

Innvirkning av Norges energipolitikk på fremtidig energibruk i norsk bygningssmasse

Synne Krekling Lien

Master i energi og miljø

Innlevert: januar 2017

Hovedveileder: Vojislav Novakovic, EPT

Medveileder: Karen Byskov Lindberg, NVE

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for energi- og prosessteknikk

EPT-M-2016-176

MASTEROPPGAVE

for

Student Synne Krekling Lien

Høsten 2016

Innvirkning av Norges energipolitikk på fremtidig energibruk i norsk bygningsmasse*Implications of Norway's energy policy on future energy consumption of buildings***Bakgrunn og målsetting**

NVE er underlagt Olje- og energidepartementet, og skal ha god kompetanse på utviklingen innen fremtidig energibruk, og vurdere hvilke forhold som påvirker denne. Til denne oppgaven utvikler NVE en energibehovsmodell som beregner prognoser fremtidig energibehov for Norge. Denne masteroppgaven skal utvikle og implementere modulene for husholdninger og næringsbygg.

I følge EUs Bygningsenergidirektiv skal alle nye bygninger være nær netto nullenergibygg (NNE) fra 2018/2020. OED har bestemt at dette skal Norge også følge, noe som innebærer å utarbeide en norsk definisjonen av NNE. Generelt er det vurdert at forskjellen mellom ny TEK og NNE ligger i byggets egenproduksjon. Videre har regjeringen gjennom Energimeldingen (Meld. St. 25 (2015–2016)) konkretisert et mål for energieffektivisering. Basert på dette skal masteroppgaven vurdere 1) hvordan innfasing av NNE vil virke inn på fremtidig energibruk, og 2) hvordan regjeringens effektiviseringsmål kan oppnås, og hvordan dette vil påvirke fremtidig energibruk i bygg.

Hovedformålet med masteroppgaven er å vurdere fremtidig energibruk i Norge ved ulike utviklingstrekk. Oppgaven vil innebære å analysere historiske trender i energibruken i Norge, og basert på dette gjøre en fremskrivning frem mot 2050. Studenten skal vurdere hvilken inndeling av bygningsmassen som er mest hensiktsmessig, herunder ulike bygningstyper, bygningsstandarder, og klimasoner. Ut over det skal formålsfordeling og ulike tekniske løsninger for energiforsyning være tilstrekkelig representert. Analysen skal foretas ved bruk av simuleringverktøyet LEAP og verifiseres med tilgjengelige data fra SSBs Energibalanse, Energimerkesystemet (EMS) og/eller andre aktuelle kilder.

Opgaven bearbeides ut fra følgende punkter

1. Foreta en litteraturstudie over forskjellige simuleringverktøy som benyttes for beregning av fremtidig energibruk i bygg på et overordnet nivå. Lag en oversikt med fordeler og ulemper.
2. Gjør et litteraturstudie over drivere for fremtidig energibruk i boliger og ulike yrkesbygg.
3. Vurdere hvordan oppvarmet areal og beregnet energibruk fra EMS' database kan benyttes i fremskrivningsarbeidet (modelloppbyggingen).
4. Det skal utarbeides 3-4 fremtidsscenarioer i LEAP. Ta utgangspunkt i NVEs scenarioarbeid, samt scenarioer fra Miljødirektoratets rapport «Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030».

5. Sammenligne og vurdere modellens prognoseresultater for energi og eventuelt CO₂-utslipp i forhold til andre kjente modeller/prognoser.
6. Det skal utarbeides et script i LEAP for enkelt å kunne ta data ut fra modellen.

” - ”

Senest 14 dager etter utlevering av oppgaven skal kandidaten levere/sende instituttet en detaljert fremdrifts- og eventuelt forsøksplan for oppgaven til evaluering og eventuelt diskusjon med faglig ansvarlig/veiledere. Detaljer ved eventuell utførelse av dataprogrammer skal avtales nærmere i samråd med faglig ansvarlig.

Besvarelsen redigeres mest mulig som en forskningsrapport med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse etc. Ved utarbeidelsen av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at de nødvendige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer anføres på begge steder. Ved bedømmelsen legges det stor vekt på at resultatene er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte, og at de er diskutert utførlig.

Alle benyttede kilder, også muntlige opplysninger, skal oppgis på fullstendig måte. For tidsskrifter og bøker oppgis forfatter, tittel, årgang, sidetall og eventuelt figurnummer.

Det forutsettes at kandidaten tar initiativ til og holder nødvendig kontakt med faglærer og veileder(e). Kandidaten skal rette seg etter de reglementer og retningslinjer som gjelder ved alle (andre) fagmiljøer som kandidaten har kontakt med gjennom sin utførelse av oppgaven, samt etter eventuelle pålegg fra Institutt for energi- og prosesssteknikk.

