007-2010	D	Orange	10,9	C	Orange	4,3	314 802
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	D	Orange	13,4	C	Orange	5,3	715 944

Tiltak 2 – Forbedret varmegjenvinner

Tabell 28. Oversikt over bygningskategorier med tilhørende tidsperiode hvor tiltak 2 forbedret referansebygningens energimerke. Tabellen viser opprinnelig energi- og oppvarmingskarakter, ny energi- og oppvarmingskarakter etter gjennomført tiltak, redusert CO₂-utslipp, og maksimalt investeringsbeløp dersom tiltaket skal være lønnsomt ut fra et levetidsperspektiv.

Bygningskategori	Tids-periode	Energi-karakter referansebygg	Oppvarmings-karakter referansebygg	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Ny energi-karakter	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet [kr]
Hotellbygg	1949-1968	G	Rød	247,6	D	Rød	97,8	23 786 465
Kontorbygg	1969-1986	G	Rød	140,4	F	Rød	55,5	6 245 421
Universitets- og høskolebygg	1969-1986	G	Rød	169,4	F	Rød	66,9	7 119 619
Hotellbygg	1969-1986	G	Rød	165,5	D	Rød	65,4	15 900 272
Kontorbygg	1987-1996	F	Rød	49,2	E	Rød	19,4	2 189 228
Universitets- og høskolebygg	1987-1996	F	Rød	59,4	E	Rød	23,5	2 496 718
Hotellbygg	1987-1996	D	Rød	58,1	C	Rød	23,0	5 585 922
Skolebygg	1987-1996	F	Rød	70,2	E	Rød	27,7	2 022 977
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	G	Rød	94,3	F	Rød	37,3	5 033 312
Kontorbygg	1997-2006	E	Rød	31,6	D	Rød	12,5	1 407 357
Hotellbygg	1997-2006	C	Rød	32,7	B	Rød	12,9	3 140 722
Skolebygg	1997-2006	E	Rød	44,8	D	Rød	17,7	1 291 405
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	F	Rød	61,7	D	Rød	24,4	3 291 310
Universitets- og høskolebygg	2007-2010	C	Orange	26,1	B	Orange	10,3	1 098 888
Hotellbygg	2007-2010	B	Orange	22,7	A	Gul	9,0	2 182 166
Skolebygg	2007-2010	D	Orange	31,2	C	Gul	12,3	899 540
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	D	Orange	42,5	C	Orange	16,8	2 267 039

Tiltak 3 – Installasjon av VAV-styring

Tabell 29. Oversikt over bygningskategorier med tilhørende tidsperiode hvor tiltak 3 forbedret referansebygningens energimerke. Tabellen viser opprinnelig energi- og oppvarmingskarakter, ny energi- og oppvarmingskarakter etter gjennomført tiltak, redusert CO₂-utslipp, og maksimalt investeringsbeløp dersom tiltaket skal være lønnsomt ut fra et levetidsperspektiv.

Bygningskategori	Tidsperiode	Energikarakter referansebygg	Oppvarmingskarakter referansebygg	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Ny energikarakter	Ny oppvarmingskarakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet [kr]
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	G	Rød	47,6	F	Rød	18,8	2 538 159

Tiltak 4 – Installasjon automatisert belysningsstyring

Installasjon av automatisert belysningsstyring medførte ingen forandring i bygningens energimerke.

Tiltak 5 – Installasjon av varmpumpe

Tabell 30. Oversikt over bygningskategorier med tilhørende tidsperiode hvor tiltak 5 forbedret referansebygningens energimerke. Tabellen viser opprinnelig energi- og oppvarmingskarakter, ny energi- og oppvarmingskarakter etter gjennomført tiltak, redusert CO₂-utslipp, og maksimalt investeringsbeløp dersom tiltaket skal være lønnsomt ut fra et levetidsperspektiv.

Bygningskategori	Tidsperiode	Energikarakter referansebygg	Oppvarmingskarakter referansebygg	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Ny energikarakter	Ny oppvarmingskarakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet [kr]
Hotellbygg	1969-1986	G	Rød	53,8	F	Rød	21,2	5 164 286
Kontorbygg	1987-1996	F	Rød	37,7	E	Orange	14,9	1 675 648
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	F	Rød	33,2	E	Orange	13,1	1 393 712
Hotellbygg	1987-1996	D	Rød	34,4	C	Orange	13,6	3 305 648
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	G	Rød	59,2	F	Orange	23,4	3 159 899
Kontorbygg	1997-2006	E	Rød	19,1	D	Orange	7,5	849 712
Skolebygg	1997-2006	E	Rød	33,1	D	Orange	13,1	952 810
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	F	Rød	33,0	E	Orange	13,1	1 763 358
Skolebygg	2007-2010	D	Orange	17,8	C	Orange	3,6	511 980
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	D	Orange	15,4	C	Orange	3,2	822 191

Tiltak 7 – Forbedring av ytterveggen U-verdi

Tabell 31. Oversikt over bygningskategorier med tilhørende tidsperiode hvor tiltak 7 forbedret referansebygningens energimerke. Tabellen viser opprinnelig energi- og oppvarmingskarakter, ny energi- og oppvarmingskarakter etter gjennomført tiltak, redusert CO₂-utslipp, og maksimalt investeringsbeløp dersom tiltaket skal være lønnsomt ut fra et levetidsperspektiv.

Bygningskategori	Tidsperiode	Energikarakter referanse	Oppvarmingskarakter referansebygg	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Ny energikarakter	Ny oppvarmingskarakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet [kr]
Hotellbygg	1969-1986	G	Rød	22,5	F	Rød	8,9	3 844 343

Tiltak 8 – Forbedring av takkonstruksjonens U-verdi

Forbedring av takkonstruksjonens U-verdi medførte ingen forandring av bygningenes energimerke.

Tiltak 9 – Forbedring av vinduenes og dørenes U-verdi

Tabell 32. Oversikt over bygningskategorier med tilhørende tidsperiode hvor tiltak 9 forbedret referansebygningens energimerke. Tabellen viser opprinnelig energi- og oppvarmingskarakter, ny energi- og oppvarmingskarakter etter gjennomført tiltak, redusert CO₂-utslipp, og maksimalt investeringsbeløp dersom tiltaket skal være lønnsomt ut fra et levetidsperspektiv.

Bygningskategori	Tidsperiode	Energikarakter referanse	Oppvarmingskarakter referansebygg	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Ny energikarakter	Ny oppvarmingskarakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet [kr]
Hotellbygg	1969-1986	G	Rød	17,2	F	Rød	6,8	2 571 436

Tiltak 10 – Redusering av bygningens lekkasjetall

Tabell 33. Oversikt over bygningskategorier med tilhørende tidsperiode hvor tiltak 10 forbedret referansebygningens energimerke. Tabellen viser opprinnelig energi- og oppvarmingskarakter, ny energi- og oppvarmingskarakter etter gjennomført tiltak, redusert CO₂-utslipp, og maksimalt investeringsbeløp dersom tiltaket skal være lønnsomt ut fra et levetidsperspektiv.

Bygningskategori	Tidsperiode	Energi-karakter referanse	Oppvarmings-karakter referansebygg	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Ny energi-karakter	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet [kr]
Hotellbygg	1969-1986	G	Rød	28,04	F	Rød	11,1	4 795 092
Universitets- og høskolebygg	1987-1996	F	Rød	32,59	E	Rød	12,9	2 438 517
Kontorbygg	1997-2006	E	Rød	19,35	D	Rød	7,6	1 531 866
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	F	Rød	33,26	E	Rød	13,1	3 159 956

Kombinasjon 1

Tabell 34. Oversikt over bygningskategorier med tilhørende tidsperiode hvor kombinasjon 1 forbedret referansebygningens energimerke. Tabellen viser opprinnelig energi- og oppvarmingskarakter, ny energi- og oppvarmingskarakter etter gjennomført tiltak, redusert CO₂-utslipp, og maksimalt investeringsbeløp dersom tiltaket skal være lønnsomt ut fra et levetidsperspektiv.

Bygningskategori	Tidsperiode	Energi-karakter referanse	Oppvarmings-karakter referansebygg	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Ny energi-karakter	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet [kr]
Universitets- og høskolebygg	1949-1968	G	Rød	218,5	F	Rød	86,3	9 183 352
Hotellbygg	1949-1968	G	Rød	256,5	D	Rød	101,3	24 644 084
Kontorbygg	1969-1986	G	Rød	179,4	F	Rød	70,9	7 977 674
Universitets- og høskolebygg	1969-1986	G	Rød	218,2	E	Rød	86,2	9 172 474
Hotellbygg	1969-1986	G	Rød	182,5	C	Rød	72,1	17 532 487
Skolebygg	1969-1986	G	Rød	262,7	F	Rød	103,8	7 571 053
Kontorbygg	1987-1996	F	Rød	90,3	D	Rød	35,7	4 016 335
Universitets- og høskolebygg	1987-1996	F	Rød	109,9	D	Rød	43,4	4 619 850
Hotellbygg	1987-1996	D	Rød	80,6	C	Rød	31,8	7 741 689
Skolebygg	1987-1996	F	Rød	134,6	E	Rød	53,2	3 880 059
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	G	Rød	169,3	D	Rød	66,9	9 033 885
Kontorbygg	1997-2006	E	Rød	53,0	C	Rød	21,0	2 358 824
Universitets- og høskolebygg	1997-2006	D	Rød	63,9	C	Rød	25,2	2 685 615
Hotellbygg	1997-2006	C	Rød	52,8	B	Rød	20,9	5 075 731
Skolebygg	1997-2006	E	Rød	75,2	D	Rød	29,7	2 168 192
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	F	Rød	98,8	C	Rød	39,0	5 270 747
Universitets- og høskolebygg	2007-2010	C	Orange	32,8	B	Orange	13,0	1 378 831
Skolebygg	2007-2010	D	Orange	38,8	C	Gul	15,3	1 117 540
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	D	Orange	51,6	C	Orange	20,4	2 754 443

Kombinasjon 2

Tabell 35. Oversikt over bygningskategorier med tilhørende tidsperiode hvor kombinasjon 2 forbedret referansebygningens energimerke. Tabellen viser opprinnelig energi- og oppvarmingskarakter, ny energi- og oppvarmingskarakter etter gjennomført tiltak, redusert CO₂-utslipp, og maksimalt investeringsbeløp dersom tiltaket skal være lønnsomt ut fra et levetidsperspektiv.

Bygningskategori	Tidsperiode	Energi-karakter referanse	Oppvarmings-karakter referansebygg	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Ny energi-karakter	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet [kr]
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	G	Rød	50,1	F	Rød	19,8	2 674 862

Kombinasjon 3

Tabell 36. Oversikt over bygningskategorier med tilhørende tidsperiode hvor kombinasjon 3 forbedret referansebygningens energimerke. Tabellen viser opprinnelig energi- og oppvarmingskarakter, ny energi- og oppvarmingskarakter etter gjennomført tiltak, redusert CO₂-utslipp, og maksimalt investeringsbeløp dersom tiltaket skal være lønnsomt ut fra et levetidsperspektiv.

Bygningskategori	Tidsperiode	Energi-karakter referanse	Oppvarmings-karakter referansebygg	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Ny energi-karakter	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet [kr]
Kontorbygg	1949-1968	G	Rød	340,8	E	Gul	134,6	15 157 938
Universitets- og høyskolebygg	1949-1968	G	Rød	304,1	D	Gul	120,1	12 780 764
Hotellbygg	1949-1968	G	Rød	345,9	B	Gul	136,6	33 224 348
Skolebygg	1949-1968	G	Rød	480,3	E	Gul	189,7	13 841 031
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	G	Rød	608,7	E	Gul	240,4	32 484 068
Kontorbygg	1969-1986	G	Rød	248,9	D	Gul	98,3	11 068 808
Universitets- og høyskolebygg	1969-1986	G	Rød	281,0	D	Gul	111,0	11 810 298
Hotellbygg	1969-1986	G	Rød	253,5	B	Gul	100,1	24 351 875
Skolebygg	1969-1986	G	Rød	355,2	D	Gul	140,3	10 235 908
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	G	Rød	448,9	D	Gul	177,3	23 955 535
Kontorbygg	1987-1996	F	Rød	129,9	C	Gul	51,3	5 776 963
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	F	Rød	144,7	C	Orange	57,1	6 080 522

Masteroppgave våren 2016 av Johan Hessedal
Tittel: *Energisparetiltak fra et kost- & nytteperspektiv, vurdert mot energimerkeforskriften*

Bygningskategori	Tidsperiode	Energi-karakter referanse	Oppvarmings-karakter referansebygg	Redusert energibruk [kWh/m²år]	Ny energi-karakter	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO2 [kg/m²år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet [kr]
Hotellbygg	1987-1996	D	Rød	131,0	B	Gul	51,7	12 583 319
Skolebygg	1987-1996	F	Rød	190,9	C	Gul	75,4	5 500 079
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	G	Rød	230,8	C	Orange	91,2	12 316 274
Kontorbygg	1997-2006	E	Rød	76,4	B	Gul	30,2	3 396 507
Universitets- og høyskolebygg	1997-2006	D	Rød	84,0	B	Orange	33,2	3 530 328
Hotellbygg	1997-2006	C	Rød	82,6	A	Gul	32,6	7 936 510
Skolebygg	1997-2006	E	Rød	112,7	C	Orange	44,5	3 248 046
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	F	Rød	139,4	C	Orange	55,1	7 440 647
Kontorbygg	2007-2010	C	Orange	42,0	B	Orange	15,3	1 866 590
Universitets- og høyskolebygg	2007-2010	C	Orange	44,4	B	Orange	16,2	1 864 287
Hotellbygg	2007-2010	B	Orange	47,0	A	Gul	14,8	4 510 596
Skolebygg	2007-2010	D	Orange	60,9	B	Gul	20,8	1 754 188
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	D	Orange	74,8	B	Orange	26,9	3 991 635

Kombinasjon 4

Tabell 37. Oversikt over bygningskategorier med tilhørende tidsperiode hvor kombinasjon 4 forbedret referansebygningens energimerke. Tabellen viser opprinnelig energi- og oppvarmingskarakter, ny energi- og oppvarmingskarakter etter gjennomført tiltak, redusert CO₂-utslipp, og maksimalt investeringsbeløp dersom tiltaket skal være lønnsomt ut fra et levetidsperspektiv.

Bygningskategori	Tidsperiode	Energi-karakter referanse	Oppvarmings-karakter referansebygg	Redusert energibruk [kWh/m²år]	Ny energi-karakter	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO2 [kg/m²år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet [kr]
Hotellbygg	1969-1986	G	Rød	48,6	F	Rød	19,2	8 304 747
Kontorbygg	1987-1996	F	Rød	41,0	E	Rød	16,2	3 244 669
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	F	Rød	35,8	E	Rød	14,1	2 679 514
Kontorbygg	1997-2006	E	Rød	20,8	D	Rød	8,2	1 646 474
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	F	Rød	34,5	E	Rød	13,6	3 280 549

Kombinasjon 5

Tabell 38. Oversikt over bygningskategorier med tilhørende tidsperiode hvor kombinasjon 5 forbedret referansebygningens energimerke. Tabellen viser opprinnelig energi- og oppvarmingskarakter, ny energi- og oppvarmingskarakter etter gjennomført tiltak, redusert CO₂-utslipp, og maksimalt investeringsbeløp dersom tiltaket skal være lønnsomt ut fra et levetidsperspektiv.

Bygningskategori	Tidsperiode	Energi-karakter referanse	Oppvarmings-karakter referansebygg	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Ny energi-karakter	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet [kr]
Hotellbygg	1969-1986	G	Rød	44,1	F	Rød	17,4	6 592 415
Kontorbygg	1987-1996	F	Rød	49,7	E	Rød	19,6	3 434 516
Universitets- og høskolebygg	1987-1996	F	Rød	41,4	E	Rød	16,3	2 704 765
Skolebygg	1987-1996	F	Rød	55,5	E	Rød	21,9	2 489 762
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	G	Rød	70,6	F	Rød	27,9	5 856 369
Kontorbygg	1997-2006	E	Rød	27,8	D	Rød	11,0	1 923 234
Skolebygg	1997-2006	E	Rød	33,4	D	Rød	13,2	1 497 518
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	F	Rød	41,1	E	Rød	16,2	3 411 511

Kombinasjon 6

Tabell 39. Oversikt over bygningskategorier med tilhørende tidsperiode hvor kombinasjon 6 forbedret referansebygningens energimerke. Tabellen viser opprinnelig energi- og oppvarmingskarakter, ny energi- og oppvarmingskarakter etter gjennomført tiltak, redusert CO₂-utslipp, og maksimalt investeringsbeløp dersom tiltaket skal være lønnsomt ut fra et levetidsperspektiv.

Bygningskategori	Tidsperiode	Energi-karakter referanse	Oppvarmings-karakter referansebygg	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Ny energi-karakter	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet [kr]
Hotellbygg	1969-1986	G	Rød	63,0	F	Rød	24,9	9 415 305
Kontorbygg	1987-1996	F	Rød	54,4	E	Rød	21,5	3 765 236
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	F	Rød	44,0	E	Rød	17,4	2 877 892
Skolebygg	1987-1996	F	Rød	62,5	E	Rød	24,7	2 800 300
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	G	Rød	74,9	F	Rød	29,6	6 218 229
Kontorbygg	1997-2006	E	Rød	29,2	D	Rød	11,5	2 017 662
Skolebygg	1997-2006	E	Rød	35,6	D	Rød	14,1	1 595 875
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	F	Rød	42,4	E	Rød	16,8	3 521 986

Kombinasjon 7

Tabell 40. Oversikt over bygningskategorier med tilhørende tidsperiode hvor kombinasjon 7 forbedret referansebygningens energimerke. Tabellen viser opprinnelig energi- og oppvarmingskarakter, ny energi- og oppvarmingskarakter etter gjennomført tiltak, redusert CO₂-utslipp, og maksimalt investeringsbeløp dersom tiltaket skal være lønnsomt ut fra et levetidsperspektiv.

Bygningskategori	Tidsperiode	Energi-karakter referanse	Oppvarmings-karakter referansebygg	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Ny energi-karakter	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet [kr]
Kontorbygg	1949-1968	G	Rød	413,7	B	Orange	163,4	18 398 636
Universitets- og høyskolebygg	1949-1968	G	Rød	378,9	B	Orange	149,7	15 922 740
Hotellbygg	1949-1968	G	Rød	409,8	A	Orange	161,9	39 361 760
Skolebygg	1949-1968	G	Rød	574,6	B	Orange	227,0	16 559 451
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	G	Rød	720,9	B	Orange	284,8	38 475 055

Bygningskategori	Tidsperiode	Energi-karakter referanse	Oppvarmings-karakter referansebygg	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Ny energi-karakter	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet [kr]
Kontorbygg	1969-1986	G	Rød	305,1	B	Orange	120,5	13 570 116
Universitets- og høskolebygg	1969-1986	G	Rød	332,8	B	Orange	131,5	13 986 220
Hotellbygg	1969-1986	G	Rød	298,5	A	Orange	117,9	28 674 134
Skolebygg	1969-1986	G	Rød	420,8	B	Orange	166,2	12 127 572
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	G	Rød	528,5	B	Orange	208,8	28 206 735
Kontorbygg	1987-1996	F	Rød	158,1	B	Orange	62,4	7 030 263
Universitets- og høskolebygg	1987-1996	F	Rød	169,0	B	Orange	66,8	7 104 614
Hotellbygg	1987-1996	D	Rød	89,0	C	Orange	35,2	8 549 319
Skolebygg	1987-1996	F	Rød	222,0	B	Orange	87,7	6 398 650
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	G	Rød	269,5	B	Orange	106,5	14 383 004
Kontorbygg	1997-2006	E	Rød	93,1	B	Orange	36,8	4 141 857
Universitets- og høskolebygg	1997-2006	D	Rød	98,8	B	Orange	39,0	4 150 974
Hotellbygg	1997-2006	C	Rød	96,9	A	Orange	38,3	9 305 103
Skolebygg	1997-2006	E	Rød	131,4	B	Orange	51,9	3 787 021
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	F	Rød	162,3	B	Orange	64,1	8 660 779
Kontorbygg	2007-2010	C	Orange	42,5	B	Orange	15,2	1 890 615
Universitets- og høskolebygg	2007-2010	C	Orange	47,2	B	Orange	17,2	1 981 724
Hotellbygg	2007-2010	B	Orange	49,6	A	Gul	15,7	4 760 707
Skolebygg	2007-2010	D	Orange	64,2	B	Orange	21,9	1 849 032
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	D	Orange	80,0	B	Orange	28,7	4 269 710

8.3. De mest lønnsomme tiltakene

Dette kapittelet viser en oversikt over de fem mest lønnsomme kombinasjonene av bygge- og installasjonstekniske tiltakene hvor referansebygningens energimerke ble forbedret. Det vises til Vedlegg A – Beregningsresultat for en oversikt over alle beregnede tiltak

Det er vist maksimal investering for de ulike tiltakene med hensyn til lønnsomhet basert på nedbetalingstid på investeringene på henholdsvis 5, 10 og 15 år.

Byggetekniske tiltak

Kombinasjon 6 som ser på forbedring av bygningenes *lekkasjetall*, *U-verdi på ytterveggareal* og *U-verdi på vindus- og dørareal*, er identifisert som den mest fordelaktige kombinasjonen av byggetekniske tiltak, se Tabell 41.

Tabell 41. De fem mest lønnsomme energibesparende byggetekniske tiltakene som medfører endring av referansebygningens energimerke.

Bygningskategori	Tidsperiode	Energi-karakter referanse	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Ny energikarakter	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ved nedbetalingstid 5 år	Maksimal investering ved nedbetalingstid 10 år	Maksimal investering ved nedbetalingstid 15 år
Hotellbygg	1969-1986	G	63,0	F	Rød	24,9	2 423 964	4 416 285	6 053 829
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	G	74,9	F	Rød	29,6	1 600 879	2 916 685	3 998 181
Kontorbygg	1987-1996	F	54,4	E	Rød	21,5	969 358	1 766 099	2 420 962
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	F	42,4	E	Rød	16,8	906 733	1 652 001	2 264 558
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	F	44,0	E	Rød	17,4	740 911	1 349 887	1 850 420

Installasjonstekniske tiltak

Kombinasjon 3 som ser forbedring av ventilasjonsanlegget med hensyn til varmegjenvinner, SFP-faktor og installasjon av VAV-styring, samt installasjon av varmepumpe og automatisert belyningsstyring, er identifisert som den mest fordelaktige kombinasjonen av installasjonstekniske tiltak, se Tabell 42.

Tabell 42. De fem mest lønnsomme energibesparende installasjonstekniske tiltakene som medfører endring av referansebygningens energimerke.

Bygningskategori	Tidsperiode	Energi-karakter referanse	Oppvarmings-karakter referansebygg	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Ny energikarakter	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ved nedbetalingstid 5 år	Maksimal investering ved nedbetalingstid 10 år	Maksimal investering ved nedbetalingstid 15 år
Hotellbygg	1949-1968	G	Rød	345,9	B	Gul	136,6	13 303 089	24 237 258	33 224 348
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	G	Rød	608,7	E	Gul	240,4	13 006 679	23 697 221	32 484 068
Hotellbygg	1969-1986	G	Rød	253,5	B	Gul	100,1	9 750 534	17 764 763	24 351 875
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	G	Rød	448,9	D	Gul	177,3	9 591 839	17 475 632	23 955 535
Kontorbygg	1949-1968	G	Rød	340,8	E	Gul	134,6	6 069 266	11 057 759	15 157 938

Oppsummering

Resultatene viser at installasjonstekniske tiltak kan forsvare en vesentlig større investeringskostnad enn byggetekniske, samtidig som oppgraderinger av de tekniske anleggene har en betydelig større innvirkning på bygningenes energimerke.

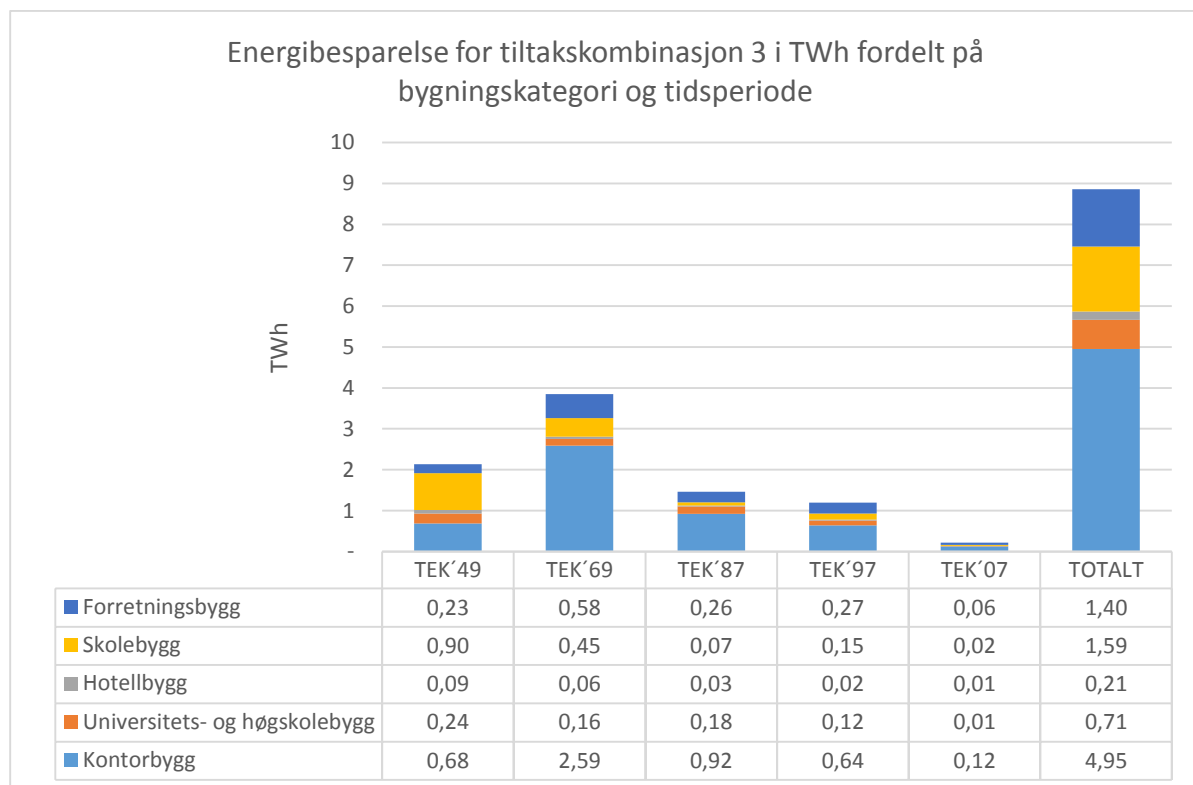
8.4. Energi- og CO₂ reduksjonspotensialet i eksisterende energimerkede yrkesbygninger

Resultat viser reduksjonspotensialet av energibruk og CO₂-utslipp dersom kombinasjon 3, 6 og 7 velges utført. Reduksjonspotensialet er basert på identifisert oppvarmet areal for de ulike bygningskategoriene og tidsperiodene, og energibesparelsene på referansebygningene benyttet i denne masteroppgaven ut fra NVE's arealstatistikk. Enkelte bygningskategorier og tidsperioder fører til større energireduksjon enn andre, og dette grunner seg på andel oppvarmet bruksareal og energibesparelsen for de ulike tiltakene.

Det er ikke differensiert om de kombinerte tiltakene fører til forbedring av referansebygningens energimerke.

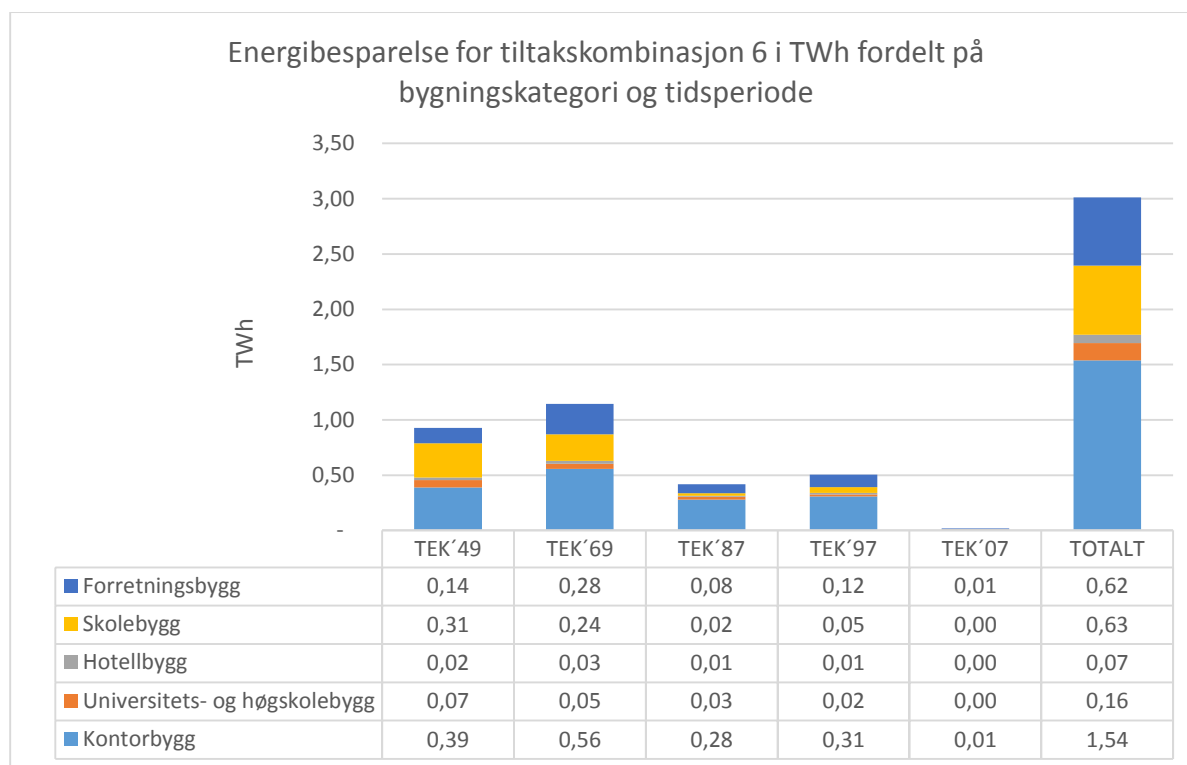
Energireduksjonspotensiale tiltakskombinasjon 3

Tabell 43. Beregnet total energireduksjonspotensiale for tiltakskombinasjon 3. Kombinasjonen inkluderer forbedring av ventilasjonssystemets SFP-faktor og varmegjenvinningsgrad samt installering av VAV-styring, automatisert belysning og varmpumpe.