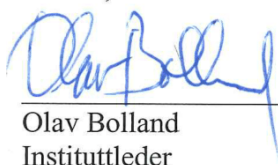
Risikovurdering av kandidatens arbeid skal gjennomføres i henhold til instituttets prosedyrer. Risikovurderingen skal dokumenteres og inngå som del av besvarelsen. Hendelser relatert til kandidatens arbeid med uheldig innvirkning på helse, miljø eller sikkerhet, skal dokumenteres og inngå som en del av besvarelsen. Hvis dokumentasjonen på risikovurderingen utgjør veldig mange sider, leveres den fulle versjonen elektronisk til veileder og et utdrag inkluderes i besvarelsen.

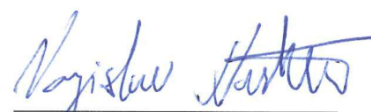
I henhold til ”Utfyllende regler til studieforskriften for teknologistudiet/sivilingeniørstudiet” ved NTNU § 20, forbeholder instituttet seg retten til å benytte alle resultater og data til undervisnings- og forskningsformål, samt til fremtidige publikasjoner.

Besvarelsen leveres digitalt i DAIM. Et faglig sammendrag med oppgavens tittel, kandidatens navn, veileders navn, årstall, instituttnavn, og NTNUs logo og navn, leveres til instituttet som en separat pdf-fil. Etter avtale leveres besvarelse og evt. annet materiale til veileder i digitalt format.

- Arbeid i laboratorium (vannkraftlaboratoriet, strømningsteknisk, varmeteknisk)
 Feltarbeid

NTNU, Institutt for energi- og prosesssteknikk, 15. august 2016


Olav Bolland
Instituttleder


Vojislav Novakovic
Faglig ansvarlig/veileder

Medveileder(e): Karen Byskov Lindberg, NVE

side 2 av 2

Sammendrag

Hovedformålet med denne masteroppgaven har vært å framskrive hvordan det totale energibehovet og energiforbruket i Norges bygningsmasse vil utvikle seg frem mot 2050 ved ulike utviklingstrekk, for å svare på hvordan innfasing av nær netto nullenergibygg vil påvirke fremtidig energibruk i bygningsmassen, og hvordan regjeringens effektiviseringsmål fra Energimeldingen (meld. st. 25, 2015-2016) kan oppnås.

Framskrivningene av energiforbruket i bygningsmassen har blitt utført ved å utvikle en statistisk bottom-up modell av bygningsmassen i programvareverktøyet LEAP. Ettersom den totale bygningsmassen i Norge skal modelleres frem mot 2050 favner oppgaven bredt, og det har dermed vært behov for å gjøre store forenklinger og antakelser i forbindelse med oppbyggingen av modellen. Ettersom det er usikkert hvordan vekstfaktorene som påvirker energibehovet i bygningsmassen vil utvikle seg, har det blitt utviklet tre scenarioer for å framskrive bygningenes energiforbruk i modellen: et referansescenario, et høytiltaksscenario og et lavtiltaksscenario. Referansescenarioet i modellen er basert på antatt sannsynlig utvikling og vedtatt politikk, mens de øvrige scenarioene har blitt inkludert for å belyse ytterpunktene i mulig utvikling i bygningsmassens energiforbruk.

I referansebanen er det framskrevet at totalt årlig energiforbruk i husholdningene vil reduseres fra 48,1 TWh til 43,7 TWh over perioden 2014-2050, mens totalt årlig energiforbruk i tjenesteytende sektor vil reduseres fra 32,4 til 30,1 TWh. Dette gir en samlet reduksjonen i totalt årlig energiforbruk i bygningsmassen på 6,7 TWh i forhold til forbruket i 2014. Bygningsmassens totale årlige netto energibehov vil reduseres med 6,2 TWh over simuleringsperioden.

I Energimeldingen (Meld. St. 25, 2015-2016) har det blitt satt et mål om at "energiforbruket i dagens bygningsmasse skal reduseres med 10 TWh innen 2030". Dersom dette tolkes som at energiforbruket i bygg som er oppført før 2014 skal reduseres med 10 TWh innen 2030, vil målet overoppfylles med 4 TWh i referansescenarioet. Mye av denne reduksjonen i energiforbruket vil skyldes at en del av den eksisterende bygningsmassen rives i perioden, slik at det totale arealet av eksisterende bygningsmasse reduseres. Dersom bygningsmassen rehabiliteres og rives etter samme rate som framskrevet i referansescenarioet, vil effektiviseringsmålet oppnås selv om fyring med oljekjel i bygg ikke fases ut i 2020, og det ikke skjer noen effektivisering av belysningsystemene i eksisterende bygningsmasse over perioden. Målet er derfor vurdert til å være lite ambisiøst.