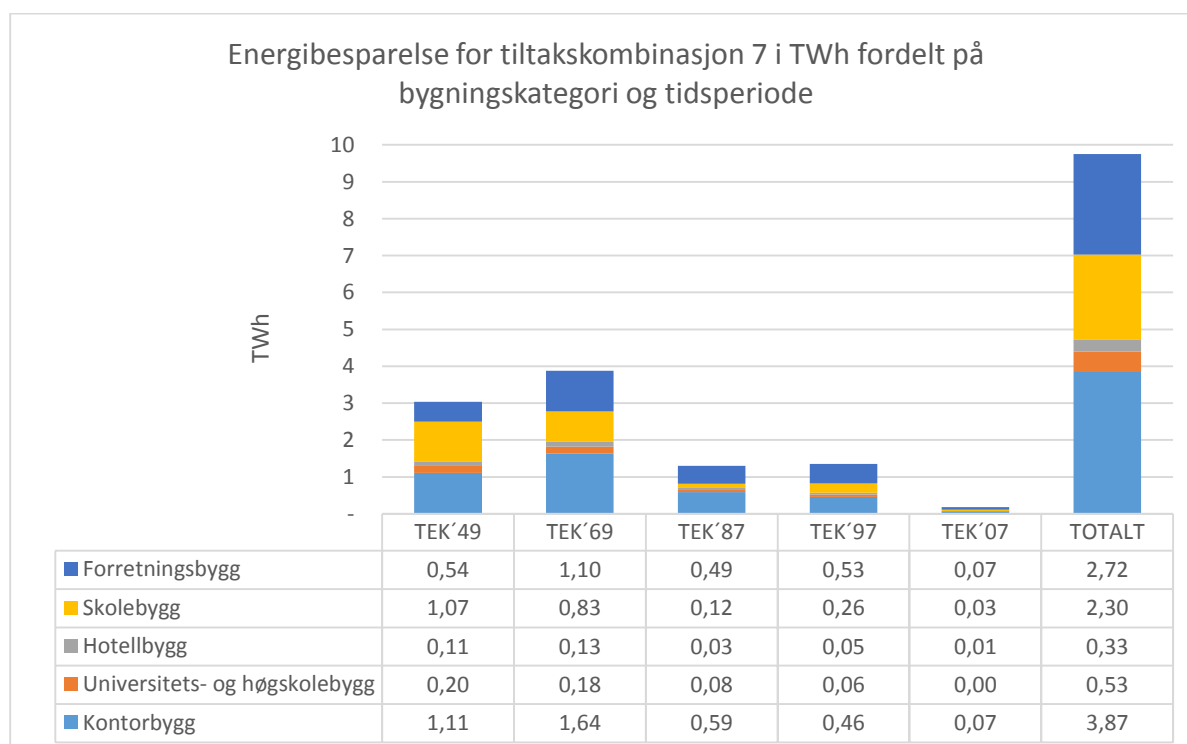
Energireduksjonspotensiale tiltakskombinasjon 6

Tabell 44. Beregnet totalt energireduksjonspotensiale for tiltakskombinasjon 6. Kombinasjonen inkluderer forbedring av U-verdiene på ytterveggene, takkonstruksjonen, vinduene og dørene, samt bygningenes lekkasjetall.



Energireduksjonspotensiale tiltakskombinasjon 7

Tabell 45. Beregnet total energireduksjonspotensiale for tiltakskombinasjon 7. Beregningene er basert på utførelse av samtlige tiltak beskrevet for kombinasjonene 3 og 6.



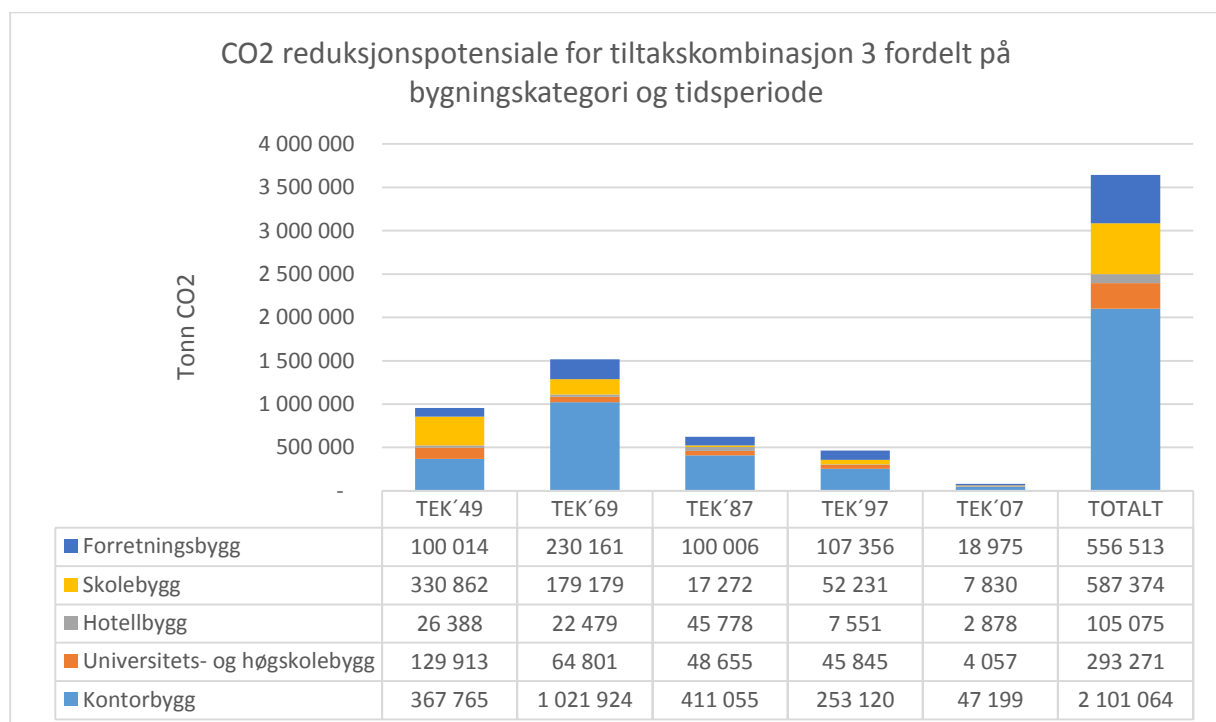
Oppsummering energireduksjonspotensialet

Beregningene viser, som nevnt i forrige kapittel, at installasjonstekniske tiltak fører til større energibesparelser enn forbedringer på bygningens klimaskjerm. Videre viser resultatene at kombinasjon 7, som inkluderer både bygge- og installasjonstekniske tiltak, ikke medfører en like stor energireduksjon som totalsummen fra addering av kombinasjon 3 og 6. Differansen mellom separate vurderinger av bygge- og installasjonstekniske tiltak utgjør i dette tilfelle ca. 2,2 TWh, det vil si ca. 22 %, selv når kombinasjon 7 inkluderer flere tiltak enn kombinasjon 3 og 6 til sammen. Avviket viser viktigheten av å vurdere den samvirkende effekten av bygningens energibehov ved oppgradering av flere bygge- og installasjonstekniske komponenter.

Resultatene viser videre at potensialet for tiltakskombinasjonene 3 og 7 er nært henholdsvis 9 og 10 TWh. Dette er større enn det totale energibruket på ca. 5,86 TWh for de ulike tidsperiodene og bygningskategoriene, beregnet ut fra statistikken i NVE's database over eksisterende energimerkede bygninger vist i kapittel 3.3. Kapittel 9. Usikkerhetsanalyse vil behandle avviksforholdet mellom referansebygningene og dataene fra NVE i mer detalj.

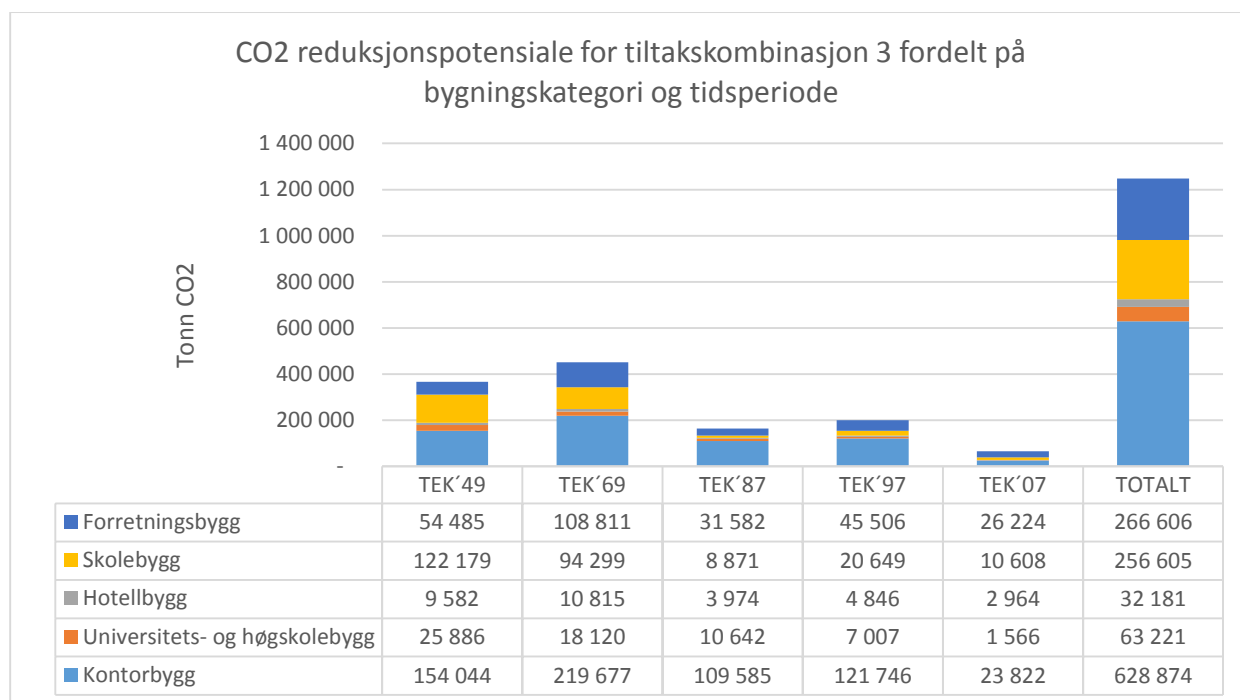
CO₂-reduksjonspotensiale tiltakskombinasjon 3

Tabell 46. Beregnet total CO₂-reduksjonspotensiale for tiltakskombinasjon 3. Kombinasjonen inkluderer forbedring av ventilasjonssystemets SFP-faktor og varmegjenvinningsgrad samt installering av VAV-styring, automatisert belysning og varmepumpe.



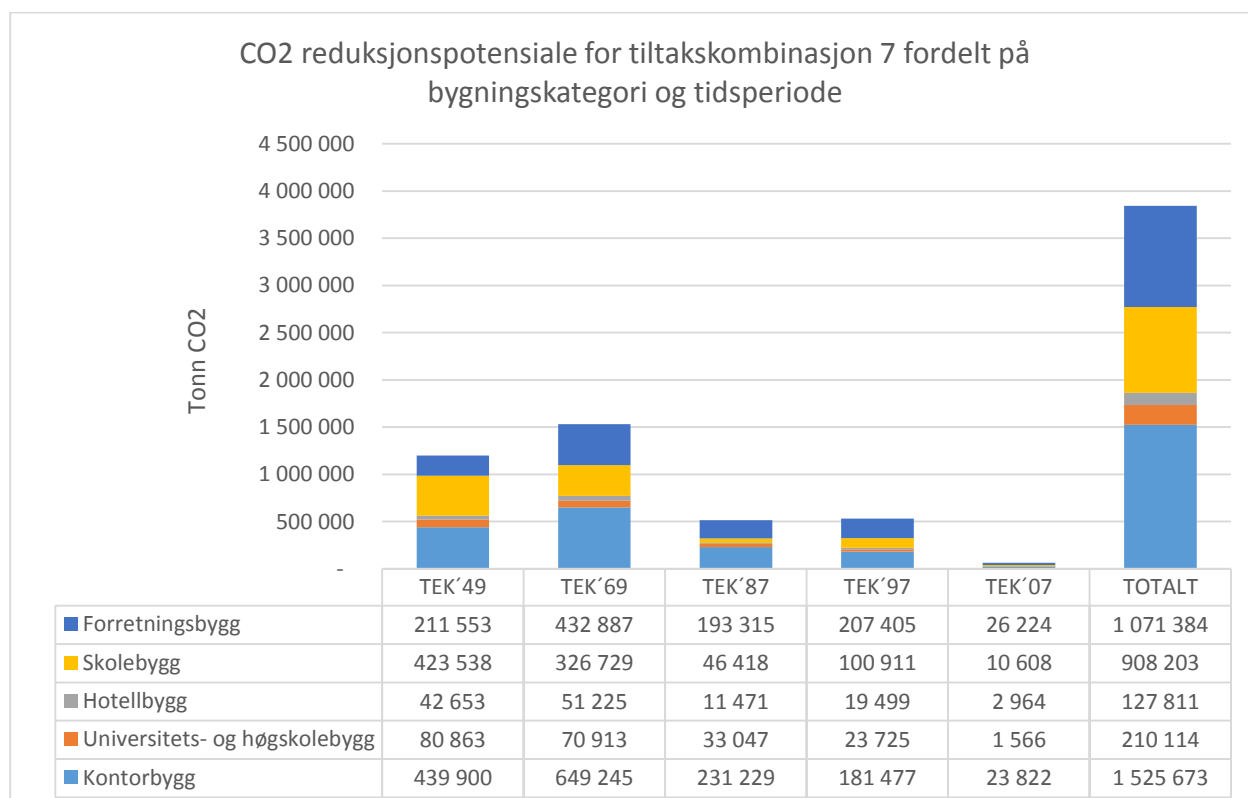
CO₂-reduksjonspotensiale i tiltakskombinasjon 6

Tabell 47. Beregnet total CO₂-reduksjonspotensiale for tiltakskombinasjon 6. Kombinasjonen inkluderer forbedring av U-verdiene på ytterveggene, takkonstruksjonen, vinduene og dørene, samt bygningenes lekkasjetall.



CO₂-reduksjonspotensiale i tiltakskombinasjon 7

Tabell 48. Beregnet total CO₂-reduksjonspotensiale for tiltakskombinasjon 7. Beregningene er basert på utførelse av samtlige tiltak beskrevet for kombinasjonene 3 og 6.



Oppsummering CO₂-reduksjonspotensiale

Beregningsresultatet gir et større reduksjonspotensiale enn det totale CO₂-utslippet, vist i kapittel 3.3. Det totale utslippet fra NVE's database for de ulike bygningskategoriene og tidsperiodene denne masteroppgaven har sett nærmere på er ca. 2 260 000 tonn, mens reduksjonspotensialet fra beregninger basert på referansebygningene i tiltakskombinasjon 7 er ca. 3 900 000 tonn. Resultatet viser med andre ord at reduksjonspotensialet er ca. 1 640 000 tonn større enn det totalt identifiserte utslippet.

Kapittel 9. Usikkerhetsanalyse vil behandle avviksforholdet mellom referansebygningene og dataene fra NVE i detalj. Dette på lik linje med funn nevnt i oppsummeringen av energireduksjonspotensialet.

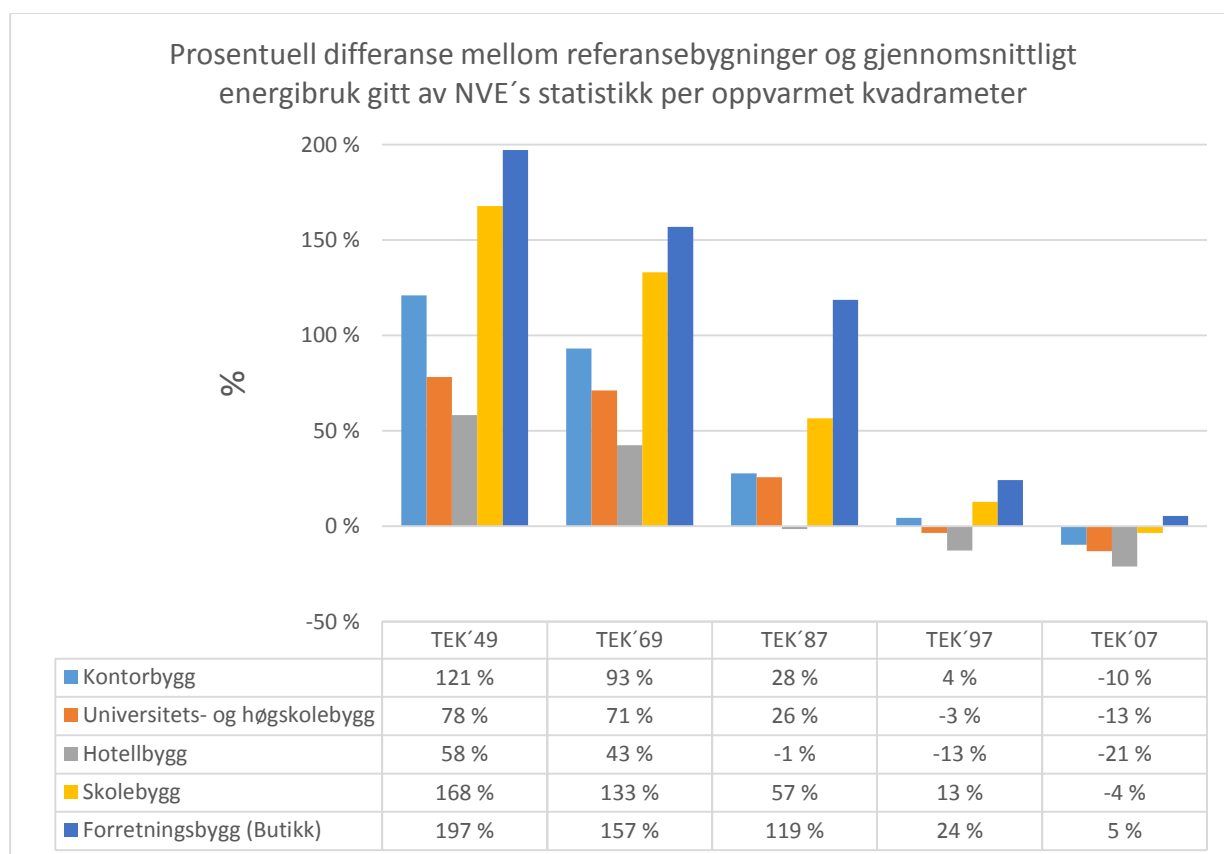
9. USIKKERHETSANALYSE

Kapittelet ser på ulike usikkerheter knyttet til innhentet statistisk data, beregningsresultatene og den valgte intervjuetodikken. Hensikten med kapittelet er å vise til eventuelle feilkilder og unøyaktigheter som bør tas hensyn til ved eventuelt bruk av resultatene som er presentert i kapittel 8.

9.1. Referansebygninger og NVE's database

Energimerkeberegningene av referansebygningens leverte energibruk viser relativt store variasjoner sammenlignet med den gjennomsnittlige beregnende energibruken fra NVE's data, se Tabell 49.

Tabell 49. Prosentuell differanse mellom referansebygningene vist i kapittel 6 og beregnet gjennomsnittlig energibruk for de ulike bygningskategoriene i NVE's database. Differansen er beregnet ut fra levert energibehov i kilowatt timer per oppvarmet kvadratmeter og år. Negativ differanse betyr av referansebygningen bruker mindre energi enn gjennomsnittet for bygningskategorien og tidsperioden fra NVE's data. Omvendt viser positive avvik at referansebygningene har et høyere energibruk.



De største differanseforholdene er for bygninger i tidsperiodene mellom 1949 til 1996. Nærmere bestemt bygninger beregnet etter inndata, vist i Vedlegg D - Forutsetninger for referansebygningene, for henholdsvis TEK'49, TEK'69 og TEK'87. I underfordelingen av bygningskategorier fremkommer også store variasjoner, hvor differansene for forretningsbygg, skolebygg og kontorbygg er dominerende.

Forskjellen i beregnet levert energibehov mellom referansebygningene og gjennomsnittlig levert energibehov fra NVE's data kan være grunnet flere ulike feilkilder. Tabell 50 viser identifiserte mulige feilkilder/årsaker som antas å være medvirkende faktorer til variasjonene.

Tabell 50. Mulige årsaker til differansen mellom referansebygningens leverte energibehov og gjennomsnittlig levert energibehov fra NVE's database over eksisterende energimerkede bygninger.

Mulig årsak	Forklaring
NVE's database	<p>Ved energimerkingen av bygningene kan energirådgiveren ha hatt manglende eller dårlig informasjon om bygningens bygge- og installasjonstekniske løsninger. Feil inndata for energimerkeberegningene etterfølges av feil i beregningene. Siden de største differansene gjenfinnes for de eldre bygningene antas sannsynligheten for dette å være stor.</p> <p>Videre antas det at enkelte energirådgivere har hatt manglende kompetanse i hvordan beregningsmodellene må settes opp.</p>
Referansebygningene	<p>Det er mulig at referansebygningene benyttet i masteroppgaven ikke representerer gjennomsnittsbygningen i NVE's database, både med hensyn til bygningskropp, samt bygge- og installasjonstekniske inndata.</p> <p>At de relativt store variasjonene skyldes bygningskroppen antas å ikke være en av de større mulige årsakene til differansen, grunnet at differansen i den prosentuelle fordelingen mellom de ulike tidsperiodene er stor.</p> <p>Risikoen for feil i benyttet inndata, vist i Vedlegg D - Forutsetninger for referansebygningene, vurderes å være en sannsynlig årsak til energibehovsvariasjonene. Inndataene er stort sett basert på informasjon om tidligere regelverk knyttet til de bygge- og installasjonstekniske løsningene. Dermed vil bygninger bygget med en mer isolert bygningskropp og bedre mer effektive installasjonsløsninger ha et redusert energibehov sammenlignet med det som er bygget etter laveste standard. Videre hadde eldre byggeregler mindre direkte krav knyttet til redusert energibruk.</p>
Kombinasjon av NVE's database og referansebygningene.	<p>En stor potensiell årsak til differansen mellom energibruken i bygningene fra NVE's database og beregningsresultatene, antas kunne være at eldre bygninger er blitt energimerket i forbindelse med rehabilitering. Dermed vil bygningskropp og tekniske installasjoner være oppgradert til varierende nivå, ut fra byggherrens ambisjoner og tidsperioden når den eventuelle rehabiliteringen ble gjennomført. Det reduserte energibehovet grunnet rehabilitering av eksisterende bygningsmasse er ikke tatt hensyn til i referansebygningene.</p> <p>Energiforsyningen i referansebygningene er lik for samtlige bygninger. Dette kan ha vært en medvirkende årsak til noe av forskjellen i energibruk. Referansebygningene har imidlertid anslagsvis gode virkningsgrader. Dermed anses ikke energiforsyningsvalget være en stor innvirkende faktor.</p>
Normerte verdier	<p>Ved beregning av bygningers energimerke benyttes det normerte verdier etter NS 3031:2014. Ettersom de normerte verdiene er benyttet både for dataene fra NVE og referansebygningene er disse ikke en årsak til energibehovsvariasjonene.</p>

	Se for øvrig Tabell 3 for normerte verdier som er benyttet i forbindelse med energimerkingen.
Forretningsbygninger	Forretningsbygninger (butikker) benytter i varierende grad kjøledisker og annet til oppvarming av romluft via varmepumpeløsninger. Slike løsninger vil medføre til redusert oppvarmingsbehov, og kan dermed være en medvirkende faktor til differansen i disse bygninger.
Soneinndeling	Simuleringsmodellene for referansebygningene er bygget opp som én sone for hele bygningen. Selv om oppvarmingsbehovet skyldes transmisjonstap gjennom bygningenes klimaskall, kan denne inndeling være en grunn til de avvikende verdiene for energibehov.
Simuleringsprogram	Beregninger i den matematiske modellen kan gi forskjellige utslag.

Som det fremkommer av Tabell 50 foreligger mange mulige årsaker til differansen mellom referansebygningene og gjennomsnittlig energibehov for de energimerkede bygningene, basert på det statistiske dataene fra NVE. Det er sannsynlig at alle de ulike faktorene medvirker i varierende grad. Hvilken av disse faktorer som har størst innvirkning har ikke blitt identifisert. I forbindelse med videre arbeid på dette tema anbefales det å gjennomføre en detaljert analyse med fokus på å identifisere og kartlegge de største innvirkende faktorene.

9.2. Beregning av energibesparende tiltak og forbedring av bygningenes energimerke

For referansebygningene ble det benyttet pre-definerte verdier for energiforsyning. Samtlige bygningskategorier i tidsperioden mellom 1949 og 1996 benytter kun elektrisitet, dermed får disse "rød" oppvarmingskarakter. Dersom bygningene hadde hatt en annen energiforsyningsfordeling ville den opprinnelige oppvarmingsfaktoren vært annerledes, og som følge ville de beregnede tiltakene ha gitt en annen oppvarmingskarakter. Ut fra beregningsresultatene fremkommer det at installasjon av varmepumpe har størst innvirkning på forandringen av bygningens oppvarmingskarakter. Dermed førte de valgte inndataene til at enkelte bygninger sannsynligvis har kommet dårligere ut enn mange reelle bygninger. Dette gjenspeiles også i de statistiske dataene fra NVE, hvor det tydelig fremkommer at ikke alle bygninger benytter utelukkende elektrisitet som energikilde i de ulike tidsperiodene. Eksempelvis skiller bygningskategorien skolebygg seg vesentlig ut fra de valgte inndataene.

Oppsummert har det vist seg at i forbindelse med energimerking er det viktig å vurdere verdiene som er lagt til grunn for de bygge- og installasjonstekniske, inklusive arealfordelingen av klimaskallets komponenter. Dette siden valgte inndata vil ha store innvirkninger på både energi- og oppvarmingskarakter. Følgelig ville bruk av andre inndata for referansebygningene ha ført til andre beregningsresultater.

9.3. CO₂-reduksjonspotensialet

Beregning av det totale CO₂-utslippet for de energimerkede bygningene er basert på data hentet fra NVE's database. Dataene fra NVE viser videre at det mest brukte beregningsverktøyet for energimerking av bygninger er identifisert som SIMIEN, som benytter CO₂-ekvivalenter basert på SINTEF's prosjektrapport 42, vist i Tabell 6. Det samme beregningsverktøyet ble benyttet i forbindelse med beregning av CO₂-utslippet for referansebygningene, og anses dermed ikke ha vært en påvirkende faktor for at det beregnede reduksjonspotensialet ble større enn utslippsnivået identifisert i NVE's database. Dermed må feilkilden være direkte knyttet til avvikene i energibehovet vist i kapittel 8.4.

Selv om ikke feilkilden for det beregnede reduksjonspotensialet av CO₂-utslippet skyldes andre faktorer enn avviket i energibehov, kan det beregnede verdiene likevel benyttes som veiledende.

Årsaken til dette er at verdiene i SINTEF's rapport, som er de samme verdier benyttet ved beregning av CO₂-utslippene i SIMIEN, ikke nødvendigvis er reelle. Dette ved at det ikke tar hensyn til alle produksjonsledd for den gitte energibæreren.

9.4. Lønnsomhetsberegninger

De beregnede maksinvesteringene for ulike nedbetalingstider ble funnet med faste inndata på energipris, levetider og realrente. Beregningene må derfor ikke ses som absolutte, men som veiledende. Grunnen til hvorfor beregningene kun må benyttes som veiledende er beskrevet nedenfor.

Prisutvikling

Prisutviklingen av kjøpt energi i Norge er direkte relevant i forbindelse med lønnsomhetsberegningene fra i kapittel 8.