I referansebanen innføres "lavenergi klasse 2" som ny teknisk bygningsstandard i 2020. Dersom nær netto nullenergibygg innføres som ny bygningsstandard i stedet vil totalt årlig energiforbruk i husholdninger og tjenesteytende sektor reduseres med 17,7 TWh over simuleringsperioden, det vil si en reduksjon på ytterligere 11 TWh i forhold til i referansebanen. Det er derfor vurdert at innføring av nær netto nullenergi som ny teknisk standard i 2020 er et tiltak som vil ha stor påvirkning på energiforbruket i bygningsmassen.

Abstract

The main objective of this thesis has been to forecast the development of the total energy demand and energy use in the Norwegian building stock towards 2050, in order to predict how the implementation of near net zero energy buildings will affect the total energy demand of the building stock, and how the goals set by the government in “Energimeldingen” (Meld. st. 25, 2015-2016) can be achieved.

The energy use in the Norwegian building stock has been forecasted through the development of a statistical bottom-up model of the building stock using LEAP, a software tool for energy planning and policy analysis. As the objective of the thesis has been to model the entire building stock over the time span 2014-2050, a lot of simplifications and assumptions have had to be made within the modelling process. Due to the uncertainties of the future development in energy demand in buildings, three main scenarios have been defined: a reference scenario, a worst-case scenario and a best-case scenario. Adopted policies, and most likely development, has been the basis for defining the reference scenario in the model. In the reference scenario it has been forecasted that the energy use in norwegian households will be reduced from 48.1 to 43.7 TWh from 2014 to 2050, while the energy use in the commercial sector will be reduced from 32.4 to 30.1 TWh. The total reduction in yearly energy use in the Norwegian building stock over the simulation period will hence become 6.7 TWh. The total yearly energy demand is expected to be decreased by 6.2 TWh over the simulation period.

The Norwegian government set a goal in “Energimeldingen” (Meld. St. 25, 2015-2016) to reduce the energy demand in the existing building stock in Norway by 10 TWh by 2030. Assuming that this means that the energy use in buildings that were constructed before 2014 should be reduced by 10 TWh within 2030, the target will be met by over 4 TWh in the reference scenario. A lot of the expected reduction in energy use in the existing building stock will occur due to the demolition of parts of the existing building area. If the demolition and rehabilitation rates of the buildings stock turns out as expected, the goal will be achieved even without improving the energy efficiency of the lighting systems in the buildings, or without replacing old oil furnaces for heating. The goal has hence been considered to be very unambitious.

All new buildings after 2020 in the reference scenario are “low energy buildings”. If all new buildings after 2020 are near net zero energy buildings, the total yearly energy use in the building stock will be reduced by 17.7 TWh over the simulation period– a reduction that is 11 TWh greater than the forecasted reduction in the reference scenario. Due to this, the introduction of near net zero energy buildings as a new building standard in 2020 is considered to be an action that will have a major impact on the energy consumption in the building stock.

Forord

«Innvirkning av Norges energipolitikk på fremtidig energibruk i norsk bygningsmasse» er en masteroppgave skrevet ved institutt for Energi- og prosessteknikk ved NTNU i samarbeid med NVE.

Jeg ønsker å takke mine veiledere Karen Byskov Lindberg for god veiledning og oppfølging gjennom hele semesteret, og Vojislav Novakovic for støtte og tilrettelegging av oppgaven. En stor takk må også rettes til de ansatte ved Energiavdelingen i NVE for å ha bidratt med sin kunnskap og ressurser, og for ha utfordret meg faglig gjennom gode diskusjoner. Jeg ønsker også gjerne å takke Nina Sandberg for å ha bidratt med underlagsdata og råd.

Arbeidet i denne rapporten er utført høsten 2016 og markerer slutten på min mastergrad, og over fem minnerike år i Trondheim. Jeg ønsker med det å takke mine foreldre for moralsk og økonomisk støtte i årene jeg har bodd i Trondheim. Jeg vil også gjerne takke Oleiv, og nye og gamle venner for en uforglemmelig studietid.

Synne Krekling Lien
Januar 2017

Innhold

Sammendrag	iv
Abstract	v
Forord	viii
Figurligste	xiii
Tabelliste	xiv
Definisjoner	xv
1 Introduksjon	1
1.1 Objektiv	1
1.2 Leserveiledning	2
2 Bakgrunn	3
2.1 Energibruk i bygninger	4
2.2 Sammenligning av forventet og målt energibruk	6
2.3 Utslipp knyttet til energibruk i bygg	8
2.4 Aktivitetsanalyse av fremtidig energibruk i bygningsmassen	9
2.4.1 Drivere for utvikling av aktivitet i husholdninger	11
2.4.2 Drivere for utvikling av aktivitet i næringsbygg	16
2.4.3 Regional befolkningsendring	18
2.4.4 Drivere for utvikling i energiintensitet i bygningsmassen	19
2.5 Norges energipolitikk som responsdriver for fremtidig utvikling av energibruk i Norge	30
2.5.1 Internasjonale klimaavtaler	30
2.5.2 Klimaforliket	31
2.5.3 Fornybardirektivet	31
2.5.4 Bygningsenergidirektivet (2002/91/EF)	31
2.5.5 Bygningsenergidirektivet (2010/31/EU)	33
2.5.6 Energieffektiviseringsdirektivet (2012/27/EU)	35
2.5.7 Økodesigndirektivet (2009/125/EF)	36
2.5.8 Energimeldingen	37
2.5.9 Støtteordninger og insentiver	37
2.6 Framskrivning av energibehov og energiforbruk i bygg i Norge	38
3 Simuleringsverktøy for beregning energibruk i bygg	39
4 Modellering av bygningsmassens energiforbruk	42
4.1 Oppbygning av modellen	42
4.1.1 LEAP	42
4.1.2 Tidsperiode	42
4.1.3 Segmentering av bygningstyper og aldersklasser	43

4.1.4	Bygningsareal	44
4.1.5	Formålsdeling og netto spesifikt energibehov i basisåret	45
4.1.6	Teknologier for oppvarming og kjøling	46
4.1.7	Annet forbruk i husholdninger og tjenesteytende sektor	52
4.1.8	Utslipp	53
4.1.9	Regioner	54
4.2	Simulering	55
4.3	Kalibrering	59
4.3.1	Kalibrering av energibruk i husholdninger	59
4.3.2	Kalibrering av energibruk i yrkesbygg	60
4.4	Scenarier	63
4.4.1	Aktivitetsutvikling	64
4.4.2	Intensitetsutvikling	66
4.4.3	Referansescenarioet (RRR)	67
4.4.4	Lavtiltaksscenarioet (LLL)	69
4.4.5	Høytiltaksscenarioer (HHH)	70
4.4.6	Framskrivning av energibehov til andre formål	71
5	Resultater	72
5.1	Resultater for referansescenarioet (RRR)	72
5.2	Resultater for lavtiltaksscenarioet (LLL)	75
5.3	Resultater for høytiltaksscenarioet (HHH)	76
5.4	Sammenligning av energibehov og energiforbruk i scenarioene	77
5.5	Sammenligning av forbruk av energivarer	79
5.6	Utvikling i formålsdelt energibruk i bygningskategoriene	80
5.7	Utslipp	82
6	Diskusjon	83
6.1	Sensitivitet	83
6.2	Effekt av innføring av nær nullenergibygge som byggeteknisk standard i 2020	85
6.3	Hvordan kan effektiviseringsmålet fra Energimeldingen oppnås	87
6.3.1	Hvordan totalt årlig energiforbruk i eksisterende bygningsmasse (konstruert før 2014) kan reduseres med 10 TWh i 2030 i forhold til dagens nivå	87
6.3.2	Hvordan totalt årlig energiforbruk bygningsmassen kan reduseres med 10 TWh i 2030 i forhold til dagens nivå	88
6.4	Sammenligning av modellen med andre eksisterende modeller	90
6.4.1	CenSES-energiframskrivninger	90
6.4.2	EPISCOPE	92
6.4.3	Energimeldingen	94
6.5	Vurdering av resultater og mulige feilkilder	95

7	Konklusjon.....	99
8	Referanser.....	101
Vedlegg I:	Oppbygging av energibehovsmodellen i LEAP	107
Vedlegg II:	Script for uttak av informasjon fra LEAP-modell	108
Vedlegg III:	Utslippsfaktorer for energibruk i bygg	113
Vedlegg IV:	Netto spesifikt formålsdelt energibehov	114
Vedlegg V:	Fordeling av teknologier.....	118
Vedlegg VI:	Andeler av varmepumpeteknologier	126
Vedlegg VII:	Andeler av kjøleteknologier	129
Vedlegg VIII:	Beregning av temperaturkorrigeringsfaktorer i regionene	130
Vedlegg IX:	Temperaturkorrigering av energivarebalansen 2014	133
Vedlegg X:	Utvikling i samlet areal for hver bygningskategori	135
Vedlegg XI:	Utvikling i formålsdelt netto spesifikt energibehov i referansescenarioet	136