For de presenterte lønnsomhetsberegningene ble det benyttet en energipris på 0,80 kr/kWh. SSB's statistikk viser at fjernvarme i år 2014/2015 lå på omtrent 60 kr/kWh, og at trenden viser at prisen ikke vil gå over 0,80 kr/kWh før om 5 til 10 år. Figur 19 og Figur 20 viser at strømprisen de siste årene i gjennomsnitt har vært 0,30-0,40 kr/kWh eksklusive kostnader for nettleie-, effekt- og andre avgifter.

Basert på den statistiske dataen anses dermed valgt energipris som realistisk ved investeringsbeslutninger knyttet til gjennomføring av energibesparende tiltak de neste årene.

En plutselig øking av prisen på kjøpt energi vil føre til økt lønnsomhet ved gjennomføring av energibesparende tiltak. På samme måte vil en reduksjon føre til at gjennomføring av energibesparende tiltak blir mindre lønnsomme.

Rentenivå

I forbindelse med lønnsomhetsberegninger har valg av rentenivå en direkte innvirkning på nedbetalingstiden for de ulike investeringene. Valg av et lavere rentenivå fører til redusert nedbetalingstid, og dermed økt lønnsomhet for de enkelte tiltakene.

Grunnet ovenstående bør beregning av renten derfor alltid gjøres i henhold til det enkelte foretaks investeringsstrategi gjeldende gjennomføring av energibesparende tiltak. Vurderinger knyttet til foretakets egenkapital, avkastning på andre investeringer, finansieringsmodell og lånerente ved bruk av eksternt kapital bør derfor alltid gjøres, før et tiltak gjennomføres.

Et alternativ til å finansiere energibesparende tiltak er kontrahering av en ekstern EPC-entreprenør. Foretaket har da tilnærmet null økonomisk risiko knyttet til gjennomføring, drift og vedlikehold av tiltakene under kontraktens løpetid. Baksiden med bruk av EPC-entreprenører er at gevinsten av energibesparelsen deles mellom entreprenør og foretak. Dersom foretaket har interne avkastningskrav (eksempelvis fastsatt internrente) ved iverksettelse av økonomiske investeringer bør denne benyttes ved lønnsomhetsvurderinger.

Levetid på tiltaket

Levetidene som ble benyttet er hentet fra veiledende verdier identifisert i litteraturstudiet. Det er mange faktorer som påvirker bygningskonstruksjoners og tekniske installasjoners levetid. Eksempelvis vil dårlig håndverksmessig arbeid, og manglende, eller uregelmessig vedlikehold kunne redusere levetiden vesentlig. Ulike komponenter vil også ha variert levetid uavhengig av vedlikeholdet. Valg av levetid for de enkelte komponentene som vurderes benyttet i forbindelse med gjennomføring av energibesparende tiltak, bør dermed alltid ses i sammenheng med leverandørens informasjon, det utførende foretakets kompetanse, garantitid, og foretakets egne erfaringer.

Endrede drifts- og vedlikeholdsrutiner

Når lønnsomheten for gjennomføring av et eller flere tiltak beregnes, bør eventuelle forandringer av drifts- og vedlikeholdsrutiner vurderes. Eksempelvis vil oppgradering av tekniske anlegg medføre nye rutiner for drift og vedlikehold. Kostnader knyttet til opplæring av personell, samt eventuell ekstra tid og investeringer knyttet til mer hyppig vedlikehold, bør derfor være en del av det totale regnskapet.

9.5. Intervjumetodikk

Bruk av *semistrukturerte* intervjuer viste seg ha både fordeler og ulemper. Fordelen var at forfatteren fikk stilt løpende spørsmål basert på respondentens svar, og dermed fikk dypere forståelse for de enkelte temaene. Ulempen viste seg å være at metodikken førte til digresjoner fra de faktiske spørsmålene som dermed resulterte i at enkelte temaer ikke ble behandlet i ønsket utstrekning.

Den økte forståelsen, som et resultat av de *semistrukturerte* intervjuene, vurderes å ha gitt et bedre grunnlag for masteroppgavens senere diskusjons- og konklusjonsdel, mens et mer strukturert intervju med mer direkte spørsmål kunne ført til mer konkrete svar.

Valgt intervjumetodikk vurderes å være egnet for denne type oppgave, men den kunne med fordel vært kombinert med utsendelse av et mer konkret spørsmålsskjema for å trekke ut fordelene fra intervjumetodikkene.

De definerte spørsmålene, vist i Vedlegg B – Intervjuskjemaer var sannsynligvis en av årsakene til digresjonene i intervjuene. En annen formulering av spørsmålene kunne muligens ha ført til andre svar, og kunne dermed ha ført til andre resultat. Overordnet antas spørsmålene å ha fylt funksjonen og hensikten om å gi forfatteren dypere innsikt om bakenforliggende muligheter, insitamenter og barrierer knyttet til arbeidsprosessen ved vurdering og iverksetting av energibesparende tiltak.

10. DISKUSJON

I dette kapittel vil forfatteren drøfte egne tanker rundt masteroppgavens resultater og funn. Diskusjonskapittelet sammen med resultatene og usikkerhetsanalysen vil danne grunnlaget for forfatterens konklusjoner.

Temaene som vil diskuteres er:

- ❖ Insitament & barrierer for gjennomføring av energibesparende tiltak
- ❖ Beregningsresultater

Usikkerheter rundt beregningsresultatene er presentert i kapitelet *Usikkerhetsanalyse* og blir dermed ikke nærmere diskutert her.

Relevansen for forbedringen av bygningenes energimerke er tatt opp som egne underkapitler til punktene ovenfor.

Samtlige påstander i diskusjonskapitelet er drøftet på et generelt basis, og peker ikke mot enkelte aktører innenfor bygge- og eiendomsbransjen.

10.1. Insitament, hjelpemiddel & barrierer for gjennomføring av energibesparende tiltak

Hjelpemiddel

Funn fra litteraturstudiet viser at det gjennom en lang tid har vært fokus på identifisering og iverksetting av energibesparende tiltak. Videre er det utarbeidet en rekke ulike verktøy og hjelpemiddel som eksempelvis *passiv energidesign*, *energioppfølgingssystem*, *energisparkontrakt*, *energiledelsessystem* og boken "*ENØK i bygninger*". Verktøyene og hjelpemidlene presentert i masteroppgaven er ikke på noen måte de eneste som er utviklet, men viser at det eksisterer en stor kunnskapsbase innenfor energi- og klimareduksjoner i bygninger.

Gjennom de utførte intervjuene har det vist seg at foretakene har utarbeidet egne verktøy både for å kartlegge og gjennomføre energibesparende tiltak. Samtidig benytter ingen av foretakene ISO-sertifiseringen for energiledelse. Bruk av ISO-sertifisering burde være et særdeles godt verktøy for å systematisere arbeidet. Dette blant annet på grunn av at bruken av et organisatorisk system sannsynligvis vil forankre viktigheten av bevissthet rundt energisparing helt fra den hierarkiske toppen i foretaket og ned til den enkelte medarbeideren. Fra litteraturstudiet og fra de gjennomførte intervjuene fremkommer det at fokus på energieffektivisering gjennom forankringen i toppledelsen er et viktig element for å iverksette et systematisk arbeid med langsiktige mål. For å øke transparens i bygge- og eiendomsmarkedets langsiktige arbeid med energieffektivisering og tilhørende reduksjon av klimagassutslipp, burde et standardisert energiledelsessystem implementeres i alle store og mellomstore foretak i bransjen. Det ligger imidlertid mange utfordringer i en slik implementering blant annet siden de relevante foretakene i Norges private og offentlige sektor ikke nødvendigvis deler samme

forretningsidéer, og dermed ikke har gode nok insitamenter for å iverksette en slik forandring.

Videre viser resultat fra intervjuene at foretakene aktivt benytter energioppfølgningssystemer for kontinuerlig å effektivisere driften, samt utføre nødvendig vedlikehold av sin eiendomsmasse. Et slikt arbeid er bra, men viser også at enkelte energieffektiviseringer kan være ad-hoc-løsninger, fremfor resultat av et bevisst, langsiktig mål som eksempelvis en overordnet plan om å oppgradere all bygningsmasse til en gitt minimumsgrense, for spesifikt energiforbruk per kvadratmeter. Samtidig kan det argumenteres for at slike ad-hoc-løsninger er en del av en slik overordnet plan.

At det eksisterer en stor kunnskapsdatabase i Norge råder det lite tvil om. Selv om bedriftene ikke direkte implementerer enkelte hjelpemiddel og verktøy antas det at disse bidrar til forbedring og økt bevissthet rundt reduksjon av energibruk og klimagassutslipp. De utførte intervjuene viser også at foretakene aktivt arbeider med å redusere sin egen påvirkning på klimaet ved blant annet å redusere bygningens energiforbruk.

Insitamenter

Det insitamenter som i størst grad bidrar til realisering av energibesparende tiltak er av økonomisk art. Foretak og organisasjoner innenfor både offentlig og privat sektor ser positive økonomiske effekter, enten det er via faktiske energibesparelser eller gjennom økt miljøprofilering av bygningene.

Basert på informasjonen som kom frem i de utførte intervjuene gjennomføres energibesparende tiltak for å 1) oppgradere eksisterende bygningsmasse, 2) for å redusere driftsutgifter og 3) grunnet et fokus på organisasjonens miljøpåvirkning. Det fremkommer likevel at de to førstnevnte punktene er større insitamenter enn sistnevnte.

Private foretak har hovedsakelig de samme insentivene som offentlige organisasjoner. Det som skiller den private sektoren fra den offentlige antas dog, ut fra intervjuene, være at oppgradering av eksisterende bygningsmasse, samt reduksjon av miljøpåvirkningen i større grad grunnes i økonomiske vurderinger. Oppgradering av eksisterende bygningsmasse øker verdien enten gjennom økt salgverdi eller ved økte leieinntekter. Redusert miljøpåvirkning gir de private foretakene et konkurransefortrinn ovenfor andre siden enkelte leietakere selv ønsker å profilere sitt foretak som miljøriktig. Påstandene støttes også gjennom svarene i intervjuet med *GK inn klima*, som utfører energibesparende tiltak både for offentlig og privat sektor.

Det er fullt forståelig at foretakene prioriterer økonomi og generell oppgradering av bygningsmassen før reduksjon av eiendomsmassens miljøpåvirkning. Dette er grunnet i at offentlig sektor har et internt budsjett å forholde seg til. Privat sektor har i tillegg til et internt budsjett, sine eiere med følgende avkastningskrav å ta hensyn til.

Siden økonomi er et sterkt insitamenter for å realisere energibesparende tiltak vurderes bistand fra offentlige støtteordninger, eksempelvis via Enova, som en god strategi for å få igjennom det "grønne skiftet" i bygge- og eiendomsbransjen.

At Enova nå har støtteprogram for både kartlegging og iverksetting av energibesparende tiltak, vil dermed med stor sannsynlighet bidra til å redusere bransjens miljøpåvirkning. Per dags dato må foretak og organisasjoner søke om støtten fra Enova før energibesparende tiltak iverksettes. For å fremme det økonomiske insitamentet burde det vurderes å innføre støtte til allerede igangsatte tiltak som medfører energireduksjoner utover minstekravene i eksempelvis Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK10). En slikt endring vil blant annet kunne lede til at flere tiltak igangsettes. Grunnen for denne påstanden er at det i intervjustudien ble avdekket at selv om mange tiltak identifiseres så iverksettes ikke alle grunnet manglende økonomiske insentiver. Dersom det foreligger insentiver for å utføre energibesparende tiltak i ettertid av at byggeprosessen er startet, er sannsynligheten større for at tiltakene realiseres. Eksempelvis vil kostnader knyttet til å forbedre ventilasjonsaggregatets SFP-faktor og/eller varmegjenvinningsgrad, føre til en økt initiell investeringskostnad. Over bygningenes levetid vil imidlertid en slik investering være meget lønnsom.

Barrierer

Litteraturstudiet peker til mange ulike barrierer for gjennomføring av energibesparende tiltak i eksisterende bygningsmasse. Disse gjentas i redusert omfang, her supplert av forfatterens egne tanker basert på hovedfunnene fra det utførte intervjustudiet.

Økonomi & marked

Påstanden er at de lave energiprisene i Norge medfører at gjennomføring av energibesparende tiltak ofte er lite lønnsomme, ut fra et investeringsstandpunkt. I tillegg utgjør energikostnadene en begrenset andel av de totale bygge-, drifts- og vedlikeholdskostnadene for den enkelte bygningen. Kartlegging av potensielle tiltak for energieffektivisering og –reduksjon prioriteres dermed ikke. Siden energikostnadene utgjør en begrenset andel av kostnadene bruker eiendomseiere heller sitt kapital på andre og mer lønnsomme investeringer.

De lave energiprisene er dermed en barriere, siden høyere priser vil medføre større besparelser, og dermed mer lønnsomhet i forbindelse med gjennomføring av tiltakene. Påstanden anses dermed bekreftet, siden økonomi er identifisert som en av de største insitamentene for gjennomføring av tiltak som fører til energireduksjoner.

En egnet metode for å bryte ned barrieren kan være å benytte seg av en energisparekontrakt. Etersom et slikt kontrakt ikke medfører at eiendomseieren må bruke eget kapital, kan tiltakene gjennomføres samtidig som egen kapital kan prioriteres til andre investeringer. Tiltaket vurderes å føre til en vinn-vinn situasjon, hvor EPC-entreprenøren øker sin ordreinngang. Eiendomseieren får, på sin side, gjennomført oppgradering av bygningsmassen og unngår samtidig bruk av egen kapital.

Teknologi

Mange nye teknologier, som eksempelvis hybride ventilasjonsløsninger, oppvarming via ventilasjonsluft, og energiforsyningssystemer som fordeler varme

i ulike bygninger etter behov, er ikke utprøvd i stor utstrekning. Foretak og organisasjoner ser dermed en risiko i å benytte teknologiene, siden faktiske energibesparelser, samt eventuelle negative innvirkninger på bygningens inneklima, ikke er dokumentert godt nok. Det pekes videre på at en barriere for å prøve ut nye teknologier som er anpasset eksisterende bygninger er manglende økonomi til forsknings- og utviklingsarbeid (FoU).

I intervjustudien ble teknologi som en barriere ikke diskutert i stor utstrekning. At nye teknologier ikke er utprøvd i tilstrekkelig grad anses til tross for dette som en barriere for å benytte teknologiene. Dette begrunnes i antakelsen om at foretakene ønsker å unngå risikoen for å investere i løsninger som ikke fører til de kalkulerede besparelsene som førte til realiseringen av det enkelte tiltaket.

Informasjon & kompetanse

Kostnader knyttet til energiforbruk oppleves som lite synlige i det totale regnskapet for en bygning. At regnskapet ikke fremkommer tydelig for eiendomseiere fører til at kostnadene blir enda mindre synlig for leietakere, hvor energikostnadene enten er skjult i leiekostnader eller vurderes å være utenfor den enkelte bedriftens påvirkningsområde.

Kompetansemangel i hele verdikjeden, fra arkitekter, rådgivere og utførende entreprenører til driftspersonell og eiendomseiere pekes på en som barriere. Det påstås at kompetansemangelens viktigste årsak er bygge- og eiendomsnæringens struktur, mangel på systematisk etter- og videreutdanning, mangel på krav til aktører i næringen, samt at nye byggeregler kommer raskere enn næringen klarer å planlegge å sette opp langsiktige mål for.

Videre påstås det at det finnes lite kunnskap om faktisk energibruk i norske bygg grunnet lite omfang av dokumenterte målinger. Grunnet det lave antallet publiserte målinger finnes det lite kunnskap om energibruk til de ulike energipostene i et bygg, noe som fører til feil valg av tiltak og langsiktige strategier knyttet til redusert energiforbruk.

Det tidligere nevnte lave kostnadsnivået på energi har også ført til en brukerkultur hvor energibesparing ikke prioriteres.

I de utførte intervjurundene er det blitt bekreftet at tilgjengelighet på informasjon om energikostnadene kan ses på som en barriere, siden kostnadene vanligvis ikke er skilt ut fra felleskostnadene. Enkelte foretak har imidlertid begynt å benytte kontrakter hvor energikostnadene skilles ut for den enkelte leietakeren, slik at bevissthet om eget energibruk økes. Videre har det blitt nevnt at det eksisterer et behov for kompetanseheving innenfor generell energibesparing, både blant driftsteknikere og leietakere. For å komme forbi denne barrieren nevnte respondentene at foretakene satser aktivt på å øke kompetansen, samt bevisstheten, rundt energibesparing. Dette anses å være et godt egnet tiltak for å redusere bygningens energiforbruk, men ettersom en stor del av kompetanseheving går på effektivisering av drift samt forandre atferden til leietakere gir det liten innvirkning på bygningens energimerke.

Organisasjon

En av påstandene er at mangel på definerte mål medfører at tiltak gjøres ad-hoc, noe som fører til usystematisk og utilstrekkelig planlegging, hvilket som i sin tur reduserer sannsynligheten for at bygningers reelle energipotensiale kan oppnås. Videre er det mange involverte beslutningstakere i forbindelse med iverksettelse av de enkelte tiltakene. Å ha mange beslutningstakere kan ses på som en barriere, fordi det er vanskelig å formidle helhetsbildet, både i den enkelte bygningen og i bygge- og eiendomsbransjen totalt.

En videre påstand er at det sjelden stilles krav til tiltakshaveren om energibruken i en bygning. Siden tiltakshaveren ofte ikke betaler driftsutgiftene, vil lave investeringskostnader prioriteres, noe som fører til at energieffektive løsninger velges bort da disse ofte har høyere investeringskostnader. Som nevnt tidligere synliggjøres heller ikke de driftsmessige utgiftene knyttet til energiforbruk ovenfor leietakeren. I hvilken utstrekning det stilles krav eller ikke til tiltakshaveren er ikke identifisert i intervjustudien. For private eiendomseiere har det dog fremkommet at økonomiske insitamenter er viktige ved valg av løsninger som er mer kostbare enn de som tilfredsstiller minstekravene i Teknisk forskrift eller installasjoner tilsvarende dem som eksisterer i den enkelte bygningen. Oppgradering til mer kostbare løsninger må dermed ofte finansieres ved enten økte leiekostnader eller del-finansiering mellom eiendomseiere og leietakere. Dette uavhengig av om det gjelder en generell oppgradering av bygningsmassen grunnet bygningskomponentenes alder, eller for å redusere energiforbruket.

At tiltak gjøres ad-hoc ble bekreftet i intervjuene. Ad-hoc-tiltakene anses likevel ikke være grunnet en usystematisk arbeidsmetode eller utilstrekkelig planlegging, men som en del av systematikken for å utføre de energibesparende tiltakene. Å utføre helhetlige oppgraderinger av bygningsmassen vil dog sannsynligvis føre til mer helhetlig tenkning med hensyn til realisering av bygningens faktiske potensiale. Det er til tross for dette antageligvis vanskelig å initiere slike omfattende arbeider grunnet investeringsvilje og lønnsomheten i tiltaket.

At det sjelden stilles krav til eiendomseiere er selvsagt en barriere for gjennomføring av samtlige energibesparende tiltak. For å få gjennomslag for energibesparende løsninger utover minstekravene, i eksempelvis Teknisk forskrift, må disse derfor finansieres både av tiltakshaver og leietakere. En mulig løsning for å realisere mer energibesparende tiltak kan være at mindre leietakere og/eller tiltakshavere får gode økonomiske insitamenter fra eksempelvis Enova. Per dags dato tilbyr Enova eksempelvis kartleggingsstøtte for tiltakshavere med eiendomsmasse over 50 000 kvadratmeter oppvarmet bruksareal. Dersom minstekravet til eiendomsmasse ble redusert, samtidig som støtten ble utvidet, er sjansen for initiering av flere energibesparende tiltak sannsynligvis større.

Relevans for energimerking av bygninger

Både litteratur- og intervjustudien viser til lite fokus på forbedring av bygningers energimerke. Det eneste konkrete identifiserte fordelen med energiattesten har vist seg å være økt bevissthet blant leietakere og eiendomseiere. Videre ble det i

intervjuene nevnt at en høy energiklasse kan sammenlignes med et kvalitetsstempel på bygningen, men at energiklasse A ikke er noe som etterstrebtes dersom kostnadene blir for høye. Det som derimot fremkommer som viktige parametere ved gjennomføring av energibesparende tiltak er:

- ❖ Lønnsomhet
 - Økt salgsv verdi og/eller økt leieinntekt
- ❖ Reelle energibesparelser
- ❖ Oppgradering av bygningsmassen
- ❖ Forbedret innneklima

De mest lønnsomme reelle energibesparelsene ligger i effektivisering av bygningens drift, samt oppgradering av tekniske installasjoner, hvor førstnevnte er identifisert som det mest benyttede tiltaket. Ettersom energimerkeforskriften benytter normerte verdier for drift av bygninger er disse tiltakene lite relevante for bygningens energimerke. Oppgradering av de tekniske anleggene vil imidlertid føre til forbedring av bygningens energi- og oppvarmingskarakter. Ut fra funnene vurderes det likevel at en forbedring av en bygnings energimerke sannsynligvis ikke er det mest relevante kriteriet for å oppnå reell energireduksjon, med tilhørende reduksjon av klimagassutslipp.

Selv om energimerkingen av eksisterende bygninger ikke er identifisert som et viktig fokusområde, fremkommer det i intervjuene at det er blir mer og mer vanlig å stille krav til energimerket i forbindelse med nye bygninger. Dette anses som positivt, og er et egnet tiltak i riktig retning for å bygge fremtidens bygninger.

10.2. Beregningsresultatene

I dette underkapittelet gjennomgås beregningsresultatene med hensyn til presentasjon, valg av bygningskategorier og tidsperioder, valg av inndata, valg av tiltak, samt vurdering av beregningsresultatene.

Presentasjon av beregningsresultater

Innledningsvis ble det valgt å presentere simuleringresultatene fra referansebygningene. Dette for å vise hvilke resultater som ble oppnådd for enkelte tiltak eller tiltakskombinasjon ble utført. Hensikten var å gi leseren en oversikt over den opprinnelige energibruken for den enkelte bygningen med de pre-definerte bygge-, geometriske- og installasjonstekniske verdiene. En slik fremvisning ble vurdert som hensiktsmessig og støttende for å vise effekten fra de ulike tiltakene. Med bakgrunn i disse resultatene, kan det likevel stilles spørsmål til nytten i å benytte ulike bygningskategorier. Dette siden tabell 26 tydelig viser relativt lik fordeling av energiforbruket for de ulike tidsperiodene. Ved en nærmere gjennomgang av beregningsresultatene fra de ulike tiltakene fremkommer en tydelig variasjon i redusert energiforbruk i kilowatt per kvadratmeter og år. Det vurderes dermed som hensiktsmessig å differensiere mellom ulike bygningskategorier og tidsperioder.

Effekten av de ulike enkelte tiltakene og tiltakskombinasjonene ble i tabellene presentert ut fra bygningens tidsperiode i nedstigende rekkefølge. Resultatene kunne her ha blitt presentert ut fra noen av følgende kriterier:

- ❖ Størst energireduksjon
- ❖ Størst reduksjon av CO₂-utslipp
- ❖ Maksimal investering
- ❖ Størst differanse mellom referansebygg før og etter tiltak med hensyn til forbedring av bygningens energi- og/eller oppvarmingskarakter
- ❖ Tidsperiode
- ❖ Bygningskategori

Ettersom et av målene med rapporten var å danne et veiledende rammeverk for gjennomføring av energireducerende tiltak anses valgt presentasjon som hensiktsmessig. En sortering etter noen av de andre spesifiserte kriteriene kunne også vært godt egnet, det ble dog antatt at uansett valg av presentasjon vil man foretrekke ulik fremstilling.

Presentasjonen av de mest lønnsomme tiltakene med differensiering på bygge- og installasjonstekniske tiltak, ble utført for å vise den faktiske forskjellen med hensyn til energi- og CO₂-reduksjon, og samtidig vise hvor stor investering som er mulig ved ulike nedbetalingstid. For å gi et større spenn, og samtidig åpne for flere lønnsomhetsvurderingen, kunne man vurdert å beregne lønnsomhet ut fra flere ulike rentenivåer, energikostnader og levetider. Siden masteroppgavens hensikt var å presentere et generelt grunnlag ovenfor ulike aktører, anses imidlertid valget av parameterne for nedbetalingstid, rente og energipris som riktige. Ved bruk av resultatene bør det alltid gjøres vurdering opp mot det egne foretakets avkastningskrav til investeringer, samt aktuelle energipriser for bygningen.

Et alternativ til å presentere maksimal investering ut fra lønnsomhet kunne vært å utføre beregninger av faktiske kostnader knyttet til gjennomføringen av de ulike tiltakene. Det vil si, kostnader for administrasjon, prosjektering, utførelse, m.m. En slik fremgangsmåte var opprinnelig planlagt, men ble valgt bort siden kostnader for å gjennomføre tiltakene ble antatt å variere ut fra den spesifikke bygningen, antall interesserte tilbydere, tiltakshavers kompetanse og tiltakshavers arbeidsmetodikk for kartlegging, og gjennomføring av energibesparende tiltak.

En annen fremstillingsmåte hvor samtlige effekter av tiltakene ble sammenlignet ut fra tidsperiode og/eller bygningskategori ville gitt en bedre rangering av bygningens reduserte energiforbruk og CO₂-utslipp. Som nevnt tidligere har dog den interesserte leseren mulighet å selv sammenstille resultatene etter eget ønske.

Visning av energi- og CO₂-reduksjonspotensialet for de ulike tiltakskombinasjonene, basert på NVE's arealstatistikk, ble vurdert som godt egnet for å fremheve betydningen av gjennomføring av energibesparende tiltak totalt sett. Det ble valgt å differensiere på henholdsvis byggetekniske og installasjonstekniske tiltak, samt å presentere effekten av kombinasjonen av disse. Resultatene viser at gjennomføring av installasjonstekniske tiltak

medfører den desidert største reduksjonen av energiforbruk- og CO₂-utslipp via en visuell fremstilling. Her kunne flere tiltakskombinasjoner blitt presentert. Hensikten var imidlertid å vise, foruten reduksjonspotensialet, differansen mellom tiltak på bygningskroppen og de tekniske anleggene. Som det fremkommer av usikkerhetsanalysen er resultatene preget av usikkerheter, og representerer sannsynligvis ikke det reelle reduksjonspotensialet. Likevel gir resultatene en god indikasjon på hvilke tiltak som bør prioriteres i forbindelse med forbedring av en bygningens energimerke, reduksjon av energiforbruket, samt reduksjon av bygningens CO₂-utslipp.

Det kunne også vært presentert synergieffekten av tiltakskombinasjonene sammenlignet med den samlede effekten av enkelt tiltakene. Dette for å vise betydningen av å gjennomføre samlede tiltak istedenfor enkelte ad-hoc-løsninger. Det anbefales å utføre vurderinger av synergieffektene ved å gjennomføre samlede tiltak i forbindelse med beregninger av enkelte bygningers energi- og CO₂-reduksjonspotensiale, samt lønnsomhet.

Valg av bygningskategorier & tidsperioder

Siden det tydelig fremkommer at ulike tiltak på de enkelte bygningskategoriene gir varierende energireduksjoner og variasjoner av forbedringer knyttet til energimerke, kunne man vurdert å se på flere bygningskategorier. Masteroppgavens begrensninger ble i utgangspunktet satt grunnet arbeidsomfanget knyttet til beregningene, samt en antakelse om at resultatene kunne benyttes som veiledende for andre bygningskategorier. Når nå beregningsresultatene foreligger vises det tydelig at det ville vært hensiktsmessig å utføre beregninger også for de resterende bygningskategorier for å se effekten av de ulike tiltakene på disse.

Å differensiere på tidsperioden for bygningene anses å ha ført til en oversiktlig identifisering av innvirkningen på bygningenes energimerke og tilhørende energireduksjon, som de ulike tiltakene medfører ut fra basert på de pre-definerte inndataene. Simuleringer av enda eldre bygninger ble vurdert som lite relevant siden antakelsen var at de fleste bygninger oppført før 1949 antakeligvis har gjennomgått diverse oppgraderinger grunnet nødvendig vedlikehold, og utskifting av bygningsdeler og tekniske anlegg, og dermed ikke er like relevante.

Fra analyseringen av SSB's statistikk over antall bygninger i Norge fremkommer følgende fordelingen fra størst til minst antall:

1. Forretningsbygg
2. Kontorbygg
3. Skolebygg
4. Hotellbygg
5. Universitets- og høyskolebygg

Det anses derfor som hensiktsmessig å kartlegge og gjennomføre energibesparende tiltak på de førstnevnte bygningskategoriene først. Påstanden begrunnes med at kategorien med størst antall bygninger også har størst potensial for reduksjon av det totale energiforbruket med tilhørende utslipp av klimagasser i Norge.

Valg av inndata

Kildene til de benyttede inndataene ble valgt siden de ble vurdert som generaliserende for de ulike tidsperiodene. En slik generalisering vurderes som hensiktsmessig siden det ble antatt å være et godt grunnlag for å simulere effekten av ulike energibesparende tiltak. Som alternativ til valgte inndata kunne det blitt utført en spørreundersøkelse blant eiendomseiere med hensikt å samle inn og sammenstille en oversikt over klimaskallets og de tekniske installasjonene, basert på bygningskategori og tidsperiode. For å kunne realisere en slik type innsamling måtte de ulike eiendomseierne ha lagt ned store ressurser. Et slikt engasjement fra eiendomseierne anses som lite sannsynlig, men det kunne likevel ha medført et mer realistisk utgangspunkt ved beregningene av de ulike tiltakenes effekt, med hensyn til energi- og CO₂-reduksjoner.

En mulighet for å generalisere resultatene ytterligere er å bruke samme geometri for samtlige referansebygninger. Dette ville ha medført et muligens mer sammenlignbart resultat, da den eneste differansen ville vært de normerte verdiene for hver enkelt bygningskategori. Anledningen til å benytte ulik geometri var grunnet forfatterens erfaringer om at de ulike bygningstypene som oftest har svært variert bygningskropp. Å benytte samme type geometri ble ikke vurdert å gi en realistisk bilde av potensialet for energireduksjon. I retrospekt av utført simuleringsarbeid ville bruk av identisk geometri for hver enkelt bygningskategori sannsynligvis gitt et mer generalisert sammenligningsgrunnlag.

De pre-definerte verdiene for energiforsyning førte til at referansebygningene fikk likeverdige utgangspunkt med hensyn til energi- og oppvarmingskarakter. Valg av virkningsgrader, samt oppvarmingssystem, vil ha store konsekvenser for de to karakterene som utgjør en bygnings energimerke og må dermed nøye vurderes for hver enkelt bygning. Eksempelvis vil bygninger hvor energiforsyningssystemene har høy virkningsgrad ha et lavere levert energiforbruk, mens bygninger med lav virkningsgrad på energiforsyningen vil få et høyere levert energiforbruk. Sannsynligvis er de valgte virkningsgradene for de eldre referansebygningene vurdert høyere enn hva som er realistisk. Følgelig vil beregnet energiforbruk og CO₂-utslipp være høyere for disse og bygninger med installert varmepumpe med COP-faktor høyere enn de definerte virkningsgradene vil ha et lavere levert energiforbruk.

Valg av tiltak

Tiltakene som er benyttet i denne masteroppgave ble valgt basert på hvilke tiltak som kunne simuleres i SIMIEN, samt relevansen for forbedring av bygningens energimerke. Andre tiltak, som eksempelvis bruk av ikke normerte verdier, ville ikke vært relevant for en eventuell forbedring av bygningens energimerke, og ble derfor ikke sett nærmere på.

Ved vurdering av reelle energibesparelser bør imidlertid andre relevante inndata og parametere vurderes, eksempelvis:

- ❖ Driftstider

- ❖ Internlaster (teknisk utstyr, personbelastning, belysning og tappevann)
- ❖ Luftmengder
- ❖ Lokalt klima
- ❖ Vinter- og sommerdrift
- ❖ Ulike kombinasjoner av ovenstående punkter

Samtlige ovenstående parametere vil føre til variasjon i bygningens reelle energiforbruk med tilhørende CO₂-utslipp.

Som det fremkommer i listen over valgte tiltak er ikke forbedring av gulvets U-verdi vurdert. Dette ble valgt bort grunnet tre årsaker; 1) liten innvirkning på bygningens totale varmetap, 2) mange gulv vil være vanskelig å etterisolere på grunn av mulig mangelfull etasjehøyde og 3) kostnader til eventuell opp-pigging av betongdekket veier ikke opp for eventuell energibesparelse.

Vurdering av beregningsresultatene

Resultatene viser at det største reduksjonspotensialet for henholdsvis energiforbruk og CO₂-utslipp er for de eldste bygningene. Dette følger naturlig av at de eldste bygningene har de største transmisjonstapene grunnet høye U-verdier og utettheter, samt dårligere ytelser på de tekniske installasjonene enn de nyere bygningene. Som nevnt tidligere er benyttede inndata generaliserende, og ikke nødvendigvis representative for de enkelte bygninger. I tidligere byggeforskrifter var friheten i valg av bygge- og installasjonstekniske løsninger større, og dermed må enkelte bygninger vurderes separat. Resultatene vurderes likevel å kunne brukes som indikasjon på hvilke tiltak som er mest egnet å se nærmere på i forbindelse med kartlegging og gjennomføring av energibesparende tiltak.

Ut fra resultatene kan det leses at tiltak på ventilasjonsaggregatet som forbedret SFP-faktor, og høyere varmegjenvinningsgrad, som fører til størst energireduksjon med tilhørende forbedring av bygningens energikarakter. Dersom det er ønskelig å forbedre en bygnings oppvarmingskarakter viser resultatene at installering av varmepumpe er det mest egnede tiltaket. Tiltak knyttet til belysning viser for eldre bygninger å føre til et større energiforbruk, siden belysningen gir økt tilført varme i bygningene, og det resulterer dermed i at lønnsomheten i tiltaket er negativ. Videre viser resultatene at installering av automatisert belysning som enkelttiltak generelt ikke fører til forbedring av bygningers energimerke. Det største potensialet ved oppgradering av bygningskroppen er i resultatene identifisert som forbedring av bygningens lekkasjetall. Forutsetningen for å forbedre bygningers lekkasjetall er eksempelvis, utskifting av vinduer/dører med tilhørende tetting mellom veggene og vinduene/dørene, og/eller innvendig tilleggisolering og etablering av ny dampspærre. I forbindelse med tilleggisolering av yttervegger samt utskifting av vinduer/dører, bør dermed alltid reduksjon av en bygnings lekkasjetall tas med i vurderingen.

10.3. Bygningens reelle energiforbruk

I den utførte intervju- og litteraturstudien har det fremkommet at bygningenes reelle energiforbruk vurderes høyere enn eventuelle forbedringer av bygningens energimerke. I lys av dette er det naturlig å diskutere forskjellen mellom reelt og teoretisk energiforbruk, og det ble dermed valgt å inkluderes i dette kapittel.

Beregning av en bygnings energimerke utførtes ved bruk av normerte verdier på blant annet *driftstider, internlast, varmtvannsforbruk, klimadata, personbelastning, luftmengder og teknisk utstyr*. Bygningens energimerke gjenspeiler dermed ikke nødvendigvis det reelle energiforbruket. Dersom det planlegges på forhånd å estimere energiforbruket bør følgende utføres:

- ❖ Gjennomføre møte med den fremtidige driftsteknikeren og brukere for å kartlegge planlagte driftstider med hensyn til sommer- og vinterdrift samt eventuelle nedjusteringer i forbindelse med ferie. Videre bør planlagte innetemperaturer kartlegges.
- ❖ Identifisere faktisk planlagte tekniske installasjoner, eksempelvis:
 - Belysning, både uten- og innendørs
 - Serverrom (datarom)
 - Snøsmelteanlegg
- ❖ Inndele bygninger i ulike soner, samt se på eventuell varme-/kuldeoverføring mellom sonene.
- ❖ Utføre tetthetsmålinger for å identifisere bygningens reelle lekkasjetall.
- ❖ Kartlegge planlagt bruk av utstyr, eksempelvis antall PCér.
- ❖ Kartlegge eventuelle erfaringstall fra varmtvannsforbruk
- ❖ Benytte lokale klimadata

Etter de ovenstående parameterne er identifisert bør disse legges inn i simuleringsmodellen. Å gjennomføre en slik kartlegging og beregning før bygningen er ferdigstilt vil danne et godt grunnlag for videre investeringsbeslutninger knyttet til teknisk utstyr. Videre antas det at kartleggingen vil øke den generelle bevisstheten knyttet til den enkelte bygningens energiforbruk, CO₂-utslipp og forventede driftsutgifter. Å øke bevisstheten rundt disse parametre antas kunne føre til at driftsteknikere og brukere legger større vekt på egen atferd med hensyn til energiforbruk. Kartleggings- og beregningsarbeidet vil også kunne føre til tidlig identifisering av optimaliserende løsninger, med tanke på eksempelvis å fordele generert varme fra et datarom ut i bygningen.

Grunnet den potensielt store forskjellen mellom teoretisk og reelt energiforbruk bør vektlegging av en bygnings energimerke vurderes nøye ut fra et kostnadsperspektiv.

10.4. Eksisterende vs. nye bygninger

Masteroppgaven har fokusert på eksisterende bygninger, hovedsakelig grunnet forfatterens initielle antakelser knyttet til følgende:

- ❖ Eksisterende bygningsmasse utgjør en vesentlig større andel av det totale eiendomsarealet sammenlignet med nybygg.
- ❖ Eksisterende bygninger har generelt et større energiforbruk enn nybygg, og dermed et større sparepotensiale.
- ❖ Tiltak på eksisterende bygningsmasse ble vurdert å føre til større reduksjoner av CO₂-utslipp enn optimaliseringer utover dagens tekniske forskrift (TEK10).

Gjennomgang av SSB's og NVE's statistikk har bekreftet at andelen eksisterende bygninger utgjør en vesentlig større andel av Norges totale eiendomsmasse. Videre har både utført litteraturstudium og utførte beregninger bekreftet at potensialet for energi- og CO₂-utslippsreduksjoner er større i eldre enn nye bygninger.

For å tydeliggjøre forskjellene mellom nye og eksisterende bygninger ytterligere, kunne det blitt utført en sammenligning av det teoretiske reduksjonspotensialet. En slik sammenligning ville sannsynligvis ha gitt leseren et bedre grunnlag for selv å vurdere masteroppgavens senere konklusjoner. Likevel anses det at beregningsresultatene fra de ulike tidsperiodene taler for seg selv, med hensyn til sammenligning av reelt energireduksjonspotensiale mellom de valgte tidsperiodene.

10.5. Valg av respondenter

I intervjustudien ble det valgt respondenter fra utelukkende større foretak. De identifiserte insitamentene, barrierene og relevansen for bygningens energimerke gjenspeiles dermed av dette. Det antas de større foretakene i norsk bygge- og eiendomsbransje generelt har høyere kunnskap om hvilken effekt energibesparende tiltak og miljøprofilering av eiendomsmassen har. Videre antas det at de større foretakene har bedre økonomisk soliditet for gjennomføring av relevante tiltak. Valget av respondenter kan dermed ha ført til et skjevt bilde av de reelle insitamentene og barrierene som foreligger i forbindelse med gjennomføring av energieffektivisering av bygningsmassen, og viktigheten av bygningenes energimerke. Litteraturstudiet viser blant annet til manglende kompetanse blant mindre aktører, mens respondentene i de utførte intervjuene ikke identifiserte dette som en stor barriere. Dersom det hadde blitt valgt å intervju respondenter fra mindre foretak ville sannsynligvis flere barrierer kunne blitt identifisert.

10.6. Energimerkeforskriftens påvirkningskraft på bygningers energiforbruk

Et relevant spørsmål som forfatteren oppdaget i forbindelse med utarbeidelse av masteroppgaven er påvirkningskraften av en bygningens energiforbruk. Selv om energimerking av bygninger er pålagt i henhold til Norges lovverk, stilles det ingen minstekrav til nye og eksisterende bygningers energimerke. Det er derfor relevant å argumentere hvilke konsekvenser dette medfører.

Energimerkeforskriften vs. byggeteknisk forskrift

Det er to hovedforskjeller mellom energimerkeforskriften og byggeteknisk forskrift som bør begrunnes nærmere.

1. Levert vs. netto energibehov
2. Minstekrav til nye og eksisterende bygninger

Forskjellen mellom systemgrensene for levert og netto energibehov, er at levert energibehov inkluderer energitap grunnet valg av energiforsyning. Levert energibehov inkluderer positive effekter ved valg av eksempelvis en varmepumpe som leverer mer varmeenergi enn tilført elektrisk energi samt negative effekter ved valg av energiforsyningssystemer med lav virkningsgrad. Ved beregninger av bygningers netto energibehov påvirkes ikke av ovenfor nevnte faktorer. Bruk av systemgrensen levert energibehov gir dermed et mer reelt bilde av en bygnings energiforbruk, enn beregning av netto energibehov. Dermed kan det argumenteres for endring av regelverket, slik at det stilles minstekrav til bygningers energimerke. For å utvide argumentet videre bør også regelverket omfatte eksisterende byggverk.

En slik endring vil sannsynligvis medføre et paradigmeskift i bygge- og eiendomsbransjen til det positive ut fra hensikten om å redusere bygningers klimapåvirkning. Grunnet de mulige positive effektene av en slik endring, anser forfatteren at en vurdering og eventuell endring av lovverket bør gjennomføres.

Suboptimalisering av varmeenergi- og elektrisitetspotensialet i bygninger

I forbindelse med den eventuelle endringen, nevnt i forrige kapittel, bør det også vurderes å endre systemgrensen for beregning av levert energibehov. Endringen som foreslås er å ekspandere systemgrensen til å inkludere den positive effekten av å bruke overskuddsvarme og egenprodusert elektrisk energi fra nærliggende bygninger. Om eksempelvis en bygning har en overproduksjon av varme, eller ikke benytter overskuddsvarme fra et kjøleanlegg, bør dette benyttes i en nærliggende bygning med oppvarmingsbehov. Konseptet kan også utvides til å omfatte en bydel, hvor overskuddsenergi distribueres via energiforsyningsinfrastrukturen.

Årsaken til den foreslåtte endringen er at forbedring av enkelte bygninger er å suboptimalisere energieffektiviseringspotensialet. Gjennom å etablere en felles infrastruktur for distribuering av varmeenergi og elektrisk produksjon, vil man kunne optimalisere og effektivisere energiforbruket i bygninger i stor skala. Dette antas å kunne redusere behovet for produksjon av varmeenergi og elektrisitet, og dermed redusere energiforbruket som medgår til varme- og elproduksjon. Det argumenteres derfor at en overgang fra suboptimalisering av enkelte bygninger til storskala optimalisering av energidistribusjonen, vil kunne være en viktig bidragsyter i forbindelse med å nå Norges klimamål for fremtiden.

11. KONKLUSJON

I dette kapittelet vil forfatteren prøve å konkludere med konkrete anbefalinger i forbindelse med kartlegging og gjennomføring av energibesparende tiltak. Anbefalingene vil vurderes opp mot evalueringspunktene definert i masteroppgavens kapittel 1.2. Disse punkter er gjentatt nedenfor:

- ❖ *"Forbedring av bygningens energimerke*
- ❖ *Investeringskostnad og nedbetalingstid/rentabilitet*
- ❖ *Redusert CO₂-utslipp grunnet et lavere energibruk*
- ❖ *Potensiell markedsverdi for bygningen etter gjennomført(e) tiltak*
- ❖ *Insitament for gjennomføring av tiltakene*
- ❖ *Utfordringer/barrierer for gjennomføring av tiltakene*
- ❖ *Potensiale for identifisering og gjennomføring av energibesparende tiltak i eksisterende bygningsmasse i Norge uten energimerke."*

I tillegg var et av delmålene å identifisere om bygningers energimerke var et hensiktsmessig og viktig fokuspunkt i forbindelse med iverksetting av energibesparende tiltak.

11.1. Forbedring av bygningers energimerke

Forventet forbedring av en bygnings energimerke avhenger av dens klimaskall og tekniske installasjoner. Begge disse faktorene avhenger av hvilken tidsperiode bygningen ble oppført, omfang av tidligere rehabilitering og vedlikehold, samt utbyggers opprinnelige ambisjoner for bygningen.

Beregningsforutsetningene i masteroppgaven har medført at eventuelle oppgraderinger av bygningene, basert på rehabilitering og/eller vedlikehold, ikke er inkludert. Beregningsresultatene viser dermed at eldre bygninger har et større forbedringspotensial enn nyere bygninger.

Det tiltaket som medførte størst forbedring av energimerket var utskifting av tekniske installasjoner. Tabell 54 viser i hvilken rekkefølge ulike tiltak bør prioriteres i forbindelse med forbedring av bygningers energimerke.

Tabell 51. Prioritering av tiltak for forbedring av bygningers energimerke.

Prioritering	Tiltak
1.	Tiltak 2 – Forbedret varmegjenvinner
2.	Tiltak 5 – Installasjon av varmepumpe
3.	Tiltak 1 – Forbedret SFP-faktor
4.	Tiltak 10 – Redusert lekkasjetall
5.	Tiltak 3 – Installasjon av VAV-styring
6.	Tiltak 7 – Etterisolering av yttervegger
7.	Tiltak 9 – Utskifting av vinduer og dører
8.	Tiltak 8 – Etterisolering av tak

9.	Tiltak 4 – Installasjon av automatisert belysning
----	---

Ved større oppgraderinger av bygningsmassen er det naturlig å utføre mer enn et enkelt tiltak. Det ble derfor beregnet effekten av ulike tiltakskombinasjoner. Anbefalt prioriteringsrekkefølge av et slikt arbeid er vist i Tabell 52.

Tabell 52. Anbefalt prioritering av tiltakskombinasjoner for forbedring av bygningers energimerke.

Prioritering	Tiltakskombinasjon
1.	Kombinasjon 3 – Forbedret SFP-faktor og varmegjenvinner. Installasjon av VAV-styring, automatisert belysning og varmepumpe. <i>Effekten av installering av automatisert belysning er minimal. Det anbefales dermed ikke som første prioritering.</i>
2.	Kombinasjon 1 – Forbedret SFP-faktor og varmegjenvinner samt installering av VAV-styring.
3.	Kombinasjon 6 – Etterisolering av yttervegger og tak. Utskifting av vinduer og dører. Forbedring av lekkasjetall.
4.	Kombinasjon 5 – Utskifting av vinduer og dører. Forbedring av lekkasjetall.
5.	Kombinasjon 4 – Etterisolering av yttervegger og forbedring av lekkasjetall.
6.	Kombinasjon 2 – Installering av VAV- og automatisert belysningsstyring.

Installasjon av automatisert belysningsstyring anbefales ikke dersom forbedring av bygningens energimerke er hovedsakelig årsak til gjennomføring av energibesparende tiltak.

Andre tiltakskombinasjoner og andre verdier enn de som ble benyttet i masteroppgaven vil kunne føre til bedre eller dårligere resultater. Det anbefales derfor at hvert enkelt prosjekt vurderes separat, slik at unødvendige usikkerheter unngås.

Valg av inndata

Usikkerhetsanalysen viser et flertall faktorer som spiller inn ved beregning av en bygnings energimerke. For å skape det mest nøyaktige bildet av en bygnings energimerke må derfor en grundig kartlegging av eksisterende bygningsmasse utføres. Likevel gir de generaliserende beregningene i denne masteroppgaven en god pekepinn på hvilke tiltak som bør prioriteres ved forbedring av en bygnings energimerke.

11.2. Økonomiske betraktninger

Beregningsresultatene viser at de mest lønnsomme tiltakene er oppgradering av tekniske installasjoner, uavhengig av bygningens byggeår.

I intervjustudien fremkommer det videre at de mest lønnsomme tiltakene er 1) oppgradering av tekniske anlegg og 2) driftseffektivisering i form av *opplæring av*

driftspersonell, etablering av energioppfølgingssystem og installering av et sentralt driftskontrollanlegg.

Tiltak knyttet til oppgradering av bygningens klimaskall er oftest dyrere enn de ovenstående, samtidig som maksimale investeringer ut fra lønnsomhet er lavere.

Dersom økonomi er foretakets høyeste prioritet anbefales det dermed å:

1. Effektivisere driften av bygningene, samt øke brukeres bevissthet rundt energiforbruk.
2. Oppgradere bygningenes tekniske anlegg.
3. Oppgradere bygningens klimaskall.

I forbindelse med oppgradering av klimaskallet bør utskifting av vinduer og etterisolering av yttervegger prioriteres først. Dette basert på at tiltakene i tillegg til å redusere transmisjonsvarmetapet, fører til en reduksjon av unødvendige luftlekkasjer.

En vurdering av investeringsstrategi bør alltid foretas, hvor *rente, potensielt økt leieinntekt og/eller salgverdi, levetid på komponentene, mulighet for støtte fra offentlige organ (Enova)*, samt *foretakets soliditet* ses nærmere på. Dersom andre investeringer er mer lønnsomme anbefales det at foretaket vurderer bruk av energisparekontrakter, enten basert på den norske standarden, eller på egne kontraktsformer.

11.3. Prioritering av bygningskategorier

Basert på analysering av statistikken fra SSB over antall bygninger i Norge, anbefales det å utføre energibesparende tiltak på bygningskategoriene etter prioriteringen vist i punktlisten nedenfor. Anbefalt rekkefølge er basert på antall yrkesbygninger totalt i Norge ut ifra masteroppgavens utvalgte kategorier.

1. Forretningsbygg
2. Kontorbygg
3. Skolebygg
4. Hotellbygg
5. Universitets- og høyskolebygg

Tiltak på kategorien størst antall bygninger gir størst energibesparelse, og reduksjon av klimagassutslippen.

11.4. Bygningenes CO₂-utslipp

Et redusert CO₂-utslipp er en direkte konsekvens av et redusert energiforbruk. For å oppnå størst positiv reduksjon av bygningenes miljøpåvirkning anbefales det å følge prioriteringsrekkefølgen i kapittel 11.2.

11.5. Barrierer

Generelle barrierer for energireduserende tiltak

Her er det valgt å presentere de identifiserte barrierene i kortfattet form for å oppsummere masteroppgavens funn. Barrierene med anbefalte nedbrytingstiltak er vist i Tabell 53.

Tabell 53. Identifiserte barrierer og tiltak for nedbryting av disse.

Barriere	Kommentar / påstand	Tiltak for nedbryting av barriere
Økonomi	Norges lave kraftpriser fører til lav lønnsomhet i forbindelse med gjennomføring av energibesparende tiltak.	Politisk vedtatt øking av kraftpriser til nivåer tilsvarende andre deler i Europa. Dette begrunnes i funn fra SSB's statistikk, som viser en relativt lav historisk økning av kraftprisene i Norge. Politisk vedtatte økte avgifter knyttet til CO ₂ -utslipp for bygninger. Innføring av flere og større økonomiske insentiv for å oppgradere eksisterende bygninger.
Teknologi	Det eksisterer mange nye teknologier for å redusere energiforbruket i bygninger. Grunnet at disse ikke er utprøvd i stor utstrekning, foreligger det en risiko med hensyn til økonomi og funksjonalitet. Risikoen fører til et begrenset omfang av teknologiene benyttes.	Økt økonomisk støtte til forskning på og utprøving av nye energireduserende teknologier.
Kompetanse	Bevisstheten rundt bygningers energiforbruk, og hvilke tiltak som kan gjøres for å redusere energiforbruket er lav. Dette gjelder både brukere, eiendomseiere, entreprenører, rådgivere og driftspersonell. Grunnet lav kompetanse brukes unødvendig mye energi, teknisk utstyr, oppvarming, kjøling og annet.	Øke medias fokus på energiforbruk og forbrukets negative innvirkning på klimaet. Øke tilgang til ulike kurs i temaet. Siden mange kurs er relativt dyre, bør også kostnader til disse subsidieres av offentlige organ.

Barrierer for forbedring av bygningers energimerke

Bygningers energimerke er i seg selv ikke en viktig faktor når foretak vurderer gjennomføring av energibesparende tiltak. Videre stilles det ikke et lovpålagt minstekrav til bygningers energimerke i forbindelse med hverken nybygning eller eksisterende bygninger. Det anbefalte tiltaket for å bryte ned disse barrierene er en innføring av lovpålagte krav til bygningers energimerke. De

lovpålagte kravene bør gjelde for både nye og eksisterende bygninger. Grunnet økonomiske årsaker bør minstekravene til eksisterende bygninger være noe lavere enn de som stilles til nybygg.

Selv om bygningers energibehov beregnes med delvis normerte verdier og kun basert på forbruk i oppvarmet areal i energimerkeforskriften så anses lovpålagte minstekrav være et godt tiltak. Til sammenligning stilles det i Teknisk forskrift krav til netto energibehov i bygningers oppvarmede bruksareal.

Energimerkeforskriften beregner levert energibehov, noe som inkluderer systemtap grunnet valgt energiforsyning. Å stille minstekrav til en bygnings energimerke istedenfor eller i tillegg til kravene i Byggeteknisk forskrift anses derfor som et godt egnet tiltak dersom man ønsker å redusere bygningers energiforbruk.

11.6. Totaleffekten av energiredusering

Resultatene fra kapittel 8.4 viser et stort potensiale i form av redusering av det totale energiforbruket og CO₂-utslippet som er forårsaket av yrkesbygninger i Norge. Selv med de fremviste usikkerhetene er de veiledende verdiene grunn nok til å motivere til et paradigmeskift i den norske bygge- og eiendomsbransjen. Særlig med tanke på at energireduksjoner grunnet driftseffektivisering ikke er inkludert.

Ved å redusere energiforbruket vil belastningen på kraftnettet synke, og dermed vil behovet for økt kapasitet i den norske infrastrukturen minske. Samtidig vil det føre til en kraftig reduksjon av Norges CO₂-utslipp, noe som vil bidra positivt til oppnåelsen av de politiske miljømålene for fremtiden.

Det anbefales dermed på det sterkeste at alle aktører i bransjen aktivt involverer og engasjerer seg i arbeidet med å redusere energiforbruket. Engasjementet bør vise seg i bruk av offentlige støttemidler, utvikling av strategier for å øke kunnskapen om energiforbruk hos brukere og driftspersonell, samt innføring av politisk vedtatte skattepålegg for aktører som ikke aktivt arbeider med å redusere energiforbruket i bygge- og eiendomssektoren.

For ytterligere å redusere belastningen på både kraft- og energinettene i Norge bør man se på å utnytte overskuddsvarmen fra bygninger i andre nærliggende bygninger. Dette siden energiredusering i enkeltbygninger er en "sub-optimalisering". Ved å koble sammen nabobygninger, ulike bydeler, eller byers kraft- og energiforsyningsnett vil man kunne redusere det totale oppvarmingsbehovet i Norge. Både i yrkes- og boligbygg.

Anbefaling til endring av energimerkeforskriften

Det anbefales at energimerkeforskriften endrer systemgrensen for levert energi til å inkludere den positive effekten som kommer av å benytte overskuddsvarme, og egenprodusert elkraft, fra nærliggende bygninger. Med elkraft tenkes først på elektrisitet produsert av solceller. En slik endring vil kunne føre til et paradigmeskift i bygge- og eiendomsbransjen hvor man ikke suboptimaliserer ved å se på energiforbruket i enkelte bygninger. Skiftet ligger i at endringen vil

føre til en optimalisering av energiforbruket i bydeler, eller hele byer. Mer forskning i form av storskala prosjekt på dette området anbefales sterkt å se nærmere på. Dette for å redusere bygge- og eiendomsbransjens belastning på Norges kraft- og energinett samt bransjens negative innvirkning på Norges klima.

12. FORSLAG TIL VIDERE ARBEID

Kapittelet gir forslag til relevante temaer for videre arbeid innenfor de ulike områder som er blitt behandlet i masteroppgaven. Forslagene er presentert i punktlisten nedenfor:

- ❖ Utføre energimerke- og lønnsomhetsberegning for samtlige bygningskategorier. Analysere og sammenligne resultatene for å se på eventuelle likheter og ulikheter i resultatene for bygningskategoriene.
- ❖ Gå i dybden på NVE's database for å kartlegge fordeling av energiforsyningskilder for ulike byggeår og bygningskategorier. Temaet er omhandlet i denne masteroppgaven. En mer detaljert studie vil dog kunne resultere i gode erfaringstall for videre bruk ved beregning av bygningers energiforbruk og CO₂-utslipp.
- ❖ Analysere NVE's database med tanke på blant annet benyttede SFP-faktorer, luftmengder, lekkasjetall, varmegjenvinningsgrader og lekkasjetall m.m. Arbeidet bør resultere i en erfaringstalldatabase, hvor typiske verdier for ulike bygningskategorier og tidsperioder kartlegges. Nyten av en slik database, er at aktører i bygge- og eiendomsbransjen får et bedre grunnlag, som i sin tur kan øke treffsikkerheten ved beregning av bygningers energiforbruk i tidligfaseanalyser. I et slikt arbeid kan det også vurderes å undersøke effekten av ulike gjennomførte tiltak med tanke på bygningenes energimerke.
- ❖ Beregne erfaringstall for reelle kostnader for å gjennomføre de ulike tiltakene presentert i arbeidet.
- ❖ Beregne reelt energiforbruk for referansebygningene i dette arbeid. Analysere effekten av å forandre de normerte verdiene som benyttes i forbindelse med energimerking.
- ❖ Simulere lønnsomheten og forbedring av bygningers energimerke hvis man installerer solcellepaneler. Dette var opprinnelig tenkt utført i dette arbeid, men utgikk grunnet at beregningsprogrammet ikke ga mulighet for en slik simulering.
- ❖ Innhente og sammenstille informasjon om ulike eiendomseieres bygningsmasse med hensyn til reelle verdier på tak, vinduer/dører, vegger, gulv og tekniske installasjoner, basert på bygningskategori og tidsperiode. Dette for å danne et mer realistisk grunnlag for beregning av energibesparende tiltak.
- ❖ Forske videre på effekten av å bygge ut energiforsyningsnett med tanke på å kunne fordele overskuddsvarme og egenprodusert elektrisitet mellom ulike bygninger i stor skala (nabolag, bydeler, byer, regioner, etc.).
- ❖ Kartlegge barrierer og insitamenter for gjennomføring av energibesparende tiltak hos mindre eiendomseiere.