Figurligste

Figur 1: Utvikling av energiforbruk i perioden 1990-2015 for husholdninger og næringsbygg	3
Figur 2: Utvikling i energiforbruk i husholdninger fordelt på energivarer i perioden 1960-2011	3
Figur 3: Formålsdelt årlig spesifikt energibruk i yrkesbygg	6
Figur 4: Sammenligning av målt og kalkulert energibruk til oppvarming av boliger	7
Figur 5: Analysemodell for utvikling i energiforbruk og drivere	9
Figur 6 Utvikling i antall bebodde boliger i Norge.	11
Figur 7: Målt og forventet utvikling i befolkningstallet fra 1980-2060.	12
Figur 8: Utvikling i befolkning fordelt på aldersgrupper	13
Figur 9: Historisk og framskrevet andel av befolkningen bosatt i småhus og boligblokker.	13
Figur 10: Historisk og framskrevet gjennomsnittlige husholdningsstørrelse	14
Figur 11a og b: Utvikling i boligareal per leilighet, per småhus, per husholdning og per person	15
Figur 12: Utvikling i antall næringsbygg i årene 1997-2016	16
Figur 13: Utvikling i sysselsatte fordelt på primær-, sekundær- og tertiærnæringene	17
Figur 14a og b: Framskrivning av befolkningstall i elspotområdene	18
Figur 15: Beregnet energibehov for ulike bygningskategorier og standarder (Enova)	20
Figur 16: Beregnet energibehov for ulike bygningskategorier og standarder (Multiconsult).	21
Figur 17: Utvikling i samlet årlig energiforbruk i bygg fordelt etter energivarer.....	22
Figur 18: Beregnet spesifikt energibehov til vifter og pumper	25
Figur 19: Lysutbytte fra ulike belysningskilder.	26
Figur 20: Målte månedsmiddeltemperaturer landsdelssentrene i årene 1961-1990 og 2071-2100.....	29
Figur 21: Forskjell i rammekrav til TEK 10, TEK10:16 og passivhusstandard.....	34
Figur 22: Andeler av totalt romoppvarmingsbehov i yrkesbygg som er dekket av ulike teknologier. .	48
Figur 23: Andeler av tot oppvarmingsbehov av vann i yrkesbygg som er dekket av ulike teknologier	49
Figur 24: Elspot-prisområder per september 2016.....	54
Figur 25: Gjennomsnittlig formålsdelt energiforbruk i bygningskategoriene før kalibrering.....	62
Figur 26: Gjennomsnittlig formålsdelt energiforbruk i bygningskategoriene etter kalibrering.	62
Figur 27a og b: Modellert utvikling i totalt bygningsareal.....	64
Figur 28: Andel av totalt bygningsareal fordelt på regioner	65
Figur 29: Utvikling i totalt bygningsareal i modellen fordelt på aldersgrupper	65
Figur 30: Oppvarmingsteknologier i «TEK 15» - og «TEK 20»-bygg i referansescenarioet	69
Figur 31a og b: Utvikling i totalt energibehov i husholdninger og næringsbygg i referansescenarioet	73
Figur 32a og b: Utvikling i totalt energiforbruk i husholdninger og næringsbygg i referansebanen ...	73
Figur 33a og b: Utvikling i totalt energiforbruk fordelt etter bygningskategori.....	74
Figur 34a og b: Utvikling i totalt energiforbruk fordelt etter aldersgruppe.....	74
Figur 35a og b: Utvikling i total årlig formålsdelt energibehov i lavtiltaksscenarioet.....	75
Figur 36 a og b: Utvikling i total årlig formålsdelt energibehov i lavtiltaksscenarioet.....	75
Figur 37a og b: Utvikling i total årlig formålsdelt energiforbruk i høytildaksscenarioet.....	76
Figur 38a og b: Utvikling i total årlig formålsdelt energibehov i høytildaksscenarioet.....	77
Figur 39a og b: Sammenligning i utvikling i totalt energibehov og energiforbruk i scenarioene.....	77
Figur 40: Spesifikt formålsdelt energiforbruk og energiproduksjon i de ulike scenarioene	81
Figur 41: Utvikling i årlige utslipp fra bygningsmassen i de ulike scenarioene	82
Figur 42a og b: Utvikling i energiforbruk i scenarioene med NNE som TEK 20-standard.....	86
Figur 43: Utvikling i netto energiforbruk i bygg oppført før 2014 i perioden 2014-2030	88
Figur 44: Utvikling i netto energiforbruk i den totale bygningsmassen i perioden 2014-2030.....	89