13. REFERANSELISTE

- [1] Directive 2012/27/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC
- [2] European commission, *Energy roadmap 2050*, Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2012, ISBN 978-92-79-21798-2
- [3] McKinsey&Company, *Pathways to a Low-Carbon Economy, Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*, 2009
- [4] International Energy Agency, *Energy Policies of IEA Countries. European Union. 2014 Review*, Paris, OECD/IEA, 2014, ISBN: 978-92-64-19083-2
- [5] *Om regelverket*, Norges vassdrags- og energidirektorat, <http://www.energimerking.no/no/Energimerking-Bbygg/Om-energimerkesystemet-og-regelverket/Om-regelverket/> 8. oktober, 2009, (hentet 27. januar 2016)
- [6] Bøhn, T.I. Palm, L.T, Bakken, L. Jordell Nossun, Å. (2011). Multiconsult AS og Analyse og Strategi. *Potensial- og barrierestudie. Energieffektivisering i norske yrkesbygg*, rapport 2012:01.2, Oslo, ENOVA
- [7] Björklund, M. Paulsson, U. (2008) *Seminarieboken – att skriva, presentera och opponera*, upplaga 1:7, s. 57 – 78, Pozkal, Poland, ISBN 978-91-44-04125-4
- [8] *Om regelverket*, Norges vassdrags- og energidirektorat, <http://www.energimerking.no/no/Energimerking-Bbygg/Om-energimerkesystemet-og-regelverket/Om-regelverket/> 8. oktober, 2009, (hentet 27. januar 2016)
- [9] *Forskrift om energimerking av bygninger og energivurdering av tekniske anlegg (energimerkeforskriften)*, Lovdata, Olje- og energidepartementet, https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-12-18-1665#KAPITTEL_2 Rettet 9. januar 2012, (hentet 27. januar 2016)
- [10] *Karakterskalaen*, Norges vassdrags- og energidirektorat, <http://www.energimerking.no/no/Energimerking-Bbygg/Om-energimerkesystemet-og-regelverket/Energimerkeskalaen/> 15. juni 2015, (hentet 27. januar 2016)
- [11] Norsk Standard. NS 3031:2014. *Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data*, Utgave 1, Standard Norge, 2014
- [12] *Netto energibehov er det største notta*, Lavenergiprogrammet, <http://www.lavenergiprogrammet.no/aktuelt/netto-energi behov-er-det-storste-notta/> 25. juni 2015, (hentet 27. januar 2016)

- [13] *Beregning av oppvarmingskarakteren*, Norges vassdrags- og energidirektorat, <http://www.energimerking.no/no/Energimerking-Bbygg/Om-energimerkesystemet-og-regelverket/Beregning-av-oppvarmingskarakter/>
4. november 2014, (hentet 27. januar 2016)
- [14] Øverli, J. M. (2007). Energiressurser og energibruk. SINTEF & NTNU, *ENØK I BYGNINGER. Effektiv energibruk*, 3. utgave, s. 20, Oslo, Gyldendal Norsk Forlag AS, ISBN 978-82-05-37496-6
- [15] *Om energiattesten*, Norges vassdrags- og energidirektorat, <http://www.energimerking.no/no/Energimerking-Bbygg/Energimerking-av-bolig/Om-energiattesten/>
3. november 2014, (hentet 28. januar 2016)
- [16] *Energimerking ved eksperter*, Norges vassdrags- og energidirektorat, <http://www.energimerking.no/no/Energimerking-Bbygg/Energimerking-av-eksperter/>
20. januar 2016, (hentet 28. januar 2016)
- [17] § 11-3. *Krav til utdanning og praksis*, Direktoratet for byggkvalitet, <http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-byggesak/?dpx=/dpx/content/byggesak/11/3/>
1. januar 2016, (hentet 28. januar 2016)
- [18] Norconsult AS, *Praktisk veileder for energimerking*, Veileder 5/2013, Oslo, Norges vassdrags- og energidirektorat, 2013, ISSN 1501-0678
- [19] *TEK-sjekk Energi*, SINTEF Byggforsk, <http://bks.byggforsk.no/PortalPageWithMenu.aspx?sectionId=2&portalMenuId=56&portalPageWithMenuMenuId=62&PortalPageWithMenuType=4>
Internettside udatert, (hentet 28. januar 2016)
- [20] *VIP-Energy*, StruSoft, <http://www.strusoft.com/products/vip-energy> & http://www.strusoft.com/sites/default/files/Product/Documents/Broschyr_VIP_NOR.pdf
Internettside udatert, (hentet 28. januar 2016)
- [21] Norsk Standard. NS-EN 15265:2007.
Bygningers energiytelse – Beregning av bygningers energibehov til oppvarming og kjøling ved bruk av dynamiske metoder – Generelle kriterier og valideringsprosedyrer, Utgave 1, Standard Norge, 2007
- [22] *SIMIEN*, ProgramByggerne ANS, <http://programbyggerne.no/#SIMIEN>
Internettside udatert, (hentet 28. januar 2016)
- [23] *Tiltak og lønnsomhetsvurdering*, ProgramByggerne ANS, <http://www.programbyggerne.no/SIMIEN/tiltak>
5. januar 2015, (hentet 29. januar 2016)
- [24] Dokka, T.H. Klinski, M. Mysen, M (2009). *Prosjektrapport nr. 42. Kriterier for passivhus- og lavenergibygg – Yrkesbygg*, Vedlegg D, s. 30, Oslo, SINTEF Byggforsk, ISBN 978-82-536-1107-5

- [25] NS-EN 15603:2008
Bygningers energiytelse. Bestemmelse av total energibruk og energiytelse, utgave 1, Standard Norge, 2008-05-01
- [26] *Veiledning Kapittel 14. Energi*, Direktoratet for byggkvalitet, <http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/?dpx=/dpx/content/tekniskekrav/14/> Internettside udatert, (hentet 31. januar 2016)
- [27] Arbeidstilsynet, *Veiledning om Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen*, revidering april 2013, s. 25, Oslo, Gyldendal Akademisk
- [28] Kvande, T. Lisø, K.R. Hygen, H.O. (2012). Byggforskserien, 451.021 *Klimadata for termisk dimensjonering og frostsikring*, Oslo
- [29] Novakovic, V. Rødahl, E. (2007). Energiressurser og energibruk. SINTEF & NTNU, *ENØK I BYGNINGER. Effektiv energibruk*, 3. utgave, s. 47, Oslo, Gyldendal Norsk Forlag AS, ISBN 978-82-05-37496-6
- [30] Ulverud, S.E. (2007). Energiressurser og energibruk. SINTEF & NTNU, *ENØK I BYGNINGER. Effektiv energibruk*, 3. utgave, s. 47, Oslo, Gyldendal Norsk Forlag AS, ISBN 978-82-05-37496-6
- [31] Hansen, S.O. (2007). Energiressurser og energibruk. SINTEF & NTNU, *ENØK I BYGNINGER. Effektiv energibruk*, 3. utgave, s. 71-86, Oslo, Gyldendal Norsk Forlag AS, ISBN 978-82-05-37496-6
- [32] Hansen, S.O. (2007). Levetid. SINTEF & NTNU, *ENØK I BYGNINGER. Effektiv energibruk*, 3. utgave, s. 75, Oslo, Gyldendal Norsk Forlag AS, ISBN 978-82-05-37496-6
- [33] Enovarapport 2015:9, *Markedsutviklingen 2015. Hovedtrender i Enovas satsningsområder*, Trondheim, Enova SF, ISBN 978-82-92502-97-6
- [34] *Elektrisitetspriser, 3. kvartal 2015*, Statistisk sentralbyrå, <http://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elkraftpris> Publisert 25. november 2015 (hentet 17. februar 2016)
- [35] *Fjernvarme 2014*, Statistisk sentralbyrå, <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/fjernvarme> Publisert 2. oktober 2015 (hentet 17. februar 2016)
- [36] Lindseth, L.R. (2016). Norsk Enøk og Energi AS. *EPC in the Nordic Countries: EPC Nordic*, Copenhagen, Nordisk Ministerråd, ISBN 978-92-893-4409-8
- [37] *Lønnsom energieffektivisering med garantert besparelse*, Enova SF v/ Tor Brekke, <http://www.enova.no/innsikt/generelt/lonnsom-energieffektivisering-med-gantert-besparelse/475/971/> Ukjent publiseringsdato (hentet 22. februar 2016)
- [38] *Energisparekontrakter (EPC)*, Energiråd Innlandet, http://www.energirad-innlandet.no/images/Kommuner/krd/veiledere/veileder_epc_desember.pdf Publisert 18. oktober 2014 (hentet 22. februar 2016)

- [39] NS 6430:2014
Alminnelige kontraktsbestemmelser for energisparing (EPC), utgave 1, Standard Norge, 2014-04-01
- [40] NS-EN ISO 50001:2011
Energiledelsessystemer. Krav med brukerveiledninger, utgave 1, Standard Norge, Norsk oversettelse mars 2012.
- [41] Enovahåndbok 2004:3, *Energioppfølging i næringsbygg – en innføring*, Trondheim, Enova SF, ISBN 82-92502-02-5
- [42] Dokka, T.H. Hermstad, K. (2006). SINTEF Byggforsk
Energieffektive boliger for fremtiden – En håndbok for planlegging av passivhus og lavenergiboliger, s. 14, Trondheim, Skipnes Trykkeri
- [43] *Kartleggingsstøtte til eksisterende bygg*, Enova SF,
<http://www.enova.no/finansiering/naring/programtekster/kartleggingsstotte-til-eksisterende-bygg/245/2056/>
Ukjent publiseringsdato (hentet 17. februar 2016)
- [44] *Program Støtte til eksisterende bygg*, Enova SF,
<http://www.enova.no/finansiering/naring/programtekster/program-stotte-til-eksisterende-bygg/245/1423/>
Ukjent publiseringsdato, (hentet 17. februar 2016)
- [45] Lavenergiutvalget, *Energieffektivisering*, Del 1 Hovedrapport, s. 36 – 39, Olje- og energidepartementet, 2009

VEDLEGG A – BEREGNINGSRISULTAT

Vedlegg A redegjør for samtlige utførte beregninger i forbindelse med vurdering av lønnsomhet, energibesparelse, redusering av CO₂-utslipp og forbedring av bygningenes energimerke.

Beregningene presentert nedenfor er grunnlaget for resultatene presentert i kapittel 8.

Informasjon om tiltakene presentert i tabellene nedenfor er presentert i vedlegg C.

Forklaring av de ulike kolonnen i tabellene i dette vedlegget vises i punktliste nedenfor:

- ❖ **Bygningskategori:** *Bygningskategori tiltaket gjelder.*
- ❖ **Tidsperiode:** *Tidsperioden tiltaket gjelder for.*
- ❖ **Areal referansebygg:** *Arealet for referansebygningen for det aktuelle tiltaket.*
- ❖ **Energibruk referanse:** *Energibruken i referansebygningen.*
- ❖ **Energikarakter referanse:** *Energikarakter i referansebygningen.*
- ❖ **Verdi før tiltak:** *Verdien for det aktuelle tiltaket før gjennomføring.*
- ❖ **Verdi etter tiltak:** *Verdien for det aktuelle tiltaket etter gjennomføring.*
- ❖ **Redusert energibruk:** *Redusert energibruk som følge av tiltaket.*
- ❖ **Differanse energibruk:** *Ny energibruk etter gjennomført tiltak. Ny energibruk er ikke hentet fra energimerkingen, men representerer energibruk som følge av den reelle energireduksjonen.*
- ❖ **Ny energikarakter:** *Ny energikarakter etter gjennomført tiltak.*
- ❖ **Endring energikarakter:** *Sjekk om tiltaket medførte forandring av bygningens energikarakter*
- ❖ **Ny oppvarmingskarakter:** *Ny oppvarmingskarakter etter gjennomført tiltak.*
- ❖ **Redusert CO₂:** *Redusert CO₂-utslipp etter gjennomført tiltak.*
- ❖ **Maksimal investering ut fra lønnsomhet:** *Maksimalt investeringsbeløp dersom tiltaket skal være lønnsomt ut fra levetid, rentenivå og energipris.*

Røde cellemarkeringer innebærer at tiltaket ikke var aktuelt å se nærmere på grunnet at det allerede lå inne i referansemodellen. Eksempelvis VAV-styring, automatisert belyningsstyring samt U-verdi for vegger og tak.

Samtlige lønnsomhetsvurdering er utført med realrente på 4 % og energipris på 0,80 kr/kWh.

Tiltak 1 – Forbedring av SFP-faktoren i ventilasjonsanlegget

Bygningskategori	Tidsperiode	Levetid [år]	Areal, referansebygg	Energibruk referanse [kWh/m²år]	Energikarakter referanse	Verdi før tiltak [kW/m³/s]	Verdi etter tiltak [kW/m³/s]	Redusert energibruk [kWh/m²år]	Differanse energibruk [kWh/m²år]	Ny energikarakter	Endret energikarakter?	Ny oppvarmingskarakter	Redusert CO2 [kg/m²år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet
Kontorbygg	1949-1968	15	5000	506	G	4,0	1,5	25,0	481	G	Nei	Rød	9,9	1 109 962
Universitets- og høyskolebygg	1949-1968	15	4725	465	G	4,0	1,5	31,6	433	G	Nei	Rød	12,5	1 328 274
Hotellbygg	1949-1968	15	10800	551	G	4,0	1,5	58,6	492	G	Nei	Rød	23,1	5 626 304
Skolebygg	1949-1968	15	3240	573	G	4,0	1,5	36,6	536	G	Nei	Rød	14,5	1 054 752
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	15	6000	853	G	4,0	1,5	44,8	808	G	Nei	Rød	17,7	2 388 496
Kontorbygg	1969-1986	15	5000	396	G	4,0	1,5	25,7	370	G	Nei	Rød	10,1	1 142 757
Universitets- og høyskolebygg	1969-1986	15	4725	421	G	4,0	1,5	48,6	372	G	Nei	Rød	19,2	2 041 959
Hotellbygg	1969-1986	15	10800	429	G	4,0	1,5	23,8	405	F	Ja	Rød	9,4	2 287 186
Skolebygg	1969-1986	15	3240	443	G	4,0	1,5	37,6	405	G	Nei	Rød	14,8	1 082 815
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	15	6000	668	G	4,0	1,5	49,2	619	G	Nei	Rød	19,4	2 625 380
Kontorbygg	1987-1996	15	5000	254	F	4,0	1,5	30,6	223	F	Nei	Rød	12,1	1 360 695
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	15	4725	264	F	4,0	1,5	37,2	227	E	Ja	Rød	14,7	1 565 069
Hotellbygg	1987-1996	15	10800	269	D	4,0	1,5	27,3	242	D	Nei	Rød	10,8	2 625 905
Skolebygg	1987-1996	15	3240	271	F	4,0	1,5	43,5	228	F	Nei	Rød	17,2	1 252 464
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	15	6000	409	G	4,0	1,5	53,3	356	F	Ja	Rød	21,1	2 845 275
Kontorbygg	1997-2006	15	5000	189	E	3,5	1,5	22,0	167	D	Ja	Rød	8,7	978 133
Universitets- og høyskolebygg	1997-2006	15	4725	195	D	3,5	1,5	26,9	168	D	Nei	Rød	10,6	1 131 007
Hotellbygg	1997-2006	15	10800	226	C	3,5	1,5	20,8	205	C	Nei	Rød	8,2	1 994 221
Skolebygg	1997-2006	15	3240	195	E	3,5	1,5	31,8	163	E	Nei	Rød	12,5	915 568
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	15	6000	298	F	3,5	1,5	33,4	265	E	Ja	Rød	13,2	1 782 438
Kontorbygg	2007-2010	15	5000	141	C	2,0	1,5	7,7	133	C	Nei	Orange	3,0	340 481
Universitets- og høyskolebygg	2007-2010	15	4725	147	C	2,0	1,5	9,3	138	C	Nei	Orange	3,7	391 936
Hotellbygg	2007-2010	15	10800	172	B	2,0	1,5	7,1	165	B	Nei	Orange	2,8	685 782
Skolebygg	2007-2010	15	3240	137	D	2,0	1,5	10,9	126	C	Ja	Orange	4,3	314 802
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	15	6000	214	D	2,0	1,5	13,4	201	C	Ja	Orange	5,3	715 944

Tiltak 2 – Forbedring av varmegjenvinneren i ventilasjonsanlegget

Bygningskategori	Tidsperiode	Levetid [år]	Areal, referansebygg	Energibruk referanse [kWh/m ² år]	Energi-karakter referanse	Verdi før tiltak [%]	Verdi etter tiltak [%]	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Differanse energibruk [kWh/m ² år]	Ny energi-karakter	Endret energikarakter?	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO2 [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet
Kontorbygg	1949-1968	15	5000	506	G	0	80	207,6	298,4	G	Nei	Rød	82,0	9 233 002
Universitets- og høyskolebygg	1949-1968	15	4725	465	G	0	80	169,5	295,5	G	Nei	Rød	66,9	7 123 026
Hotellbygg	1949-1968	15	10800	551	G	0	80	247,6	303,4	D	Ja	Rød	97,8	23 786 465
Skolebygg	1949-1968	15	3240	573	G	0	80	294,2	278,8	G	Nei	Rød	116,2	8 479 425
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	15	6000	853	G	0	80	389,8	463,2	G	Nei	Rød	154,0	20 802 165
Kontorbygg	1969-1986	15	5000	396	G	25	80	140,4	255,6	F	Ja	Rød	55,5	6 245 421
Universitets- og høyskolebygg	1969-1986	15	4725	421	G	25	80	169,4	251,6	F	Ja	Rød	66,9	7 119 619
Hotellbygg	1969-1986	15	10800	429	G	25	80	165,5	263,5	D	Ja	Rød	65,4	15 900 272
Skolebygg	1969-1986	15	3240	443	G	25	80	199,3	243,7	G	Nei	Rød	78,7	5 742 265
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	15	6000	668	G	25	80	266,7	401,3	G	Nei	Rød	105,4	14 235 361
Kontorbygg	1987-1996	15	5000	254	F	60	80	49,2	204,8	E	Ja	Rød	19,4	2 189 228
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	15	4725	264	F	60	80	59,4	204,6	E	Ja	Rød	23,5	2 496 718
Hotellbygg	1987-1996	15	10800	269	D	60	80	58,1	210,9	C	Ja	Rød	23,0	5 585 922
Skolebygg	1987-1996	15	3240	271	F	60	80	70,2	200,8	E	Ja	Rød	27,7	2 022 977
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	15	6000	409	G	60	80	94,3	314,7	F	Ja	Rød	37,3	5 033 312
Kontorbygg	1997-2006	15	5000	189	E	65	80	31,6	157,4	D	Ja	Rød	12,5	1 407 357
Universitets- og høyskolebygg	1997-2006	15	4725	195	D	65	80	37,8	157,2	D	Nei	Rød	14,9	1 588 231
Hotellbygg	1997-2006	15	10800	226	C	65	80	32,7	193,3	B	Ja	Rød	12,9	3 140 722
Skolebygg	1997-2006	15	3240	195	E	65	80	44,8	150,2	D	Ja	Rød	17,7	1 291 405
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	15	6000	298	F	65	80	61,7	236,3	D	Ja	Rød	24,4	3 291 310
Kontorbygg	2007-2010	15	5000	141	C	70	80	20,9	120,1	C	Nei	Orange	8,3	931 543
Universitets- og høyskolebygg	2007-2010	15	4725	147	C	70	80	26,1	120,9	B	Ja	Orange	10,3	1 098 888
Hotellbygg	2007-2010	15	10800	172	B	70	80	22,7	149,3	A	Ja	Gul	9,0	2 182 166
Skolebygg	2007-2010	15	3240	137	D	70	80	31,2	105,8	C	Ja	Gul	12,3	899 540
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	15	6000	214	D	70	80	42,5	171,5	C	Ja	Orange	16,8	2 267 039

Tiltak 3 – Installering av VAV-styring i ventilasjonsanlegget

Bygningskategori	Tidsperiode	Levetid [år]	Areal, referansebygg	Energibruk referanse [kWh/m ² år]	Energikarakter referanse	Verdi før tiltak [m ³ /hm ²]	Verdi etter tiltak [m ³ /hm ²]	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Differanse energibruk [kWh/m ² år]	Ny energikarakter	Endret energikarakter?	Ny oppvarmingskarakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet
Kontorbygg	1949-1968	15	5000	506	G	10,0	8,0	46,7	459,3	G	Nei	Rød	18,4	2 075 251
Universitets- og høyskolebygg	1949-1968	15	4725	465	G	13,0	10,4	48,9	416,1	G	Nei	Rød	19,3	2 055 390
Hotellbygg	1949-1968	15	10800	551	G	10,0	8,0	55,6	495,4	G	Nei	Rød	22,0	5 340 891
Skolebygg	1949-1968	15	3240	573	G	16,0	12,0	93,1	479,9	G	Nei	Rød	36,8	2 682 013
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	15	6000	853	G	20,0	16,0	91,4	761,6	G	Nei	Rød	36,1	4 880 261
Kontorbygg	1969-1986	15	5000	396	G	10,0	8,0	37,3	358,7	G	Nei	Rød	14,7	1 657 654
Universitets- og høyskolebygg	1969-1986	15	4725	421	G	13,0	10,4	48,6	372,4	G	Nei	Rød	19,2	2 041 959
Hotellbygg	1969-1986	15	10800	429	G	10,0	8,0	39,5	389,5	G	Nei	Rød	15,6	3 796 520
Skolebygg	1969-1986	15	3240	443	G	16,0	12,0	74,2	368,8	G	Nei	Rød	29,3	2 138 333
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	15	6000	668	G	20,0	16,0	75,9	592,1	G	Nei	Rød	30,0	4 051 434
Kontorbygg	1987-1996	15	5000	254	F	10,0	8,0	24,2	229,8	F	Nei	Rød	9,6	1 076 553
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	15	4725	264	F	13,0	10,4	30,5	233,5	F	Nei	Rød	12,1	1 283 489
Hotellbygg	1987-1996	15	10800	269	D	10,0	8,0	16,6	252,4	D	Nei	Rød	6,6	1 597 792
Skolebygg	1987-1996	15	3240	271	F	16,0	12,0	45,8	225,2	F	Nei	Rød	18,1	1 318 934
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	15	6000	409	G	20,0	16,0	47,6	361,4	F	Ja	Rød	18,8	2 538 159
Kontorbygg	1997-2006	15		189	E									
Universitets- og høyskolebygg	1997-2006	15		195	D									
Hotellbygg	1997-2006	15		226	C									
Skolebygg	1997-2006	15		195	E									
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	15	6000	298	F									
Kontorbygg	2007-2010	15		141	C									
Universitets- og høyskolebygg	2007-2010	15		147	C									
Hotellbygg	2007-2010	15		172	B									
Skolebygg	2007-2010	15		137	D									
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	15	6000	214	D									

Tiltak 4 – Installasjon av aktiv belysningsstyring

Bygningskategori	Tidsperiode	Levetid [år]	Areal, referansebygg	Energibruk referanse [kWh/m ² år]	Energikarakter referanse	Verdi før tiltak [W/m ²]	Verdi etter tiltak [W/m ²]	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Differanse energibruk	Ny energikarakter	Endret energikarakter?	Ny oppvarmingskarakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet
Kontorbygg	1949-1968	20	5000	506	G	8,0	6,4	0,7	505,3	G	Nei	Rød	0,3	39 890
Universitets- og høgskolebygg	1949-1968	20	4725	465	G	8,0	6,4	0,6	464,4	G	Nei	Rød	0,2	29 627
Hotellbygg	1949-1968	20	10800	551	G	8,0	6,4	0,3	550,7	G	Nei	Rød	0,1	35 215
Skolebygg	1949-1968	20	3240	573	G	10,0	8,0	0,5	572,5	G	Nei	Rød	0,2	16 254
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	20	6000	853	G	15,0	12,0	-0,6	853,6	G	Nei	Rød	-0,2	-41 184
Kontorbygg	1969-1986	20	5000	396	G	8,0	6,4	0,9	395,1	G	Nei	Rød	0,4	50 850
Universitets- og høgskolebygg	1969-1986	20	4725	421	G	8,0	6,4	0,9	420,1	G	Nei	Rød	0,3	43 946
Hotellbygg	1969-1986	20	10800	429	G	8,0	6,4	0,6	428,4	G	Nei	Rød	0,2	69 485
Skolebygg	1969-1986	20	3240	443	G	10,0	8,0	0,6	442,4	G	Nei	Rød	0,2	21 832
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	20	6000	668	G	15,0	12,0	-0,5	668,5	G	Nei	Rød	-0,2	-32 019
Kontorbygg	1987-1996	20	5000	254	F	8,0	6,4	2,2	251,8	F	Nei	Rød	0,9	120 584
Universitets- og høgskolebygg	1987-1996	20	4725	264	F	8,0	6,4	2,1	261,9	F	Nei	Rød	0,8	109 451
Hotellbygg	1987-1996	20	10800	269	D	8,0	6,4	2,1	266,9	D	Nei	Rød	0,8	251 301
Skolebygg	1987-1996	20	3240	271	F	10,0	8,0	1,7	269,3	F	Nei	Rød	0,7	61 287
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	20	6000	409	G	15,0	12,0	0,3	408,7	G	Nei	Rød	0,1	19 407
Kontorbygg	1997-2006	20		189	E									
Universitets- og høgskolebygg	1997-2006	20		195	D									
Hotellbygg	1997-2006	20		226	C									
Skolebygg	1997-2006	20		195	E									
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	20	6000	298	F									
Kontorbygg	2007-2010	20		141	C									
Universitets- og høgskolebygg	2007-2010	20		147	C									
Hotellbygg	2007-2010	20		172	B									
Skolebygg	2007-2010	20		137	D									
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	20	6000	214	D									

Tiltak 5 – Installasjon av varmepumpe

Bygningskategori	Tidsperiode	Levetid [år]	Areal, referansebygg	Energibruk referanse [kWh/m ² år]	Energikarakter referanse	Verdi før tiltak [Ja / Nei]	Verdi etter tiltak [Ja / Nei]	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Differanse energibruk	Ny energikarakter	Endret energikarakter?	Ny oppvarmingskarakter	Redusert CO2 [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet
Kontorbygg	1949-1968	15	5000	506	G	Nei	Ja	92,3	413,7	G	Nei	Orange	36,5	4 106 581
Universitets- og høyskolebygg	1949-1968	15	4725	465	G	Nei	Ja	84,9	380,1	G	Nei	Orange	33,5	3 567 517
Hotellbygg	1949-1968	15	10800	551	G	Nei	Ja	69,8	481,2	G	Nei	Rød	27,6	6 703 712
Skolebygg	1949-1968	15	3240	573	G	Nei	Ja	124,4	448,6	G	Nei	Orange	49,2	3 586 267
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	15	6000	853	G	Nei	Ja	140,4	712,6	G	Nei	Orange	55,5	7 492 085
Kontorbygg	1969-1986	15	5000	396	G	Nei	Ja	67,8	328,2	G	Nei	Orange	26,8	3 013 199
Universitets- og høyskolebygg	1969-1986	15	4725	421	G	Nei	Ja	61,8	359,2	G	Nei	Orange	24,4	2 595 628
Hotellbygg	1969-1986	15	10800	429	G	Nei	Ja	53,8	375,2	F	Ja	Rød	21,2	5 164 286
Skolebygg	1969-1986	15	3240	443	G	Nei	Ja	94,3	348,7	G	Nei	Orange	37,3	2 718 223
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	15	6000	668	G	Nei	Ja	104,2	563,8	G	Nei	Orange	41,2	5 560 813
Kontorbygg	1987-1996	15	5000	254	F	Nei	Ja	37,7	216,3	E	Ja	Orange	14,9	1 675 648
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	15	4725	264	F	Nei	Ja	33,2	230,8	E	Ja	Orange	13,1	1 393 712
Hotellbygg	1987-1996	15	10800	269	D	Nei	Ja	34,4	234,6	C	Ja	Orange	13,6	3 305 648
Skolebygg	1987-1996	15	3240	271	F	Nei	Ja	56,9	214,1	F	Nei	Orange	22,5	1 640 389
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	15	6000	409	G	Nei	Ja	59,2	349,8	F	Ja	Orange	23,4	3 159 899
Kontorbygg	1997-2006	15	5000	189	E	Nei	Ja	19,1	169,9	D	Ja	Orange	7,5	849 712
Universitets- og høyskolebygg	1997-2006	15	4725	195	D	Nei	Ja	16,0	179,0	D	Nei	Orange	6,3	671 133
Hotellbygg	1997-2006	15	10800	226	C	Nei	Ja	29,8	196,2	C	Nei	Orange	11,8	2 860 681
Skolebygg	1997-2006	15	3240	195	E	Nei	Ja	33,1	161,9	D	Ja	Orange	13,1	952 810
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	15	6000	298	F	Nei	Ja	33,0	265,0	E	Ja	Orange	13,1	1 763 358
Kontorbygg	2007-2010	15	5000	141	C	Nei	Ja	7,1	133,9	C	Nei	Orange	1,4	317 488
Universitets- og høyskolebygg	2007-2010	15	4725	147	C	Nei	Ja	7,4	139,6	C	Nei	Orange	1,5	311 075
Hotellbygg	2007-2010	15	10800	172	B	Nei	Ja	19,2	152,8	B	Nei	Orange	3,9	1 846 035
Skolebygg	2007-2010	15	3240	137	D	Nei	Ja	17,8	119,2	C	Ja	Orange	3,6	511 980
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	15	6000	214	D	Nei	Ja	15,4	198,6	C	Ja	Orange	3,2	822 191

Masteroppgave våren 2016 av Johan Hessedal

Tittel: *Energisparetiltak fra et kost- & nytteperspektiv, vurdert mot eneregimerkeforskriften*

Tiltak 6 – Installasjon av solcellepanel

Tiltaket var ikke mulig å beregne i SIMIEN, og ble dermed ikke sett nærmere på.