Tabelliste

Tabell 1: Utslippsfaktorer knyttet til oppvarming av bygg	8
Tabell 2: Identifiserte drivere for arealutviklingen i yrkesbygg	17
Tabell 3: Utvikling i antall elektriske apparater i husholdningene	23
Tabell 4: Oppsummering av ulike modellverktøy for framskrivning av energibehov i bygninger.	41
Tabell 5: Alderssegmentering av bygningsmassen i modellen.	43
Tabell 6: Segmentering av bygningstyper og aldersklasser i modellen	44
Tabell 7: Areal for bygningsmassen i 2014 fordelt på bygningskategorier.....	45
Tabell 8: Oversikt over teknologier tilknyttet de ulike formålene i LEAP-modellen	47
Tabell 9: Andeler av oppvarmingsbehovet i boliger som er dekket av ulike teknologier	50
Tabell 10: Varmeproduksjon fra varmepumper dekket av ulike varmepumpe typer	50
Tabell 11: Beregnede varmepumpeandeler.	51
Tabell 12: Energibruk i fritidsboliger, husholdningsmaskiner og tjenestemaskiner i 2014.	52
Tabell 13: Utslippsfaktorer knyttet til forbruk av energivarer til oppvarming benyttet i modellen.	53
Tabell 14: Andel av befolkning og totalt bygningsareal fordelt på kraftprisområdene i 2014.....	54
Tabell 15: Temperaturkorrigeringsfaktor for regionene.....	54
Tabell 16: Energivarebalansen 2014 temperaturkorrigert	59
Tabell 17: Kalibrering av energiforbruk i husholdninger i 2014.....	60
Tabell 18: Kalibrering av energiforbruk i tjenesteytende sektor i 2014.....	60
Tabell 19: Scenariomekanismer for utvikling i energiintensitet.....	66
Tabell 20: Sammenligning av netto energibehov og energiforbruk i scenarioene	78
Tabell 21: Forbruk av energivarer i boligene i 2014, 2030 og 2050 i de ulike scenarioene.	79
Tabell 22: Forbruk av energivarer i næringsbyggene i 2014, 2030 og 2050 i de ulike scenarioene. ...	79
Tabell 23: Sensitivitetsanalyse av driverne for utvikling i energiforbruk i husholdningene.....	84
Tabell 24: Sensitivitetsanalyse av driverne for utvikling i energiforbruk i tjenesteytende sektor.	85
Tabell 25: Sammenligning av resultater fra modellen og CenSES-energifremskrivninger.	91
Tabell 26: Sammenligning av resultater fra modellen og EPISCOPE	93
Tabell 27: Sammenligning av resultater fra modellen og framskrivning fra Energimeldingen.	94

Definisjoner

Aktivitet	Mål på en sosial eller økonomisk aktivitet som krever energi. I denne rapporten brukes begrepet «aktivitet» om totalt bygningsareal.
Boligers energibehov	Private boenheters energibehov ekskludert energi til husholdningsmaskiner.
CO ₂ -faktor	Mengde karbondioksidekvivalenter som blir sluppet ut i atmosfæren per enhet levert energi.
CO ₂ -ekvivalent	Effekt på global oppvarming over en tidsperiode på 100 år fra utslipp tilsvarende antall tonn CO ₂ .
Driftstid	Tidsperioden en bygning har normal personbelastning med tilhørende behov for ventilasjon og innetemperatur.
Driver	Vekstfaktorer som påvirker energibruken slik at den endres.
Elspesifikt energibruk	Forbruk av elektrisitet til utstyr som kun kan drives av elektrisitet, for eksempel elektriske apparater, belysning, vifter og pumper.
Elektrisk utstyr	Elektrisk utstyr i bygg som ikke benyttes til kjøling, oppvarming, belysning, vifter eller pumper.
Energibehov	Se «Netto energibehov»
Energiforbruk	Se «Levert energi»
Energiintensitet	Energi per enhet «aktivitet». I denne rapporten er energiintensiteten energibruk per enhet oppvarmet bygningsareal (spesifikt energibruk)
Energivare	Handelsvare benyttet til å produsere mekanisk varme eller energi.
Formålsfordeling	Hvordan et byggs energiforbruk fordeler seg på ulike formål, eksempelvis på oppvarming av tappevann, oppvarming av rom, belysning, elektrisk utstyr, kjøling og vifter og pumper.
Framskrivning	Beregning av fremtidig utvikling basert på antakelser om vekstfaktorer.
Husholdningers energiforbruk	Omfatter energi som konsumeres innenfor private boligtomter og inkluderer også energi til fritidsboliger, hagemaskiner og andre husholdningsmaskiner.
k_{NOi}	Temperaturkorrigeringsfaktor for energibehov til oppvarming av rom og ventilasjonsluft i region NOi.
Levert energi	Summen av energi, uttrykt per energivare, levert over bygningens systemgrenser for å dekke bygningens samlede energibehov inkludert systemtap som ikke gjenvinnes.
Netto energibehov	Bygningens energibehov uten hensyn til energisystemets virkningsgrad eller tap i energikjeden.
NNE	Nær Netto nullenergibygg

Næringsbyggenes energiforbruk	Energiforbruk i tertiære næringsbygg ekskludert energiforbruk i maskiner.
Solcellepaneler	Fotovoltaiske solcellepaneler for lokal elektrisitetsproduksjon
Spesifikt energibehov/Spesifikt energiforbruk	Energibehov/energiforbruk per kvadratmeter oppvarmet bruksareal.
Tjenesteytende sektors energiforbruk	Energiforbruk i tertiære næringsbygg og servicemaskiner, men ekskludert energiforbruk til bygg- og anleggsmaskiner.
TEK	Forkortelse for byggt teknisk forskrift til plan- og bygningsloven.

1 Introduksjon

Over det siste århundret har folketallet i Norge økt, og en stadig større andel av arbeidstakerne har blitt ansatt i tertiærnæringene. I 2014 nådde folketallet 5,1 millioner og samtidig var 77 % av alle sysselsatte i Norge ansatt i tjenesteytende sektor. I takt med denne utviklingen har totalarealet av boliger og næringsbygg steget, og med det også energiforbruket i bygningsmassen i Norge. I 2014 sto energiforbruket i husholdningene og næringsbyggene for i overkant av 36 % av energiforbruket i Norge. Frem mot 2050 er folketallet og bygningsarealet til husholdningene og tjenestebyggene forventet å øke ytterligere (SSB, 2016b) (NVE, 2016c). Teknologisk utvikling, endrede vaner, og samfunnsutvikling kan likevel bidra til å stagnere, og til og med redusere energiforbruket i byggene, selv om bygningsarealet er forventet å stige ytterligere.

Gjennom Paris-avtalen har Norge forpliktet seg til å redusere sine utslipp med 40 % i forhold til 1990-nivå innen 2030 (Jakobsen, 2016). Å redusere energibehovet i bygningsmassen, og å endre hvilke oppvarmingsteknologier som benyttes i byggene kan være viktige steg på veien for å nå disse klimamålene. Politikk kan ha stor innvirkning hvilke valg som er lønnsomme og hvilke valg som blir nødvendige å ta i byggene gjennom forskriftsendringer, økonomiske tiltak og informasjonsarbeid. I EUs bygningsenergidirektiv av 2010 er det bestemt at alle nye bygg i medlemslandene skal være nær nullutslippsbygg fra 2020 (The European parliament and the council of the european union, 2010), men det er enda usikkert hvordan denne standarden skal defineres i Norge. På veien mot å nå klimamålene har også den norske regjeringen et mål om at det samlede energiforbruket i eksisterende bygg skal redusere med 10 TWh innen 2030 (Meld St. 25, 2015-2016). Å analysere hvilken effekt disse tiltakene vil ha, og hvordan målene kan oppnås, vil være nødvendig for å kunne føre effektiv energipolitikk samt for å planlegge behovene for fremtidens energisystem.

1.1 Objektiv

Denne oppgaven er skrevet i samarbeid med Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE) som har ansvaret for å holde oversikt over utviklingen i den stasjonære energibruken i Norge. Formålet med denne oppgaven er å analysere fremtidig utvikling av energibehovet og -forbruket i bygningsmassen i Norge frem mot 2050 ved ulike utviklingstrekk. Ved å stille prognoser for energibehovet og -forbruket i Norge er man mer forberedt på hvordan man må tilpasse den fremtidige energiproduksjonen og energisystemet slik at man kan møte framtiden på en lønnsom og sikker måte. Oppgaven skal gjennom forsøke å besvare hvordan politisk vedtatte effektiviseringsmål kan oppnås, og hvilken påvirkning det vil ha på energiforbruket i Norge dersom nullenergibygg innføres som ny bygningsstandard fra 2020 slik det er foreslått i Bygningsenergidirektivet av 2010.

En modell for å framskrive energiforbruket og -behovet i husholdninger og næringsbygg i Norge skal benyttes for å svare på disse spørsmålene. I oppbygning av modellen er det tatt utgangspunkt i historisk data og statistikk, og ved å tallfeste og formulere tre hovedscenarier for den fremtidige utviklingen i bygningsareal, energibehov og teknologibruk. NVE arbeider med å bygge opp en energibehovsmodell for å framskrive energibehovet i alle sektorer i fastlands-Norge. Modellen som er utviklet i denne masteroppgaven vil inngå som en modul i denne energibehovsmodellen.

1.2 Leserveiledning

Rapporten er inndelt i følgende deler:

Kapittel 2 inneholder en litteraturstudie over energibruk i bygningsmassen, hvilke drivere og utviklingstrekk som vil være viktige for utviklingen av energibruken fremover, samt relevante politiske vedtak, direktiver og avtaler som kan påvirke energibruken og energibehovet i byggene.

Kapittel 3 gir en vurdering av ulike simuleringsverktøy for modellering av bygningers fremtidige energibehov.

Kapittel 4 presenterer metodikken bak oppbyggingen av modellen. De viktigste beregningene og underlagsdataene som er benyttet i modelloppbyggingen er lagt ved i vedleggene på slutten av rapporten.

Kapittel 5 viser de viktigste resultatene fra de hovedscenariene i modellen.