Tiltak 7 – Forbedring av ytterveggen U-verdi

Bygningskategori	Tidsperiode	Levetid [år]	Areal, referansebygg	Energibruk referanse [kWh/m ² år]	Energikarakter referanse	Verdi før tiltak [W/m ² K]	Verdi etter tiltak [W/m ² K]	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Differanse energibruk	Ny energikarakter	Endret energikarakter?	Ny oppvarmingskarakter	Redusert CO2 [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet
Kontorbygg	1949-1968	40	5000	506	G	1,05	0,18	52,4	453,6	G	Nei	Rød	20,7	4 151 115
Universitets- og høyskolebygg	1949-1968	40	4725	465	G	1,05	0,18	35,2	429,8	G	Nei	Rød	13,9	2 636 255
Hotellbygg	1949-1968	40	10800	551	G	1,05	0,18	41,4	509,6	G	Nei	Rød	16,4	7 081 110
Skolebygg	1949-1968	40	3240	573	G	1,05	0,18	71,0	502,0	G	Nei	Rød	28,1	3 644 198
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	40	6000	853	G	1,05	0,18	43,2	809,8	G	Nei	Rød	17,0	4 100 540
Kontorbygg	1969-1986	40	5000	396	G	0,70	0,18	28,7	367,3	G	Nei	Rød	11,3	2 269 804
Universitets- og høyskolebygg	1969-1986	40	4725	421	G	0,70	0,18	19,2	401,8	G	Nei	Rød	7,6	1 433 345
Hotellbygg	1969-1986	40	10800	429	G	0,70	0,18	22,5	406,5	F	Ja	Rød	8,9	3 844 343
Skolebygg	1969-1986	40	3240	443	G	0,70	0,18	39,5	403,5	G	Nei	Rød	15,6	2 024 627
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	40	6000	668	G	0,70	0,18	24,0	644,0	G	Nei	Rød	9,5	2 276 042
Kontorbygg	1987-1996	40	5000	254	F	0,30	0,18	5,9	248,1	F	Nei	Rød	2,3	464 703
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	40	4725	264	F	0,30	0,18	3,7	260,3	F	Nei	Rød	1,5	278 096
Hotellbygg	1987-1996	40	10800	269	D	0,30	0,18	4,4	264,6	D	Nei	Rød	1,8	758 285
Skolebygg	1987-1996	40	3240	271	F	0,30	0,18	8,0	263,0	F	Nei	Rød	3,2	410 850
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	40	6000	409	G	0,30	0,18	4,9	404,1	G	Nei	Rød	2,0	469 200
Kontorbygg	1997-2006	40	5000	189	E	0,22	0,18	1,6	187,4	E	Nei	Rød	0,6	129 872
Universitets- og høyskolebygg	1997-2006	40	4725	195	D	0,22	0,18	1,1	193,9	D	Nei	Rød	0,4	81 800
Hotellbygg	1997-2006	40	10800	226	C	0,22	0,18	1,4	224,6	C	Nei	Rød	0,6	247 600
Skolebygg	1997-2006	40	3240	195	E	0,22	0,18	2,5	192,5	E	Nei	Rød	1,0	130 743
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	40	6000	298	F	0,22	0,18	1,6	296,4	F	Nei	Rød	0,6	148 762
Kontorbygg	2007-2010	40		141	C									
Universitets- og høyskolebygg	2007-2010	40		147	C									
Hotellbygg	2007-2010	40		172	B									
Skolebygg	2007-2010	40		137	D									
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	40	6000	214	D									

Tiltak 8 – Forbedring av takkonstruksjonens U-verdi

Bygningskategori	Tidsperiode	Levetid [år]	Areal, referansebygg	Energibruk referanse [kWh/m ² år]	Energikarakter referanse	Verdi før tiltak [W/m ² K]	Verdi etter tiltak [W/m ² K]	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Differanse energibruk	Ny energikarakter	Endret energikarakter?	Ny oppvarmingskarakter	Redusert CO2 [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet
Kontorbygg	1949-1968	40	5000	506	G	0,81	0,13	22,0	484,0	G	Nei	Rød	8,7	1 742 255
Universitets- og høgskolebygg	1949-1968	40	4725	465	G	0,81	0,13	37,4	427,6	G	Nei	Rød	14,8	2 800 218
Hotellbygg	1949-1968	40	10800	551	G	0,81	0,13	9,1	541,9	G	Nei	Rød	3,6	1 563 708
Skolebygg	1949-1968	40	3240	573	G	0,81	0,13	27,3	545,7	G	Nei	Rød	10,8	1 400 901
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	40	6000	853	G	0,81	0,13	59,9	793,1	G	Nei	Rød	23,7	5 693 574
Kontorbygg	1969-1986	40	5000	396	G	0,58	0,13	14,0	382,0	G	Nei	Rød	5,5	1 107 445
Universitets- og høgskolebygg	1969-1986	40	4725	421	G	0,58	0,13	23,4	397,6	G	Nei	Rød	9,2	1 748 953
Hotellbygg	1969-1986	40	10800	429	G	0,58	0,13	5,8	423,2	G	Nei	Rød	2,3	987 232
Skolebygg	1969-1986	40	3240	443	G	0,58	0,13	17,7	425,3	G	Nei	Rød	7,0	910 008
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	40	6000	668	G	0,58	0,13	38,1	629,9	G	Nei	Rød	15,0	3 615 839
Kontorbygg	1987-1996	40	5000	254	F	0,2	0,13	2,0	252,0	F	Nei	Rød	0,8	157 360
Universitets- og høgskolebygg	1987-1996	40	4725	264	F	0,2	0,13	3,0	261,0	F	Nei	Rød	1,2	226 002
Hotellbygg	1987-1996	40	10800	269	D	0,2	0,13	0,7	268,3	D	Nei	Rød	0,3	121 939
Skolebygg	1987-1996	40	3240	271	F	0,2	0,13	2,2	268,8	F	Nei	Rød	0,9	113 531
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	40	6000	409	G	0,2	0,13	5,3	403,7	G	Nei	Rød	2,1	502 056
Kontorbygg	1997-2006	40	5000	189	E	0,15	0,13	0,4	188,6	E	Nei	Rød	0,2	34 946
Universitets- og høgskolebygg	1997-2006	40	4725	195	D	0,15	0,13	0,8	194,2	D	Nei	Rød	0,3	56 259
Hotellbygg	1997-2006	40	10800	226	C	0,15	0,13	0,2	225,8	C	Nei	Rød	0,1	39 095
Skolebygg	1997-2006	40	3240	195	E	0,15	0,13	0,7	194,3	E	Nei	Rød	0,3	35 595
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	40	6000	298	F	0,15	0,13	1,4	296,6	F	Nei	Rød	0,6	137 029
Kontorbygg	2007-2010	40		141	C									
Universitets- og høgskolebygg	2007-2010	40		147	C									
Hotellbygg	2007-2010	40		172	B									
Skolebygg	2007-2010	40		137	D									
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	40	6000	214	D									

Tiltak 9 – Forbedring av vinduer og dørers U-verdi

Bygningskategori	Tidsperiode	Levetid [år]	Areal, referansebygg	Energibruk referanse [kWh/m ² år]	Energi-karakter referanse	Verdi før tiltak [W/m ² K]	Verdi etter tiltak [W/m ² K]	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Differanse energibruk	Ny energi-karakter	Endret energikarakter?	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet
Kontorbygg	1949-1968	30	5000	506	G	2,8	1,0	22,9	483,1	G	Nei	Rød	9,0	1 584 324
Universitets- og høyskolebygg	1949-1968	30	4725	465	G	2,8	1,0	15,5	449,5	G	Nei	Rød	6,1	1 012 704
Hotellbygg	1949-1968	30	10800	551	G	2,8	1,0	17,8	533,2	G	Nei	Rød	7,0	2 656 208
Skolebygg	1949-1968	30	3240	573	G	2,8	1,0	31,6	541,4	G	Nei	Rød	12,5	1 417 573
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	30	6000	853	G	2,8	1,0	18,9	834,1	G	Nei	Rød	7,5	1 570 642
Kontorbygg	1969-1986	30	5000	396	G	2,8	1,0	22,1	373,9	G	Nei	Rød	8,7	1 530 068
Universitets- og høyskolebygg	1969-1986	30	4725	421	G	2,8	1,0	14,8	406,2	G	Nei	Rød	5,9	970 581
Hotellbygg	1969-1986	30	10800	429	G	2,8	1,0	17,2	411,8	F	Ja	Rød	6,8	2 571 436
Skolebygg	1969-1986	30	3240	443	G	2,8	1,0	30,5	412,6	G	Nei	Rød	12,0	1 364 798
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	30	6000	668	G	2,8	1,0	18,3	649,7	G	Nei	Rød	7,2	1 522 626
Kontorbygg	1987-1996	30	5000	254	F	2,4	1,0	15,6	238,4	F	Nei	Rød	6,1	1 076 450
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	30	4725	264	F	2,4	1,0	10,4	253,6	F	Nei	Rød	4,1	681 638
Hotellbygg	1987-1996	30	10800	269	D	2,4	1,0	12,2	256,8	D	Nei	Rød	4,8	1 817 545
Skolebygg	1987-1996	30	3240	271	F	2,4	1,0	21,8	249,2	F	Nei	Rød	8,6	975 755
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	30	6000	409	G	2,4	1,0	13,5	395,5	G	Nei	Rød	5,3	1 123 747
Kontorbygg	1997-2006	30	5000	189	E	2,0	1,0	9,5	179,5	E	Nei	Rød	3,8	659 075
Universitets- og høyskolebygg	1997-2006	30	4725	195	D	2,0	1,0	6,4	188,6	D	Nei	Rød	2,5	416 102
Hotellbygg	1997-2006	30	10800	226	C	2,0	1,0	8,4	217,6	C	Nei	Rød	3,3	1 251 874
Skolebygg	1997-2006	30	3240	195	E	2,0	1,0	14,4	180,6	E	Nei	Rød	5,7	647 275
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	30	6000	298	F	2,0	1,0	8,7	289,3	F	Nei	Rød	3,4	721 119
Kontorbygg	2007-2010	30	5000	141	C	1,2	1,0	1,5	139,5	C	Nei	Orange	0,5	101 304
Universitets- og høyskolebygg	2007-2010	30	4725	147	C	1,2	1,0	1,2	145,8	C	Nei	Rød	0,4	75 324
Hotellbygg	2007-2010	30	10800	172	B	1,2	1,0	1,6	170,4	B	Nei	Orange	0,5	235 116
Skolebygg	2007-2010	30	3240	137	D	1,2	1,0	2,1	134,9	D	Nei	Orange	0,6	92 644
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	30	6000	214	D	1,2	1,0	1,6	212,4	D	Nei	Orange	0,5	133 674

Tiltak 10 – Forbedring av bygningens lekkasjetall

Bygningskategori	Tidsperiode	Levetid [år]	Areal, referansebygg	Energibruk referanse [kWh/m ² år]	Energi-karakter referanse	Verdi før tiltak [h ⁻¹]	Verdi etter tiltak [h ⁻¹]	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Differanse energibruk	Ny energi-karakter	Endret energikarakter?	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO2 [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet
Kontorbygg	1949-1968	40	5000	506	G	9	1,0	82,21	423,79	G	Nei	Rød	32,5	6 508 925
Universitets- og høyskolebygg	1949-1968	40	4725	465	G	9	1,0	76,40	388,60	G	Nei	Rød	30,2	5 715 931
Hotellbygg	1949-1968	40	10800	551	G	9	1,0	42,13	508,87	G	Nei	Rød	16,6	7 203 920
Skolebygg	1949-1968	40	3240	573	G	9	1,0	79,62	493,38	G	Nei	Rød	31,4	4 084 563
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	40	6000	853	G	9	1,0	130,70	722,30	G	Nei	Rød	51,6	12 417 226
Kontorbygg	1969-1986	40	5000	396	G	7	1,0	59,68	336,32	G	Nei	Rød	23,6	4 724 820
Universitets- og høyskolebygg	1969-1986	40	4725	421	G	7	1,0	54,97	366,03	G	Nei	Rød	21,7	4 112 384
Hotellbygg	1969-1986	40	10800	429	G	7	1,0	28,04	400,96	F	Ja	Rød	11,1	4 795 092
Skolebygg	1969-1986	40	3240	443	G	7	1,0	57,65	385,35	G	Nei	Rød	22,8	2 957 405
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	40	6000	668	G	7	1,0	94,86	573,14	G	Nei	Rød	37,5	9 012 267
Kontorbygg	1987-1996	40	5000	254	F	5	1,0	35,89	218,11	F	Nei	Rød	14,2	2 841 276
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	40	4725	264	F	5	1,0	32,59	231,41	E	Ja	Rød	12,9	2 438 517
Hotellbygg	1987-1996	40	10800	269	D	5	1,0	15,18	253,82	D	Nei	Rød	6,0	2 596 764
Skolebygg	1987-1996	40	3240	271	F	5	1,0	35,48	235,52	F	Nei	Rød	14,0	1 820 112
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	40	6000	409	G	5	1,0	58,31	350,69	G	Nei	Rød	23,0	5 539 950
Kontorbygg	1997-2006	40	5000	189	E	3,5	1,0	19,35	169,65	D	Ja	Rød	7,6	1 531 866
Universitets- og høyskolebygg	1997-2006	40	4725	195	D	3,5	1,0	17,49	177,51	D	Nei	Rød	6,9	1 308 872
Hotellbygg	1997-2006	40	10800	226	C	3,5	1,0	17,87	208,13	C	Nei	Rød	7,1	3 056 194
Skolebygg	1997-2006	40	3240	195	E	3,5	1,0	20,26	174,74	E	Nei	Rød	8,0	1 039 501
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	40	6000	298	F	3,5	1,0	33,26	264,74	E	Ja	Rød	13,1	3 159 956
Kontorbygg	2007-2010	40	5000	141	C	1,5	1,0	2,98	138,02	C	Nei	Orange	1,0	236 088
Universitets- og høyskolebygg	2007-2010	40	4725	147	C	1,5	1,0	3,19	143,81	C	Nei	Rød	1,0	238 321
Hotellbygg	2007-2010	40	10800	172	B	1,5	1,0	3,31	168,69	B	Nei	Orange	0,9	565 519
Skolebygg	2007-2010	40	3240	137	D	1,5	1,0	3,58	133,42	D	Nei	Orange	1,0	183 503
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	40	6000	214	D	1,5	1,0	6,17	207,83	D	Nei	Orange	1,8	585 787

Kombinasjon 1 – Installasjon av VAV-styring, forbedring av SFP-faktoren og forbedring av varmegjenvinneren i ventilasjonsanlegget

Bygningskategori	Tidsperiode	Levetid [år]	Areal, referansebygg	Energibruk referanse [kWh/m ² år]	Energi-karakter referanse	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Differanse energibruk	Ny energi-karakter	Endret energikarakter?	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet
Kontorbygg	1949-1968	15	5000	506	G	246,7	259,3	G	Nei	Rød	97,4	10 971 118
Universitets- og høyskolebygg	1949-1968	15	4725	465	G	218,5	246,5	F	Ja	Rød	86,3	9 183 352
Hotellbygg	1949-1968	15	10800	551	G	256,5	294,5	D	Ja	Rød	101,3	24 644 084
Skolebygg	1949-1968	15	3240	573	G	358,1	214,9	G	Nei	Rød	141,4	10 319 100
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	15	6000	853	G	466,8	386,2	G	Nei	Rød	184,4	24 911 530
Kontorbygg	1969-1986	15	5000	396	G	179,4	216,6	F	Ja	Rød	70,9	7 977 674
Universitets- og høyskolebygg	1969-1986	15	4725	421	G	218,2	202,8	E	Ja	Rød	86,2	9 172 474
Hotellbygg	1969-1986	15	10800	429	G	182,5	246,5	C	Ja	Rød	72,1	17 532 487
Skolebygg	1969-1986	15	3240	443	G	262,7	180,3	F	Ja	Rød	103,8	7 571 053
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	15	6000	668	G	343,4	324,6	G	Nei	Rød	135,6	18 325 513
Kontorbygg	1987-1996	15	5000	254	F	90,3	163,7	D	Ja	Rød	35,7	4 016 335
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	15	4725	264	F	109,9	154,1	D	Ja	Rød	43,4	4 619 850
Hotellbygg	1987-1996	15	10800	269	D	80,6	188,4	C	Ja	Rød	31,8	7 741 689
Skolebygg	1987-1996	15	3240	271	F	134,6	136,4	E	Ja	Rød	53,2	3 880 059
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	15	6000	409	G	169,3	239,7	D	Ja	Rød	66,9	9 033 885
Kontorbygg	1997-2006	15	5000	189	E	53,0	136,0	C	Ja	Rød	21,0	2 358 824
Universitets- og høyskolebygg	1997-2006	15	4725	195	D	63,9	131,1	C	Ja	Rød	25,2	2 685 615
Hotellbygg	1997-2006	15	10800	226	C	52,8	173,2	B	Ja	Rød	20,9	5 075 731
Skolebygg	1997-2006	15	3240	195	E	75,2	119,8	D	Ja	Rød	29,7	2 168 192
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	15	6000	298	F	98,8	199,2	C	Ja	Rød	39,0	5 270 747
Kontorbygg	2007-2010	15	5000	141	C	26,6	114,4	C	Nei	Orange	10,5	1 181 689
Universitets- og høyskolebygg	2007-2010	15	4725	147	C	32,8	114,2	B	Ja	Orange	13,0	1 378 831
Hotellbygg	2007-2010	15	10800	172	B	27,7	144,3	B	Nei	Gul	11,0	2 664 562
Skolebygg	2007-2010	15	3240	137	D	38,8	98,2	C	Ja	Gul	15,3	1 117 540
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	15	6000	214	D	51,6	162,4	C	Ja	Orange	20,4	2 754 443

Kombinasjon 2 – Installasjon av VAV-styring i ventilasjonsanlegget og aktiv belyningsstyring

Bygningskategori	Tidsperiode	Levetid [år]	Areal, referansebygg	Energibruk referanse [kWh/m ² år]	Energi-karakter referanse	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Differanse energibruk	Ny energi-karakter	Endret energikarakter?	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet
Kontorbygg	1949-1968	15	5000	506	G	47,5	458,5	G	Nei	Rød	18,8	2 112 351
Universitets- og høyskolebygg	1949-1968	15	4725	465	G	49,6	415,4	G	Nei	Rød	19,6	2 086 174
Hotellbygg	1949-1968	15	10800	551	G	55,9	495,1	G	Nei	Rød	22,1	5 367 290
Skolebygg	1949-1968	15	3240	573	G	93,7	479,3	G	Nei	Rød	37,0	2 701 448
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	15	6000	853	G	91,2	761,8	G	Nei	Rød	36,0	4 865 611
Kontorbygg	1969-1986	15	5000	396	G	38,3	357,7	G	Nei	Rød	15,1	1 703 711
Universitets- og høyskolebygg	1969-1986	15	4725	421	G	49,6	371,4	G	Nei	Rød	19,6	2 084 084
Hotellbygg	1969-1986	15	10800	429	G	40,1	389,0	G	Nei	Rød	15,8	3 847 318
Skolebygg	1969-1986	15	3240	443	G	75,0	368,0	G	Nei	Rød	29,6	2 161 895
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	15	6000	668	G	75,9	592,1	G	Nei	Rød	30,0	4 052 439
Kontorbygg	1987-1996	15	5000	254	F	26,2	227,8	F	Nei	Rød	10,3	1 163 757
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	15	4725	264	F	33,2	230,8	F	Nei	Rød	13,1	1 397 403
Hotellbygg	1987-1996	15	10800	269	D	7,9	261,1	D	Nei	Rød	3,1	760 373
Skolebygg	1987-1996	15	3240	271	F	48,2	222,8	F	Nei	Rød	19,1	1 390 083
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	15	6000	409	G	50,1	358,9	F	Ja	Rød	19,8	2 674 862
Kontorbygg	1997-2006	15		189	E		189,0					
Universitets- og høyskolebygg	1997-2006	15		195	D		195,0					
Hotellbygg	1997-2006	15		226	C		226,0					
Skolebygg	1997-2006	15		195	E		195,0					
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	15	6000	298	F	3,3	294,7	F		Rød	1,3	
Kontorbygg	2007-2010	15		141	C		141,0					
Universitets- og høyskolebygg	2007-2010	15		147	C		147,0					
Hotellbygg	2007-2010	15		172	B		172,0					
Skolebygg	2007-2010	15		137	D		137,0					
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	15	6000	214	D	3,9	210,1	D		Orange	2,5	

Kombinasjon 3 – Installasjon av varmepumpe, VAV-styring og aktiv belyningsstyring, samt forbedring av SFP-faktoren og varmegjenvinneren

Bygningskategori	Tidsperiode	Levetid [år]	Areal, referansebygg	Energibruk referanse [kWh/m ² år]	Energi-karakter referanse	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Differanse energibruk	Ny energi-karakter	Endret energikarakter?	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet
Kontorbygg	1949-1968	15	5000	506	G	340,8	165,2	E	Ja	Gul	134,6	15 157 938
Universitets- og høyskolebygg	1949-1968	15	4725	465	G	304,1	160,9	D	Ja	Gul	120,1	12 780 764
Hotellbygg	1949-1968	15	10800	551	G	345,9	205,1	B	Ja	Gul	136,6	33 224 348
Skolebygg	1949-1968	15	3240	573	G	480,3	92,7	E	Ja	Gul	189,7	13 841 031
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	15	6000	853	G	608,7	244,3	E	Ja	Gul	240,4	32 484 068
Kontorbygg	1969-1986	15	5000	396	G	248,9	147,1	D	Ja	Gul	98,3	11 068 808
Universitets- og høyskolebygg	1969-1986	15	4725	421	G	281,0	140,0	D	Ja	Gul	111,0	11 810 298
Hotellbygg	1969-1986	15	10800	429	G	253,5	175,5	B	Ja	Gul	100,1	24 351 875
Skolebygg	1969-1986	15	3240	443	G	355,2	87,8	D	Ja	Gul	140,3	10 235 908
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	15	6000	668	G	448,9	219,1	D	Ja	Gul	177,3	23 955 535
Kontorbygg	1987-1996	15	5000	254	F	129,9	124,1	C	Ja	Gul	51,3	5 776 963
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	15	4725	264	F	144,7	119,3	C	Ja	Orange	57,1	6 080 522
Hotellbygg	1987-1996	15	10800	269	D	131,0	138,0	B	Ja	Gul	51,7	12 583 319
Skolebygg	1987-1996	15	3240	271	F	190,9	80,2	C	Ja	Gul	75,4	5 500 079
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	15	6000	409	G	230,8	178,2	C	Ja	Orange	91,2	12 316 274
Kontorbygg	1997-2006	15	5000	189	E	76,4	112,6	B	Ja	Gul	30,2	3 396 507
Universitets- og høyskolebygg	1997-2006	15	4725	195	D	84,0	111,0	B	Ja	Orange	33,2	3 530 328
Hotellbygg	1997-2006	15	10800	226	C	82,6	143,4	A	Ja	Gul	32,6	7 936 510
Skolebygg	1997-2006	15	3240	195	E	112,7	82,3	C	Ja	Orange	44,5	3 248 046
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	15	6000	298	F	139,4	158,6	C	Ja	Orange	55,1	7 440 647
Kontorbygg	2007-2010	15	5000	141	C	42,0	99,0	B	Ja	Orange	15,3	1 866 590
Universitets- og høyskolebygg	2007-2010	15	4725	147	C	44,4	102,6	B	Ja	Orange	16,2	1 864 287
Hotellbygg	2007-2010	15	10800	172	B	47,0	125,0	A	Ja	Gul	14,8	4 510 596
Skolebygg	2007-2010	15	3240	137	D	60,9	76,1	B	Ja	Gul	20,8	1 754 188
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	15	6000	214	D	74,8	139,2	B	Ja	Orange	26,9	3 991 635

Kombinasjon 4 – Forbedring av bygningens lekkasjetall og ytterveggen U-verdi

Bygningskategori	Tidsperiode	Levetid [år]	Areal, referansebygg	Energibruk referanse [kWh/m ² år]	Energi-karakter referanse	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Differanse energibruk	Ny energi-karakter	Endret energikarakter?	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet
Kontorbygg	1949-1968	40	5000	506	G	127,3	378,7	G	Nei	Rød	50,3	10 076 485
Universitets- og høyskolebygg	1949-1968	40	4725	465	G	107,9	357,1	G	Nei	Rød	42,6	8 071 778
Hotellbygg	1949-1968	40	10800	551	G	78,7	472,3	G	Nei	Rød	31,1	13 460 543
Skolebygg	1949-1968	40	3240	573	G	144,2	428,8	G	Nei	Rød	57,0	7 397 462
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	40	6000	853	G	168,8	684,2	G	Nei	Rød	66,7	16 034 110
Kontorbygg	1969-1986	40	5000	396	G	84,9	311,1	G	Nei	Rød	33,6	6 725 521
Universitets- og høyskolebygg	1969-1986	40	4725	421	G	72,2	348,8	G	Nei	Rød	28,5	5 399 326
Hotellbygg	1969-1986	40	10800	429	G	48,6	380,4	F	Ja	Rød	19,2	8 304 747
Skolebygg	1969-1986	40	3240	443	G	97,4	345,6	G	Nei	Rød	38,5	4 999 053
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	40	6000	668	G	116,2	551,8	G	Nei	Rød	45,9	11 043 133
Kontorbygg	1987-1996	40	5000	254	F	41,0	213,0	E	Ja	Rød	16,2	3 244 669
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	40	4725	264	F	35,8	228,2	E	Ja	Rød	14,1	2 679 514
Hotellbygg	1987-1996	40	10800	269	D	19,4	249,6	D	Nei	Rød	7,7	3 317 586
Skolebygg	1987-1996	40	3240	271	F	42,8	228,2	F	Nei	Rød	16,9	2 196 855
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	40	6000	409	G	62,9	346,1	G	Nei	Rød	24,8	5 972 382
Kontorbygg	1997-2006	40	5000	189	E	20,8	168,2	D	Ja	Rød	8,2	1 646 474
Universitets- og høyskolebygg	1997-2006	40	4725	195	D	18,4	176,6	D	Nei	Rød	7,3	1 376 532
Hotellbygg	1997-2006	40	10800	226	C	19,3	206,7	C	Nei	Rød	7,6	3 292 979
Skolebygg	1997-2006	40	3240	195	E	22,6	172,4	E	Nei	Rød	8,9	1 159 318
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	40	6000	298	F	34,5	263,5	E	Ja	Rød	13,6	3 280 549
Kontorbygg	2007-2010	40	5000	141	C	3,0	138,0	C	Nei	Orange	1,0	236 088
Universitets- og høyskolebygg	2007-2010	40	4725	147	C	3,2	143,8	C	Nei	Rød	1,0	238 321
Hotellbygg	2007-2010	40	10800	172	B	3,3	168,7	B	Nei	Orange	0,9	565 519
Skolebygg	2007-2010	40	3240	137	D	3,6	133,4	D	Nei	Orange	1,0	183 503
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	40	6000	214	D	6,2	207,8	D	Nei	Orange	1,8	585 787

Kombinasjon 5 – Forbedring av bygningens lekkasjetall og vinduenes og dørenes U-verdi

Bygningskategori	Tidsperiode	Levetid [år]	Areal, referansebygg	Energibruk referanse [kWh/m²år]	Energi-karakter referanse	Redusert energibruk [kWh/m²år]	Differanse energibruk	Ny energi-karakter	Endret energikarakter?	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO2 [kg/m²år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet
Kontorbygg	1949-1968	30	5000	506	G	103,4	402,6	G	Nei	Rød	40,9	7 154 752
Universitets- og høyskolebygg	1949-1968	30	4725	465	G	91,0	374,0	G	Nei	Rød	35,9	5 948 639
Hotellbygg	1949-1968	30	10800	551	G	58,6	492,4	G	Nei	Rød	23,2	8 761 444
Skolebygg	1949-1968	30	3240	573	G	109,9	463,1	G	Nei	Rød	43,4	4 925 214
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	30	6000	853	G	148,8	704,2	G	Nei	Rød	58,8	12 349 555
Kontorbygg	1969-1986	30	5000	396	G	80,1	315,9	G	Nei	Rød	31,7	5 543 231
Universitets- og høyskolebygg	1969-1986	30	4725	421	G	68,8	352,2	G	Nei	Rød	27,2	4 499 954
Hotellbygg	1969-1986	30	10800	429	G	44,1	384,9	F	Ja	Rød	17,4	6 592 415
Skolebygg	1969-1986	30	3240	443	G	86,9	356,1	G	Nei	Rød	34,3	3 896 711
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	30	6000	668	G	112,2	555,8	G	Nei	Rød	44,3	9 313 807
Kontorbygg	1987-1996	30	5000	254	F	49,7	204,3	E	Ja	Rød	19,6	3 434 516
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	30	4725	264	F	41,4	222,6	E	Ja	Rød	16,3	2 704 765
Hotellbygg	1987-1996	30	10800	269	D	26,8	242,2	D	Nei	Rød	10,6	4 000 823
Skolebygg	1987-1996	30	3240	271	F	55,5	215,5	E	Ja	Rød	21,9	2 489 762
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	30	6000	409	G	70,6	338,4	F	Ja	Rød	27,9	5 856 369
Kontorbygg	1997-2006	30	5000	189	E	27,8	161,2	D	Ja	Rød	11,0	1 923 234
Universitets- og høyskolebygg	1997-2006	30	4725	195	D	23,1	171,9	D	Nei	Rød	9,1	1 512 251
Hotellbygg	1997-2006	30	10800	226	C	25,6	200,4	C	Nei	Rød	10,1	3 830 836
Skolebygg	1997-2006	30	3240	195	E	33,4	161,6	D	Ja	Rød	13,2	1 497 518
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	30	6000	298	F	41,1	256,9	E	Ja	Rød	16,2	3 411 511
Kontorbygg	2007-2010	30	5000	141	C	4,4	136,6	C	Nei	Orange	1,5	302 071
Universitets- og høyskolebygg	2007-2010	30	4725	147	C	4,3	142,7	C	Nei	Rød	1,3	279 702
Hotellbygg	2007-2010	30	10800	172	B	4,8	167,2	B	Nei	Orange	1,4	721 603
Skolebygg	2007-2010	30	3240	137	D	5,6	131,4	D	Nei	Orange	1,6	249 821
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	30	6000	214	D	7,7	206,3	D	Nei	Orange	2,2	641 410

Kombinasjon 6 - Forbedring av bygningens lekkasjetall samt ytterveggen, dørenes og vinduenes U-verdi

Bygningskategori	Tidsperiode	Levetid [år]	Areal, referansebygg	Energibruk referanse [kWh/m ² år]	Energi-karakter referanse	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Differanse energibruk	Ny energi-karakter	Endret energikarakter?	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet
Kontorbygg	1949-1968	30	5000	506	G	144,9	361,1	G	Nei	Rød	57,2	10 020 332
Universitets- og høyskolebygg	1949-1968	30	4725	465	G	121,3	343,7	G	Nei	Rød	47,9	7 927 650
Hotellbygg	1949-1968	30	10800	551	G	92,1	458,9	G	Nei	Rød	36,4	13 753 239
Skolebygg	1949-1968	30	3240	573	G	165,8	407,2	G	Nei	Rød	65,5	7 429 418
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	30	6000	853	G	185,7	667,3	G	Nei	Rød	73,3	15 411 366
Kontorbygg	1969-1986	30	5000	396	G	103,2	292,8	G	Nei	Rød	40,8	7 141 070
Universitets- og høyskolebygg	1969-1986	30	4725	421	G	85,0	336,0	G	Nei	Rød	33,6	5 558 296
Hotellbygg	1969-1986	30	10800	429	G	63,0	366,0	F	Ja	Rød	24,9	9 415 305
Skolebygg	1969-1986	30	3240	443	G	121,5	321,5	G	Nei	Rød	48,0	5 443 712
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	30	6000	668	G	132,9	535,1	G	Nei	Rød	52,5	11 026 908
Kontorbygg	1987-1996	30	5000	254	F	54,4	199,6	E	Ja	Rød	21,5	3 765 236
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	30	4725	264	F	44,0	220,0	E	Ja	Rød	17,4	2 877 892
Hotellbygg	1987-1996	30	10800	269	D	30,8	238,2	D	Nei	Rød	12,2	4 606 335
Skolebygg	1987-1996	30	3240	271	F	62,5	208,5	E	Ja	Rød	24,7	2 800 300
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	30	6000	409	G	74,9	334,1	F	Ja	Rød	29,6	6 218 229
Kontorbygg	1997-2006	30	5000	189	E	29,2	159,8	D	Ja	Rød	11,5	2 017 662
Universitets- og høyskolebygg	1997-2006	30	4725	195	D	24,1	170,9	D	Nei	Rød	9,5	1 573 547
Hotellbygg	1997-2006	30	10800	226	C	26,9	199,1	C	Nei	Rød	10,6	4 017 285
Skolebygg	1997-2006	30	3240	195	E	35,6	159,4	D	Ja	Rød	14,1	1 595 875
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	30	6000	298	F	42,4	255,6	E	Ja	Rød	16,8	3 521 986
Kontorbygg	2007-2010	30	5000	141	C	4,4	136,6	C	Nei	Orange	1,5	302 071
Universitets- og høyskolebygg	2007-2010	30	4725	147	C	4,3	142,7	C	Nei	Rød	1,3	279 702
Hotellbygg	2007-2010	30	10800	172	B	4,8	167,2	B	Nei	Orange	1,4	717 135
Skolebygg	2007-2010	30	3240	137	D	5,6	131,4	D	Nei	Orange	1,6	249 821
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	30	6000	214	D	7,7	206,3	D	Nei	Orange	2,2	641 410

Kombinasjon 7 – Gjennomføring av samtlige tiltak

Bygningskategori	Tidsperiode	Levetid [år]	Areal, referansebygg	Energibruk referanse [kWh/m ² år]	Energi-karakter referanse	Redusert energibruk [kWh/m ² år]	Differanse energibruk	Ny energi-karakter	Endret energikarakter?	Ny oppvarmings-karakter	Redusert CO ₂ [kg/m ² år]	Maksimal investering ut fra lønnsomhet
Kontorbygg	1949-1968	15	5000	506	G	413,7	92,3	B	Ja	Orange	163,4	18 398 636
Universitets- og høyskolebygg	1949-1968	15	4725	465	G	378,9	86,1	B	Ja	Orange	149,7	15 922 740
Hotellbygg	1949-1968	15	10800	551	G	409,8	141,3	A	Ja	Orange	161,9	39 361 760
Skolebygg	1949-1968	15	3240	573	G	574,6	-1,6	B	Ja	Orange	227,0	16 559 451
Forretningsbygg (Butikk)	1949-1968	15	6000	853	G	720,9	132,1	B	Ja	Orange	284,8	38 475 055
Kontorbygg	1969-1986	15	5000	396	G	305,1	90,9	B	Ja	Orange	120,5	13 570 116
Universitets- og høyskolebygg	1969-1986	15	4725	421	G	332,8	88,2	B	Ja	Orange	131,5	13 986 220
Hotellbygg	1969-1986	15	10800	429	G	298,5	130,5	A	Ja	Orange	117,9	28 674 134
Skolebygg	1969-1986	15	3240	443	G	420,8	22,2	B	Ja	Orange	166,2	12 127 572
Forretningsbygg (Butikk)	1969-1986	15	6000	668	G	528,5	139,5	B	Ja	Orange	208,8	28 206 735
Kontorbygg	1987-1996	15	5000	254	F	158,1	95,9	B	Ja	Orange	62,4	7 030 263
Universitets- og høyskolebygg	1987-1996	15	4725	264	F	169,0	95,0	B	Ja	Orange	66,8	7 104 614
Hotellbygg	1987-1996	15	10800	269	D	89,0	180,0	C	Ja	Orange	35,2	8 549 319
Skolebygg	1987-1996	15	3240	271	F	222,0	49,0	B	Ja	Orange	87,7	6 398 650
Forretningsbygg (Butikk)	1987-1996	15	6000	409	G	269,5	139,5	B	Ja	Orange	106,5	14 383 004
Kontorbygg	1997-2006	15	5000	189	E	93,1	95,9	B	Ja	Orange	36,8	4 141 857
Universitets- og høyskolebygg	1997-2006	15	4725	195	D	98,8	96,2	B	Ja	Orange	39,0	4 150 974
Hotellbygg	1997-2006	15	10800	226	C	96,9	129,1	A	Ja	Orange	38,3	9 305 103
Skolebygg	1997-2006	15	3240	195	E	131,4	63,6	B	Ja	Orange	51,9	3 787 021
Forretningsbygg (Butikk)	1997-2006	15	6000	298	F	162,3	135,7	B	Ja	Orange	64,1	8 660 779
Kontorbygg	2007-2010	15	5000	141	C	42,5	98,5	B	Ja	Orange	15,2	1 890 615
Universitets- og høyskolebygg	2007-2010	15	4725	147	C	47,2	99,8	B	Ja	Orange	17,2	1 981 724
Hotellbygg	2007-2010	15	10800	172	B	49,6	122,4	A	Ja	Gul	15,7	4 760 707
Skolebygg	2007-2010	15	3240	137	D	64,2	72,8	B	Ja	Orange	21,9	1 849 032
Forretningsbygg (Butikk)	2007-2010	15	6000	214	D	80,0	134,0	B	Ja	Orange	28,7	4 269 710

VEDLEGG B – INTERVJUSKJEMAER

I forbindelse med masteroppgaven ble det utarbeidet to forskjellige intervjueskjemaer. Et for beslutningstakere/eiendomseiere/forvaltere, og et for tekniske entreprenører som arbeider med utførelse av energibesparende tiltak. Grunnen til differensieringen er forfatterens antakelse om at de ulike aktørene vil identifisere ulike muligheter og barrierer knyttet til realiseringen av forbedring av en bygnings energimerke. Antakelsen om at de ulike aktørene vil se ulike muligheter og barrierer er også forankret i funn fra litteraturstudiet. Herunder blant annet Lavenergiutvalgets hovedrapport del 1 om energieffektivisering [45] og rapporten *Potensial- og barrierestudie. Energieffektivisering i norske yrkesbygg* utarbeidet Multiconsult AS og Analyse og Strategi for Enova [6].

Spørsmålene i de utarbeidede intervjueskjemaene er i hovedsak utarbeidet av to årsaker:

1. Finne ut hvordan virksomheten arbeider med gjennomføring av tiltak knyttet til energibesparing og forbedret miljøprofilering.
2. Danne et grunnlag for diskusjon om temaene tatt opp i intervjuene.

Det ble valgt å benytte digitalt opptak i forbindelse med intervjuene. Dette grunnet et ønske om å kunne fokusere på å stille de riktige følgespørsmålene til respondentene, og for å skape transparens i arbeidet.

Intervjueskjemaene er også utformet på en måte som gjør at skjemaene kan sendes ut til respondentene dersom de heller ønsker å svare digitalt.

Som etiske retningslinjer ved gjennomføring av intervjuene ble det valgt å benytte følgende tiltak:

- ❖ Hver respondent ble på forhånd spurt om de hadde innvendinger mot digitalt opptak.
- ❖ Hver respondent ble spurt om de ønsket å holde navn på person og virksomhet anonymisert.
- ❖ Hver respondent ble tilbudt å gjennomgå forfatterens hovedfunn (se kapitel 6.) fra intervjuet før de ble benyttet i denne masteroppgaven.

Intervjueskjemaet for beslutningstakere/eiendomseiere/forvaltere er vist i B1.
Intervjueskjemaet for tekniske entreprenører er vist i B2.

B1 – Intervjuskjema for eiendomseiere/beslutningstakere/forvaltere

Intervjuskjemaet er delt opp i ulike temaer som anses relevante i forbindelse med virksomhetens arbeid med energibesparelser og redusert miljøpåvirkning. Avslutningsvis i intervjuene ble personene bedt om å drøfte egne generelle tanker om gjennomføring av energibesparende tiltak som eventuelt ikke ble viet oppmerksomhet gjennom spørsmålene.

Intervjuskjema for eiendomseiere/beslutningstakere/forvaltere i eiendomsvirksomheter

Generell informasjon:

Hovedmålet med denne masteroppgaven er å identifisere mulige energibesparende tiltak i eksisterende yrkesbygninger, og knytte effekten av energibesparelsene opp mot bygningenes eventuelt forbedrede energimerke. Det er antatt at en hensiktsmessig måte for å kunne identifisere hvilke tiltak er å gjennomføre intervjuer ulike aktører innenfor bygge- og eiendomsnæringen. Dette for å se på blant annet:

- ❖ Hvor beslutningene må tas for å gjennomføre energibesparende tiltak.
- ❖ Hvilke insitament som må ligge til grunn.
- ❖ Hvorfor tiltakene ønskes gjennomført.
- ❖ Barrierer for gjennomføring av tiltakene.

Praktisk informasjon:

Med energibesparende tiltak nevnt i spørsmålene tenkes det hovedsakelig på tiltak knyttet til bygge- og installasjonstekniske arbeider.

Effektivisering med hensyn til organisatoriske og driftsmessige tiltak er *ikke* et fokusområde i forbindelse med denne masteroppgave, og bes derfor ikke vektlegges i stor grad. Dette grunnet oppgavens begrensninger samt relevansen for oppgavens mål, som er å identifisere satsningsområder, muligheter og barrierer i gjennomføring av energibesparende tiltak relevant for forbedring av bygningers energimerke.

Respondenten er dog velkommen å komme med innspill knyttet til eventuelle erfaringer med driftseffektivisering med hensyn til redusert energiforbruk.

TEMA: Generell informasjon om respondenten og virksomheten

Spørsmål 1: *Representerer De den offentlige eller private eiendomssektoren?*

Spørsmål 2: *Hvilken rolle har De i virksomheten, og hvilket mandat har De i forbindelse med investeringsbeslutninger knyttet til gjennomføring av energibesparende tiltak?*

Spørsmål 3: *Arbeider De hovedsakelig med nybygning eller eksisterende bygningsmasse i virksomheten?*

Spørsmål 4: *Hvor stor eiendomsportefølje har deres virksomhet (kvadratmeter), og hvilke bygningskategorier omfavner eiendomsporteføljen?*

Spørsmål 5: *Hva for kunnskap har De om energimerkeforskriften og energimerking av bygninger?*

TEMA: Virksomhetens satsning på energibesparelse og redusert miljøpåvirkning

Spørsmål 6: *Har dere en egen avdeling for arbeid med energibesparelser i nybygg og i eksisterende bygningsmasse? Hvis ja; hvor mange arbeider til daglig med dette?*

Spørsmål 7: *Benytter deres virksomhet ISO standarden ISO 5001 for energiledelse? Hvis ja; hva for erfaringer har De fra dette?*

Spørsmål 8: *Hvordan opplever De at virksomhetenes ledelse promoterer og prioriterer energi- og miljøprofileringen av deres eiendomsmasse?*

Spørsmål 9: *Hvilken generell oppfatning har De at virksomheten arbeider med gjennomføring av tiltak som reduserer energiforbruket og forbedrer miljøprofilen av virksomhetens eiendomsmasse?*

Spørsmål 10: *Dersom dere satser på gjennomføring av tiltak som fører til redusert energiforbruk, gjennomføres disse av interne eller eksterne aktører?*

Spørsmål 11: *Har De erfaring med energisparekontrakter (EPC)? Hvis ja; hvilke erfaringer har De med dette?*

TEMA: Insitament og muligheter for gjennomføring av energibesparende tiltak på eksisterende eiendomsmasse.

Spørsmål 12: *Hvilke muligheter ser De i forbindelse med gjennomføring av energibesparende tiltak i virksomhetens eiendomsmasse? Eksempelvis økte leieinntekter, generell markedsprofilering av miljøvennlige bygninger, forbedret innneklima, annet?*

Spørsmål 13: *Hvilke insitament kan føre til et økt fokus på gjennomføring av energibesparende tiltak i virksomheten? Eksempelvis finansiering gjennom offentlige støtteordninger (blant annet Enova), markedsføringsverdi for virksomheten, kontrahering av attraktive leietakere, annet.*

Spørsmål 14: *Hvordan opplever De markedsføringen fra eksterne entreprenører med hensyn til identifisering av potensiale for energibesparende tiltak i deres eiendomsmasse?*

TEMA: Barrierer for gjennomføring av energibesparende tiltak i virksomheten.

Spørsmål 15: *Dersom De skulle identifisere barrierer for gjennomføring av energibesparende tiltak; hvilke ville dette være?*

Spørsmål 16: *Kjenner De igjen noen av følgende barrierer i forbindelse med identifisering og gjennomføring av energibesparende tiltak, og kan De si noe om disse?*

Barrierer:

- ❖ *Organisatoriske*
- ❖ *Tekniske*
- ❖ *Økonomiske*
- ❖ *Kunnskapsbaserte*

INTERVJUAVSLUTNING

Spørsmål 17: *Er det andre temaer utover dem belyst av tidligere spørsmål De ønsker å ta opp i forbindelse med gjennomføring av energibesparende tiltak i eksisterende eiendomsmasse?*

B2 – Intervjuskjema for tekniske entreprenører

Intervjuskjema for tekniske entreprenører
<p>Generell informasjon:</p> <p>Hovedmålet med denne masteroppgaven er å identifisere mulige energibesparende tiltak i eksisterende yrkesbygninger, og knytte effekten av energibesparelsene opp mot bygningenes eventuelt forbedrede energimerke. Det er antatt at en hensiktsmessig måte for å kunne identifisere hvilke tiltak er å gjennomførbare intervjuer ulike aktører innenfor bygge- og eiendomsnæringen. Dette for å se på blant annet:</p> <ul style="list-style-type: none">❖ Hvor beslutningene må tas for å gjennomføre energibesparende tiltak.❖ Hvilke insitament som må ligge til grunn.❖ Hvorfor tiltakene ønskes gjennomført.❖ Barrierer for gjennomføring av tiltakene.
<p>Praktisk informasjon:</p> <p>Med energibesparende tiltak nevnt i spørsmålene tenkes det hovedsakelig på tiltak knyttet til bygge- og installasjonstekniske arbeider.</p> <p>Effektivisering med hensyn til organisatoriske og driftsmessige tiltak er <i>ikke</i> et fokusområde i forbindelse med denne masteroppgave, og bes derfor ikke vektlegges i stor grad. Dette grunnet oppgavens begrensninger samt relevansen for oppgavens mål, som er å identifisere satsningsområder, muligheter og barrierer i gjennomføring av energibesparende tiltak relevant for forbedring av bygningers energimerke.</p> <p>Respondenten er dog velkommen å komme med innspill knyttet til eventuelle erfaringer med driftseffektivisering med hensyn til redusert energiforbruk.</p>
<p>TEMA: Generell informasjon om respondenten og foretaket.</p>
<p>Spørsmål 1: <i>Kan De fortelle på et overordnet nivå hva Deres foretak arbeider med?</i></p>
<p>Spørsmål 2: <i>Hvilken rolle har De i deres foretak, og arbeider De hovedsakelig med nye eller eksisterende bygg?</i></p>
<p>Spørsmål 3: <i>Hva for kunnskap har De om energimerkeforskriften og energimerking av bygninger?</i></p>
<p>TEMA: Foretakets arbeid med gjennomføring av energibesparende tiltak på eksisterende bygninger.</p>
<p>Spørsmål 4: <i>Hvor mange ansatte hos dere arbeider til daglig med gjennomføring av energibesparende tiltak i eksisterende bygninger?</i></p>

Spørsmål 5: *Hvordan arbeider deres bedrift med markedsføring mot potensielle oppdragsgivere med hensyn til identifisering og gjennomføring av energibesparende tiltak?*

Spørsmål 6: *Benytter deres foretak finansieringsmodeller basert på offentlige støtteprogrammer ved identifisering og gjennomføring av energibesparende tiltak på eksisterende bygninger? Eksempelvis fra Enova.*

Spørsmål 7: *Benytter deres en generell arbeidsmetodikk og kontraktsform for identifisering og gjennomføring av energibesparende tiltak?*

TEMA: Foretakets erfaringer fra utførte energibesparende arbeider.

Spørsmål 8: *Dersom svaret var ja i spørsmål 7; hva er erfaringene ved bruk av den generelle arbeidsmetodikken og kontraktsformen?*

Spørsmål 9: *Hva er de vanligste årsakene til at eiendomseiere kontraherer dere for gjennomføring av energibesparende tiltak? Eksempelvis ønske om redusert energikostnader, økt miljøprofilering av bygningen, forbedret inneklime*

Spørsmål 10: *Hvilke vansker har dere opplevd i forbindelse med gjennomføring av disse tiltak?*

Spørsmål 11: *Hva er deres erfaringer med resultatene fra gjennomførte tiltak? Oppnår bygningene kalkulerte besparelser? Hvis ikke; hva trur De er årsaken til dette?*

Spørsmål 12: *Etter gjennomførte tiltak, er det dere eller oppdragsgiveren som står for videre drift av de tekniske anleggene? Hvilket av alternative anser De gi best resultat med hensyn til redusert energiforbruk, og hvorfor?*

Spørsmål 13: *Hvilke barrierer og muligheter har De erfart i forbindelse med deres arbeid med identifisering og gjennomføring av energibesparende tiltak i eksisterende bygninger?*

INTERVJUAVSLUTNING

Spørsmål 14: *Er det andre temaer utover dem belyst av tidligere spørsmål De ønsker å belyse i forbindelse med gjennomføring av energibesparende tiltak på eksisterende bygninger?*

VEDLEGG C - KOSTNADSBEREGNINGER

Vedlegget beskriver de ulike kostnadspostene som bør vies hensyn ved vurderinger knyttet til gjennomføring energibesparende tiltak. Utarbeidelsen av punktene er formulert med utgangspunkt i informasjon fra:

- ❖ Kapittel 5. i denne masteroppgave.
- ❖ Teknisk entreprenører.
- ❖ Forfatterens egne arbeids- og studieerfaringer.

Ved kartlegging av eksisterende bygge- og installasjonstekniske konstruksjoner bør alltid den samvirkende effekten av å gjennomføre flere tiltak vurderes. Eksempelvis vil det ved utbytte av ventilasjonskanalnett være hensiktsmessig å se på å skifte varmegjenvinner og vifte. Et annet eksempel vil være at man ved utskifting av vinduer medregner energibesparelser knyttet til redusert lekkasjetall som følger bedre tetting rundt vinduene.

Siden energimerking av bygninger utføres med normerte verdier for; *driftstid, varmetilskudd for belysning, utstyr, varmtvann og person, settpunkttemperaturer for oppvarming og kjøling* samt *netto effekt- og energibehov i driftstiden og årlig energibehov for belysning, utstyr og varmtvann*, er tiltak knyttet til disse verdier ikke vurdert nærmere. Ved vurderinger av energibesparende tiltak hvor forbedring av bygningens energimerke ikke er relevant, bør det ses nærmere på blant annet redusert vannforbruk, endrede driftstider, effektivisering av utvendige tekniske installasjoner og reelt energiforbruk av belysning og utstyr for den aktuelle bygningen.

Kostnadspostene er presentert i vedlegg C1.

Levetider for de ulike tiltakene presenteres i vedlegg C2. Levetidene baseres på levetider gitt i Tabell 13.

C1 – Parametere ved kostnadsberegning av energibesparende tiltak

Tabell 54. Liste over energibesparende tiltak. Listen differensierer mellom bygge- og installasjonstekniske arbeider. Sist i tabellen vises kombinasjoner av tiltakene som anses hensiktsmessige å se på i samband med hverandre.

Energibesparende tiltak	Beskrivelse av tiltaket	Kostnadsposter	Endring (gjelder samtlige tidsperioder og bygningskategorier)
INSTALLASJONSTEKNISKE ARBEIDER			
Tiltak 1 – Forbedret SFP-faktor	Forbedret SFP-faktor innebærer å redusere trykktapet i ventilasjonssystemet, og dermed redusere strømforbruk som medgår til viftedrift. Redusert trykktap oppnås vanligvis ved følgende tiltak: <ul style="list-style-type: none"> ❖ Øke dimensjon på ventilasjonskanalene. ❖ Bruk av krumme bend i ventilasjonskanalene. ❖ Bruk av energieffektive filter. ❖ Bruk av andre komponenter som fører til lavt trykktap. ❖ Bytte ut eksisterende vifte med et mer effektivt produkt. 	<u>Interne kostnader</u> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Kartlegging av eksisterende ventilasjonsanlegg. ❖ Utarbeidelse av anbudsbeskrivelse. ❖ Kontrahering av utførende entreprenør. ❖ Investeringskostnader; ved egenfinansiering bør avkastningstap medregnes. Ved ekstern finansiering bør rentekostnader medregnes. 	Reduksjon til 1,5 h ⁻¹
Tiltak 2 – Forbedret varmegjenvinningsgrad i ventilasjonsanlegget	Utskifting av eksisterende varmegjenvinner med eksempelvis en roterende varmegjenvinner med høy virkningsgrad.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Opplæring av driftspersonell i drift og vedlikehold av det nye systemet. 	Økning til 80 %
Tiltak 3 – Installasjon av VAV-styring	Installasjon av spjeld og regulatorer samt følere for eksempelvis; <i>temperatur, fuktighet, CO₂</i> og/eller <i>trykkforhold</i> . Ved bruk av VAV kan luftmengder reduseres med 20 % i henhold til NS 3031:2014. Reduserte luftmengder medfører redusert energibruk til oppvarming av tilluft.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Eventuelle endrede drift- og vedlikeholdskostnader. ❖ Tap av utleieinntekter for areal påvirket av tiltaket. <u>Eksterne kostnader</u> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Entreprisekostnad 	Reduksjon av luftmengder med 20 %. Gjelder ikke tidsperiodene TEK'07 og TEK'97.

Energibesparende tiltak	Beskrivelse av tiltaket	Kostnadsposter	Endring (gjelder samtlige tidsperioder og bygningskategorier)
Tiltak 4 – Installasjon av aktiv styring av belysning.	Installasjon av eksempelvis bevegelsessensorer for intern belysning. Bruk av aktiv belysningsstyring åpner for redusering av 20 % av effektbehovet til belysning, i henhold til NS 3031:2014.	❖ Uforutsette kostnader, eksempelvis grunnet mangelfull beskrivelse og/eller uforutsette forhold på arbeidsplassen.	Reduksjon av effekten til belysning med 20 %. Gjelder ikke tidsperiodene TEK'07 og TEK'97.
Tiltak 5 – Installasjon av varmepumpe	En varmepumpe omvandler effektivt elektrisitet til varmeenergi. Grunnet dette kan en varmepumpe omvandle 1 kWh kjøpt elektrisitet, til eksempelvis 3 kWh oppvarmingsenergi. Dermed kan behovet for kjøpt energi til oppvarming av romluft og varmtvann reduseres betraktelig. Installasjon av varmepumpe er regnet med 80 % dekningsgrad på varmtvann og romoppvarming. For tidsperioden TEK07 er fjernvarme beregnet som topplast. Det vil si at fjernvarme dekker 20 % av varmtvann og romoppvarming, og varmepumpe dekker de resterende 80 %. Elektrisitet dekker resterende poster.		Benyttet: ❖ Systemvirkningsgrad romoppvarming: 2,45 ❖ Systemvirkningsgrad varmtvann: 2,60
Tiltak 6 – Installasjon av solcellepaneler	Solcellepaneler omvandler solenergi til elektrisitet, som kan benyttes i bygningen eller selges til det eksterne energinettet. Installering av solcellepaneler reduserer dermed både CO ₂ -utslippene og energikostnadene. El-produksjon fra solcellepaneler kan også kobles til batterier, slik at elektrisiteten kan		Installasjon solcellepanel. Inndata benyttet: ❖ Areal: 1 000 m ² ❖ Virkningsgrad: 0,18 ❖ Tapsfaktor panel: 0,89 ❖ Tapsfaktor inverter: 0,95 ❖ Helningsvinkel: 36 ° ❖ Himmelretning: 180 °

Energibesparende tiltak	Beskrivelse av tiltaket	Kostnadsposter	Endring (gjelder samtlige tidsperioder og bygningskategorier)
	benyttes på de tidspunkter når solen er borte.		Startdato for snødekke 1. desember. Stoppdato snødekke: 1. mars.
BYGGETEKNISKE ARBEIDER			
Tiltak 7 – Forbedring av U-verdi vegg	<p>Forbedring av veggens U-verdi betyr å redusere veggens varmetap, og gjøres ved tilleggisolering. Vurdering må gjøres om veggene skal rives helt, eller kun etterisoleres.</p> <p>Ved tilleggisolering er det viktig å ta hensyn til å vurdere fukttekniske utfordringer. Dette kan eksempelvis være forandrede temperaturforhold i betong- og murvegger som medfører frost- og kondensproblematikk, plassering av dampspærre med hensyn til fukttransport, etablering av to-trinnstetting for å luften utvendig fasade og eventuell innbygning av organiske materialer.</p> <p>Ved tilleggisolering anbefales det å montere ny innvendig dampspærre for å redusere bygnings lekkasjetall, for å senke varmetapet grunnet infiltrasjon (varmetap grunnet luftlekkasjer).</p>	<p><u>Interne kostnader</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Kartlegging av eksisterende ventilasjonsanlegg. ❖ Utarbeidelse av anbudsbeskrivelse. ❖ Kontrahering av utførende entreprenør. ❖ Investeringskostnader; ved egenfinansiering bør avkastningstap medregnes. Ved ekstern finansiering bør rentekostnader medregnes. ❖ Eventuelle endrede og vedlikeholdskostnader. ❖ Tap av utleieinntekter for areal påvirket av tiltaket. <p><u>Eksterne kostnader</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Entreprenørkostnad ❖ Uforutsette kostnader, eksempelvis grunnet mangelfull beskrivelse 	<p>Endret til 0,18 [W/m²K]. Tilsvarende ca. 250 – 300 mm isolasjon.</p> <p>For tidsperiode TEK'07 medfører dette ikke noen endring.</p>
Tiltak 8 – Forbedring av U-verdi tak		<p><u>Eksterne kostnader</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Entreprenørkostnad ❖ Uforutsette kostnader, eksempelvis grunnet mangelfull beskrivelse 	<p>Endret til 0,13 [W/m²K]. Tilsvarende ca. 300 – 350 mm kontinuerlig isolasjon.</p> <p>For tidsperiode TEK'07 medfører dette ikke noen endring.</p>

Energibesparende tiltak	Beskrivelse av tiltaket	Kostnadsposter	Endring (gjelder samtlige tidsperioder og bygningskategorier)
Tiltak 9 – Utskifting av U-verdi vindu og dør	<p>Vinduer og dører på eldre bygninger har ofte dårlige U-verdier. Utskifting av disse kan dermed senke bygningens transmisjonsvarmetap vesentlig.</p> <p>Ved utskifting av vinduene/dørene bør det også sørges for å tette godt mellom utsparingene og vinduet/døren. Dette vil bidra til reduserte luftlekkasjer og dermed et lavere varmetap.</p>	og/eller uforutsette forhold på arbeidsplassen.	Endret til 1,0 [W/m²K]
Tiltak 10 – Forbedring av bygningens lekkasjetall	<p>Forbedring av en bygning lekkasjetall gjøres eksempelvis ved å montere ny innvendig dampspærre, samt tette ekstra rundt vinduer og dører. Ved montering av ny innvendig dampspærre bør sammenføyninger og gjennomføringer tettes med tape og mansjetter.</p> <p>Montering av ny dampspærre, og arbeidet knyttet til ekstra tetting rundt vinduer, gjøres med fordel i forbindelse med tilleggisolering av veggene og utskifting av vinduene.</p>		Endret til 1,0 [h ⁻¹]
KOMBINERTE TILTAK			
KOMBINASJON 1 Tiltak 1, 2 og 3	Kombinasjon av tiltakene beskrevet ovenfor. Samtlige tiltak er knyttet til ventilasjonsanlegget, og anses dermed som hensiktsmessige å utføre samtidig.	Se punktene ovenfor.	
KOMBINASJON 2 Tiltak 3 og 4	Installasjon av VAV- og belysningsstyring. Begge tiltakene går på blant annet installasjon av blant annet sensorer,	Se punktene ovenfor.	

Energibesparende tiltak	Beskrivelse av tiltaket	Kostnadsposter	Endring (gjelder samtlige tidsperioder og bygningskategorier)
	elektriske føringer og omprogrammering av EOS-systemet. Ikke aktuell for tidsperiodene TEK07 og TEK97.		
KOMBINASJON 3 Tiltak 1, 2, 3, 4 og 5	Større teknisk ombygging, inklusive installasjon av varmepumpe.	Se punktene ovenfor.	
KOMBINASJON 4 Tiltak 7 og 10	Forbedring av veggens U-verdi bør kombineres med ny innvendig dampspærre, og fokus på tetting av gjennomføringer. Tiltakene anses dermed hensiktsmessig å se på i samband.	Se punktene ovenfor.	
KOMBINASJON 5 Tiltak 9 og 10	Utskifting av vinduer og dører bør ses i samband med forbedring av lekkasjetallet.	Se punktene ovenfor.	
KOMBINASJON 6 Tiltak 7, 9 og 10	Forbedring av veggens U-verdi, utskifting av vinduer og dører ses på i samband med redusering av bygningens lekkasjetall.	Se punktene ovenfor.	
KOMBINASJON 7 Alle tiltak.	Alle tiltak. Tilsvarende tilnærmet en total rehabilitering av bygningen.	Se punktene ovenfor.	

C2 – Levetider for de ulike tiltakene

Tabell 55. Levetider for de ulike tiltakene benyttet i denne masteroppgaven.

Tiltak	Levetid [år]
Tiltak 1 – Forbedret SFP-faktor	15
Tiltak 2 – Forbedret varmegjenvinningsgrad i ventilasjonsanlegget	15
Tiltak 3 – Installasjon av VAV-styring	15
Tiltak 4 – Installasjon av aktiv styring av belysning.	20
Tiltak 5 – Installasjon av varmepumpe	15
Tiltak 6 – Installasjon av solcellepanaler	25
Tiltak 7 – Forbedring av U-verdi vegg	40
Tiltak 8 – Forbedring av U-verdi tak	40
Tiltak 9 – Utskifting av U-verdi vindu og dør	30
Tiltak 10 – Forbedret lekkasjetall	40
Kombinasjon 1	15
Kombinasjon 2	15
Kombinasjon 3	15
Kombinasjon 4	40
Kombinasjon 5	30
Kombinasjon 6	30
Kombinasjon 7	15

VEDLEGG D - FORUTSETNINGER FOR REFERANSEBYGNINGENE

Vedlegget sikter til å redegjøre for de forutsetninger som ble benyttet i beregningsmodellene for referansebygningene. Forutsetningene baseres på normerte verdier fra *NS 3031:2014, Potensial- og barrierestudie. Energieffektivisering i norske yrkesbygg, Praktisk veileder for energimerking*, statistikk fra kapittel 3.3 og de nye energikravene i TEK'10 (TEK'16) [6] [11] [18] [26]. Det vises for øvrig til Tabell 8 i hoveddelen av denne masteroppgave for nærmere forklaring om opprinnelsen til tallene i tabellene nedenfor. Normerte verdier beskrevet i kapittel 3.2 er benyttet.

For samtlige referansebygninger i tidsperioden 1949 – 2006 er det valgt elektrisitet som kilde for romoppvarming, varmtvann samt som forsyningskilde for ventilasjonssystemenes varme- og kjølebatteri og lokal kjøling. For bygninger mellom 2007 til 2010 er det valgt en fordeling hvor 80 % av romoppvarmingen og oppvarming av varmtvann dekkes av fjernvarme, resterende 20 % dekkes av elektrisitet. Energikilde til varme- og kjølebatteri i ventilasjonssystemet og lokal kjøling er forutsatt å være elektrisitet. Systemvirkningsgradene er basert på tilgjengelige virkningsgrader i SIMIEN, som benytter verdier fra NS3031:2014, tillegg B.

Ekvivalent U-verdi på gulv varierer avhengig av bygnings grunnflate og omkrets. Større grunnflate gir lavere U-verdi, selv dersom det ikke legges inn isolasjon under bunnplaten.

Solfaktor for vinduene er valgt ut fra standardverdier beskrevet i NS3031:2014, tillegg E.

Del D1 beskriver konstruksjons- og installasjonsteknisk inndata

Del D2 beskriver oppvarmingssystem med tilhørende virkningsgrad for de ulike tidsperiodene. Det er valgt samme type system for alle bygningskategorier i de ulike tidsperiodene.

D1 – Konstruksjons- og installasjonsteknisk inndata

Tabell 56. Forutsetninger for energiberegninger for referansebygningene med energikrav i henhold til TEK'16.

Energikrav i byggeteknisk forskrift, TEK'16	Kontorbygg TEK'16	Universitets- og høgskolebygg TEK'16	Hotellbygg TEK'16	Skolebygg TEK'16	Forretningsbygg TEK'16
Begrensning i glass-/vindu- og glassareal av oppvarmet BRA [%]	25	25	25	25	25
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Ekvivalent u-verdi gulv mot grunnen [W/m ² K]	0,10	0,10	0,10	0,10	0,01
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
U-verdi vinduer, dører og porter [W/m ² K]	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Luftlekkasjetall N ₅₀ [h ⁻¹]	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Ventilasjonsluftmengder [m ³ /(h*m ²)] * <i>Tall i parentes representerer luftmengde utenfor driftstid.</i>	8 (3)	10,4 (3)	8 (3)	12,8 (3)	16 (5)
Temperaturvirkningsgrad på ventilasjonssystemets varmegjenvinner [%]	80	80	80	80	80
Frostsikringstemperatur [°C]	-10	-10	-10	-10	-10
SFP-faktor [kW/(m ³ /s)]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Natt- og helgesenking	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Solskjerming for eliminering av lokal kjøling	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

Energikrav i byggeteknisk forskrift, TEK'16	Kontorbygg TEK'16	Universitets- og høgskolebygg TEK'16	Hotellbygg TEK'16	Skolebygg TEK'16	Forretningsbygg TEK'16
Installert effekt ventilasjonskjøling (komfortkjøling) [W/m ²]	Nødvendig kjøleeffekt simulert i SIMIEN for oppnåelse av temperaturkrav gitt i arbeidstilsynets veiledning <i>Veiledning om Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen</i> for lettarbeid, motsvarende en settpunkttemperatur på 26 °C [27].				
Internlastar:					
Belysning [W/m ²] **	6,4	6,4	6,4	8	12
Utstyr [W/m ²]	11	11	1	6	1
Varmtvann [W/m ²]	1,6	1,6	5,1	4,5	2,7
Varmetilskudd fra personer [W/m ²]	4	6	2	12	10
Solskjerming, total fast solfaktor	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Aktivisert stilling	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Automatisk styring av solskjerming ved gitt solflux [W/m ²]	175	175	175	175	175
Areal yttervegg, eksl. vindu/dører/porter [m ²]	1680	1075	2880	1469	1584
Areal vinduer/dører/porter [m ²]	420	269	720	367	396
Areal tak [m ²]	1000	1575	900	810	3000
Areal gulv mot grunnen [m ²]	1000	1575	900	810	3000
Oppvarmet BRA [m ²]	5000	4725	10800	3240	6000
Oppvarmet volum [m ³]	15000	13230	27000	9072	27000

* Det forutsettes VAV-styring på samtlige bygningskategorier. Luftmengder etter NS 3031:2014, tabell B.1 redusert med 20 %.

** Det forutsettes automatisk belysningsstyring. Verdier etter NS 3031:2014, tabell A.1 redusert med 20 %.

Tabell 57. Forutsetninger for energiberegninger for referansebygningene med energikrav i henhold til TEK'10.

Energi­krav i byggeteknisk forskrift, TEK'10	Kontorbygg TEK'10	Universitets- og høgskolebygg TEK'10	Hotellbygg TEK'10	Skolebygg TEK'10	Forretningsbygg TEK'10
Begrensning i glass-/vindu- og glassareal av oppvarmet BRA [%]	20	20	20	20	20
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Ekvivalent u-verdi gulv mot grunnen [W/m ² K]	0,15	0,15	0,15	0,15	0,01
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
U-verdi vinduer, dører og porter [W/m ² K]	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Luftlekkasjetall N ₅₀ [h ⁻¹]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Ventilasjonsluftmengder [m ³ /(h*m ²)] * <i>Tall i parenteser representerer luftmengde utenfor driftstid.</i>	8 (3)	10,4 (3)	8 (3)	12,8 (3)	16 (5)
Temperaturvirkningsgrad på ventilasjonssystemets varmegjenvinner [%]	80	80	80	80	80
Frostsikringstemperatur [°C]	-10	-10	-10	-10	-10
SFP-faktor [kW/(m ³ /s)]	2	2	2	2	2
Natt- og helgesenking	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Solskjerming for eliminering av lokal kjøling	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Installert effekt ventilasjonsskjøling (komfortkjøling) [W/m ²]	Nødvendig kjøleeffekt simulert i SIMIEN for oppnåelse av temperaturkrav gitt i arbeidstilsynets veiledning <i>Veiledning om Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen</i> for lett-arbeid, motsvarende en settpunkttemperatur på 26 °C [27].				

Energikrav i byggeteknisk forskrift, TEK'10	Kontorbygg TEK'10	Universitets- og høgskolebygg TEK'10	Hotellbygg TEK'10	Skolebygg TEK'10	Forretningsbygg TEK'10
Internlaster:					
Belysning [W/m ²] **	6,4	6,4	6,4	8	12
Utstyr [W/m ²]	11	11	1	6	1
Varmtvann [W/m ²]	1,6	1,6	5,1	4,5	2,7
Varmetilskudd fra personer [W/m ²]	4	6	2	12	10
Solskjerming, total fast solfaktor	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Aktivisert stilling	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Automatisk styring av solskjerming ved gitt solflux [W/m ²]	1750	175	175	175	175
Areal yttervegg, ekskl. vindu/dører/porter [m ²]	1680	1075	2880	1469	1584
Areal vinduer/dører/porter [m ²]	420	269	720	367	396
Areal tak [m ²]	1000	1575	900	810	3000
Areal gulv mot grunnen [m ²]	1000	1575	900	810	3000
Oppvarmet BRA [m ²]	5000	4725	10800	3240	6000
Oppvarmet volum [m ³]	15000	13230	27000	9072	27000

* Det forutsettes VAV-styring på samtlige bygningskategorier. Luftmengder etter NS 3031:2014, tabell B.1 redusert med 20 %.

** Det forutsettes automatisk belysningsstyring. Verdier etter NS 3031:2014, tabell A.1 redusert med 20 %.

Tabell 58. Forutsetninger for energiberegninger for referansebygningene med energikrav i henhold til TEK'07.

Energikrav i byggeteknisk forskrift, TEK'07	Kontorbygg TEK'07	Universitets- og høgskolebygg TEK'07	Hotellbygg TEK'07	Skolebygg TEK'07	Forretningsbygg TEK'07
Begrensning i glass-/vindu- og glassareal av oppvarmet BRA [%]	20	20	20	20	20
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Ekvivalent u-verdi gulv mot grunnen [W/m ² K]	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
U-verdi vinduer, dører og porter [W/m ² K]	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Luftlekkasjetall N ₅₀ [h ⁻¹]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Ventilasjonsluftmengder [m ³ /(h*m ²)] * <i>Tall i parenteser representerer luftmengde utenfor driftstid.</i>	8 (3)	10,4 (3)	8 (3)	12,8 (3)	16 (5)
Temperaturvirkningsgrad på ventilasjonssystemets varmegjenvinner [%]	70	70	70	70	70
Frostsikringstemperatur [°C]	-6	-6	-6	-6	-6
SFP-faktor [kW/(m ³ /s)]	2	2	2	2	2
Natt- og helgesenking	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Solskjerming for eliminering av lokal kjøling	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Installert effekt ventilasjonsskjøling (komfortkjøling) [W/m ²]	Nødvendig kjøleeffekt simulert i SIMIEN for oppnåelse av temperaturkrav gitt i arbeidstilsynets veiledning <i>Veiledning om Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen</i> for lettarbeid, motsvarende en settpunkttemperatur på 26 °C [27].				

Energikrav i byggeteknisk forskrift, TEK'07	Kontorbygg TEK'07	Universitets- og høgskolebygg TEK'07	Hotellbygg TEK'07	Skolebygg TEK'07	Forretningsbygg TEK'07
Internlaster:					
Belysning [W/m ²] **	6,4	6,4	6,4	8	12
Utstyr [W/m ²]	11	11	1	6	1
Varmtvann [W/m ²]	1,6	1,6	5,1	4,5	2,7
Varmetilskudd fra personer [W/m ²]	4	6	2	12	10
Solskjerming, total fast solfaktor	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Aktivisert stilling	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Automatisk styring av solskjerming ved gitt solflux [W/m ²]	1750	175	175	175	175
Areal yttervegg, ekskl. vindu/dører/porter [m ²]	1680	1075	2880	1469	1584
Areal vinduer/dører/porter [m ²]	420	269	720	367	396
Areal tak [m ²]	1000	1575	900	810	3000
Areal gulv mot grunnen [m ²]	1000	1575	900	810	3000
Oppvarmet BRA [m ²]	5000	4725	10800	3240	6000
Oppvarmet volum [m ³]	15000	13230	27000	9072	27000

* Det forutsettes VAV-styring på samtlige bygningskategorier. Luftmengder etter NS 3031:2014, tabell B.1 redusert med 20 %.

** Det forutsettes automatisk belysningsstyring. Verdier etter NS 3031:2014, tabell A.1 redusert med 20 %.

Tabell 59. Forutsetninger for energiberegninger for referansebygningene med energikrav i henhold til TEK'97.

Energikrav i byggeteknisk forskrift, TEK'97	Kontorbygg TEK'97	Universitets- og høgskolebygg TEK'97	Hotellbygg TEK'97	Skolebygg TEK'97	Forretningsbygg TEK'97
Begrensning i glass-/vindu- og glassareal av oppvarmet BRA [%]	20	20	20	20	20
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Ekvivalent u-verdi gulv mot grunnen [W/m ² K]	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
U-verdi tak [W/m ² K]	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
U-verdi vinduer, dører og porter [W/m ² K]	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Luftlekkasjetall N ₅₀ [h ⁻¹]	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Ventilasjonsluftmengder [m ³ /(h*m ²)] * <i>Tall i parenteser representerer luftmengde utenfor driftstid.</i>	8 (3)	10,4 (3)	8 (3)	12,8 (3)	16 (5)
Temperaturvirkningsgrad på ventilasjonssystemets varmegjenvinner [%]	65	65	65	65	65
Frostsikringstemperatur [°C]	-2	-2	-2	-2	-2
SFP-faktor [kW/(m ³ /s)]	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Natt- og helgesenking	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Solskjerming for eliminering av lokal kjøling	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Installert effekt ventilasjonskjøling (komfortkjøling) [W/m ²]	Nødvendig kjøleeffekt simulert i SIMIEN for oppnåelse av temperaturkrav gitt i arbeidstilsynets veiledning <i>Veiledning om Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen</i> for lett-arbeid, motsvarende en settpunkttemperatur på 26 °C [27].				

Energikrav i byggeteknisk forskrift, TEK'97	Kontorbygg TEK'97	Universitets- og høgskolebygg TEK'97	Hotellbygg TEK'97	Skolebygg TEK'97	Forretningsbygg TEK'97
Internlaster:					
Belysning [W/m ²] **	6,4	6,4	6,4	8	12
Utstyr [W/m ²]	11	11	1	6	1
Varmtvann [W/m ²]	1,6	1,6	5,1	4,5	2,7
Varmetilskudd fra personer [W/m ²]	4	6	2	12	10
Solskjerming, total fast solfaktor	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Aktivisert stilling	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Automatisk styring av solskjerming ved gitt solflux [W/m ²]	175	175	175	175	175
Areal yttervegg, ekskl. vindu/dører/porter [m ²]	1680	1075	2880	1469	1584
Areal vinduer/dører/porter [m ²]	420	269	720	367	396
Areal tak [m ²]	1000	1575	900	810	3000
Areal gulv mot grunnen [m ²]	1000	1575	900	810	3000
Oppvarmet BRA [m ²]	5000	4725	10800	3240	6000
Oppvarmet volum [m ³]	15000	13230	27000	9072	27000
Oppvarmingssystem					

* Det forutsettes VAV-styring på samtlige bygningskategorier. Luftmengder etter NS 3031:2014, tabell B.1 redusert med 20 %.

** Det forutsettes automatisk belysningsstyring. Verdier etter NS 3031:2014, tabell A.1 redusert med 20 %.

Tabell 60. Forutsetninger for energiberegninger for referansebygningene med energikrav i henhold til TEK'87.

Energikrav i byggeteknisk forskrift, TEK'87	Kontorbygg TEK'87	Universitets- og høgskolebygg TEK'87	Hotellbygg TEK'87	Skolebygg TEK'87	Forretningsbygg TEK'87
Begrensning i glass-/vindu- og glassareal av oppvarmet BRA [%]	20	20	20	20	20
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Ekvivalent u-verdi gulv mot grunnen [W/m ² K]	0,24	0,19	0,23	0,30	0,15
U-verdi tak [W/m ² K]	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
U-verdi vinduer, dører og porter [W/m ² K]	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Luftlekkasjetall N ₅₀ [h ⁻¹]	5	5	5	5	5
Ventilasjonsluftmengder [m ³ /(h*m ²)] *	10 (3)	13 (3)	10 (3)	16 (3)	20 (5)
Temperaturvirkningsgrad på ventilasjonssystemets varmegjenvinner [%]	60	60	60	60	60
Frostsikringstemperatur [°C]	-2	-2	-2	-2	-2
SFP-faktor [kW/(m ³ /s)]	4	4	4	4	4
Natt- og helgesenking	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Solskjerming for eliminering av lokal kjøling	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Installert effekt ventilasjonskjøling (komfortkjøling) [W/m ²]	Nødvendig kjøleeffekt simulert i SIMIEN for oppnåelse av temperaturkrav gitt i arbeidstilsynets veiledning <i>Veiledning om Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen</i> for lettarbeid, motsvarende en settpunkttemperatur på 26 °C [27].				

Energikrav i byggeteknisk forskrift, TEK'87	Kontorbygg TEK'87	Universitets- og høgskolebygg TEK'87	Hotellbygg TEK'87	Skolebygg TEK'87	Forretningsbygg TEK'87
Internlaster					
Belysning [W/m ²]	8	8	8	10	15
Utstyr [W/m ²]	11	11	1	6	1
Varmtvann [W/m ²]	1,6	1,6	5,1	4,5	2,7
Varmetilskudd fra personer [W/m ²]	4	6	2	12	10
Solskjerming, total fast solfaktor	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Aktivisert stilling	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Automatisk styring av solskjerming ved gitt solflux [W/m ²]	175	175	175	175	175
Areal yttervegg, ekskl. vindu/dører/porter [m ²]	1680	1075	2880	1469	1584
Areal vinduer/dører/porter [m ²]	420	269	720	367	396
Areal tak [m ²]	1000	1575	900	810	3000
Areal gulv mot grunnen [m ²]	1000	1575	900	810	3000
Oppvarmet BRA [m ²]	5000	4725	10800	3240	6000
Oppvarmet volum [m ³]	15000	13230	27000	9072	27000

* Luftmengder utenfor driftstiden i parentes.

Tabell 61. Forutsetninger for energiberegninger for referansebygningene med energikrav i henhold til TEK'69.

Energikrav i byggeteknisk forskrift, TEK'69	Kontorbygg TEK'69	Universitets- og høgskolebygg TEK'69	Hotellbygg TEK'69	Skolebygg TEK'69	Forretningsbygg TEK'69
Begrensning i glass-/vindu- og glassareal av oppvarmet BRA [%]	20	20	20	20	20
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Ekvivalent u-verdi gulv mot grunnen [W/m ² K]	0,24	0,19	0,23	0,30	0,15
U-verdi tak [W/m ² K]	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
U-verdi vinduer, dører og porter [W/m ² K]	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Luftlekkasjetall N ₅₀ [h ⁻¹]	7	7	7	7	7
Ventilasjonsluftmengder [m ³ /(h*m ²)] *	10 (3)	13 (3)	10 (3)	16 (3)	20 (5)
Temperaturvirkningsgrad på ventilasjonssystemets varmegjenvinner [%]	25	25	25	25	25
Frostsikringstemperatur [°C]	-	-	-	-	-
SFP-faktor [kW/(m ³ /s)]	4	4	4	4	4
Natt- og helgesenking	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei
Solskjerming for eliminering av lokal kjøling	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Installert effekt ventilasjonskjøling (komfortkjøling) [W/m ²]	Nødvendig kjøleeffekt simulert i SIMIEN for oppnåelse av temperaturkrav gitt i arbeidstilsynets veiledning <i>Veiledning om Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen</i> for lett-arbeid, motsvarende en settpunkttemperatur på 26 °C [27].				

Energikrav i byggeteknisk forskrift, TEK'69	Kontorbygg TEK'69	Universitets- og høgskolebygg TEK'69	Hotellbygg TEK'69	Skolebygg TEK'69	Forretningsbygg TEK'69
Internlaster					
Belysning [W/m ²]	8	8	8	10	15
Utstyr [W/m ²]	11	11	1	6	1
Varmtvann [W/m ²]	1,6	1,6	5,1	4,5	2,7
Varmetilskudd fra personer [W/m ²]	4	6	2	12	10
Solskjerming, total fast solfaktor	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Aktivisert stilling	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Automatisk styring av solskjerming ved gitt solflux [W/m ²]	175	175	175	175	175
Areal yttervegg, ekskl. vindu/dører/porter [m ²]	1680	1075	2880	1469	1584
Areal vinduer/dører/porter [m ²]	420	269	720	367	396
Areal tak [m ²]	1000	1575	900	810	3000
Areal gulv mot grunnen [m ²]	1000	1575	900	810	3000
Oppvarmet BRA [m ²]	5000	4725	10800	3240	6000
Oppvarmet volum [m ³]	15000	13230	27000	9072	27000

* Luftmengder utenfor driftstiden i parentes.

Tabell 62. Forutsetninger for energiberegninger for referansebygningene med energikrav i henhold til TEK'49.

Energikrav i byggeteknisk forskrift, TEK'49	Kontorbygg TEK'49	Universitets- og høgskolebygg TEK'49	Hotellbygg TEK'49	Skolebygg TEK'49	Forretningsbygg TEK'49
Begrensning i glass-/vindu- og glassareal av oppvarmet BRA [%]	20	20	20	20	20
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Ekvivalent u-verdi gulv mot grunnen [W/m ² K]	0,24	0,19	0,23	0,30	0,15
U-verdi tak [W/m ² K]	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
U-verdi vinduer, dører og porter [W/m ² K]	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Luftlekkasjetall N ₅₀ [h ⁻¹]	9	9	9	9	9
Ventilasjonsluftmengder [m ³ /(h*m ²)] *	10 (3)	13 (3)	10 (3)	16 (3)	20 (5)
Temperaturvirkningsgrad på ventilasjonssystemets varmegjenvinner [%]	0	0	0	0	0
Frostsikringstemperatur [°C]	-	-	-	-	-
SFP-faktor [kW/(m ³ /s)]	4	4	4	4	4
Natt- og helgesenking	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei
Solskjerming for eliminering av lokal kjøling	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Installert effekt ventilasjonskjøling (komfortkjøling) [W/m ²]	Nødvendig kjøleeffekt simulert i SIMIEN for oppnåelse av temperaturkrav gitt i arbeidstilsynets veiledning <i>Veiledning om Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen</i> for lettarbeid, motsvarende en settpunkttemperatur på 26 °C [27].				

Energikrav i byggeteknisk forskrift, TEK'49	Kontorbygg TEK'49	Universitets- og høgskolebygg TEK'49	Hotellbygg TEK'49	Skolebygg TEK'49	Forretningsbygg TEK'49
Internlaster					
Belysning [W/m ²]	8	8	8	10	15
Utstyr [W/m ²]	11	11	1	6	1
Varmtvann [W/m ²]	1,6	1,6	5,1	4,5	2,7
Varmetilskudd fra personer [W/m ²]	4	6	2	12	10
Solskjerming, total fast solfaktor	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Aktivisert stilling	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Automatisk styring av solskjerming ved gitt solflux [W/m ²]	175	175	175	175	175
Areal yttervegg, ekskl. vindu/dører/porter [m ²]	1680	1075	2880	1469	1584
Areal vinduer/dører/porter [m ²]	420	269	720	367	396
Areal tak [m ²]	1000	1575	900	810	3000
Areal gulv mot grunnen [m ²]	1000	1575	900	810	3000
Oppvarmet BRA [m ²]	5000	4725	10800	3240	6000
Oppvarmet volum [m ³]	15000	13230	27000	9072	27000

* Luftmengder utenfor driftstiden i parentes.

D2 – Oppvarmingssystem

Tabell 63. Prosentuell fordeling mellom de ulike energiforsyningssystemene for de ulike tidsperiodene i denne masteroppgave.

Forutsatt oppvarmings- og kjølesystem i de ulike bygningsperiodene	TEK'16	TEK'10	TEK'07	TEK'97	TEK'87	TEK'69	TEK'49
Romoppvarming							
Elektrisitet	20 %	20 %	20 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Fjernvarme	80 %	80 %	80 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Varmtvann							
Elektrisitet	20 %	20 %	20 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Fjernvarme	80 %	80 %	80 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Varme- og kjølebatterier ventilasjonsanlegg							
Elektrisitet	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Fjernvarme	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Rom-/lokalkjøling							
Elektrisitet	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Virkningsgrad oppvarming							
Elektrisitet	81 %	81 %	81 %	81 %	81 %	81 %	81 %
Fjernvarme	83 %	83 %	83 %	83 %	83 %	83 %	83 %
Virkningsgrad varmtvann							
Elektrisitet	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Fjernvarme	98 %	98 %	98 %	98 %	98 %	98 %	98 %

Forutsatt oppvarmings- og kjølesystem i de ulike bygningsperiodene	TEK'16	TEK'10	TEK'07	TEK'97	TEK'87	TEK'69	TEK'49
Virkningsgrad varmebatterier ventilasjonsanlegg Elektrisitet	88 %	88 %	88 %	88 %	88 %	88 %	88 %
Virkningsgrad kjølebatterier ventilasjonsanlegg Elektrisitet	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Kjølefaktor rom-/lokalkjøling	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Dekningsandelene ble valgt ut fra en skjønnsmessig vurdering basert på forfatterens litteraturstudie, samt gjennomgang av NVE's statistikk for energimerkede bygninger i Norge. Virkningsgradene ble satt like for samtlige bygningskategorier og tidsperioder. Grunnen til valg av virkningsgrader var for å danne et mest mulig likt utgangspunkt. I realiteten antas virkningsgradene være lavere på eldre anlegg.