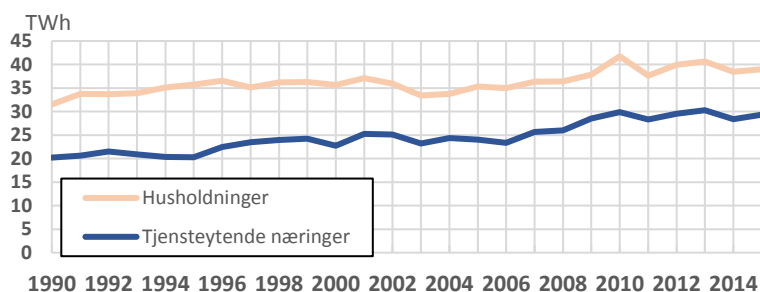
Kapittel 6 inneholder en diskusjon av resultatene samt virkningen av innføring av nær netto nullenergibygging i bygningsmassen og hvordan regjeringens effektiviseringsmål kan oppnås. Resultatene fra modellen sammenlignes også mot andre kjente framskrivinger i dette kapitlet.

Kapittel 7 er modellens konklusjon og inneholder de viktigste resultatene samt anbefalinger om videre arbeid.

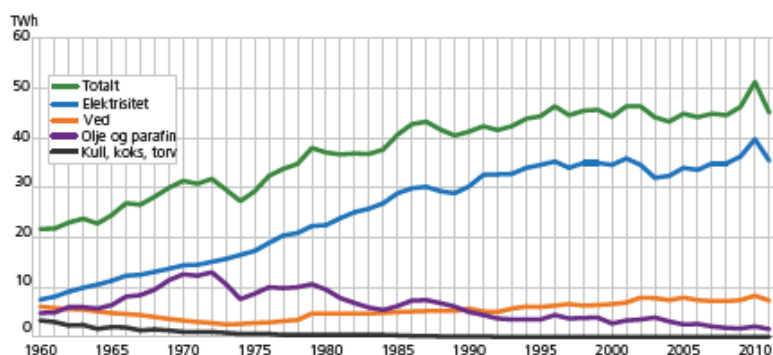
2 Bakgrunn

Gjennom hele det forrige århundret steg energibruken i norske boliger og næringsbygg. Økningen i energiforbruket fra 1960-tallet til 2010 var på godt over 100 %. De siste årene har denne veksten i energiforbruket stagnert, og forbruket har flatet ut. Figur 1 viser hvordan energiforbruket i husholdningene og tjenesteytende sektor utviklet seg fra 1990 og frem til 2015. I denne perioden steg energiforbruket i husholdningene med 23,7 % og energiforbruket i næringsbyggene med 45 %, men i alle årene etter 2010 har det årlige forbruket vært konstant ved omtrent 70 TWh. I det siste året med fullstendig statistikk, 2014, var energiforbruket i bygg 70,7 TWh, noe som tilsvarte i overkant av 36,4 % av netto innenlandsk sluttforbruk av energi det året. I tillegg til de historiske endringene i totalt energiforbruk har det også vært store endringer i forbruk av energivarer og utslipp knyttet til energiforbruk i bygg. Utviklingen i forbruk av ulike energivarer i husholdningene er vist i Figur 2, og viser at det har vært store endringer i forbruket, spesielt for elektrisitet. I 2014 utgjorde elektrisitet 83 % av energiforbruket i husholdningene og 80 % av energiforbruket i tjenesteytende sektor (SSB, 2015a). På starten av 1960-tallet var forbruket av fyringsolje, gass og parafin nesten like høyt som forbruket av elektrisitet i husholdningene (SSB, 2011a). Siden den gang har elektrisitetsforbruket økt kraftig, mens forbruket av fossile brensler har blitt redusert. Grunnet denne reduksjonen i forbruk av fossile brensler har også klimagassutslippene knyttet til energiforbruk i bygg blitt redusert over perioden til tross for at det totale energiforbruket har steget kraftig.

Ved å se på den historiske utviklingen i energiforbruk og energibehov i byggene, og ved å analysere hva som var de bakenforliggende årsakene til endringene i energiforbruket, kan man gjøre antakelser om hva som vil være viktige påvirkningsfaktorer for energiforbruket i årene som kommer. I dette kapitlet er det i den anledning utført en litteraturstudie for å se på hvilke drivere som har spilt en rolle i den historiske utviklingen i energibehovet og energiforbruket i bygg, og hvilke drivere som vil være gjeldende i fremtiden, inkludert energipolitiske vedtak og tiltak som kan ha påvirkning på det fremtidige energiforbruket.



Figur 1: Utvikling av energiforbruk i perioden 1990-2015 for husholdninger (ekskludert energiforbruk til fritidsboliger og husholdningsmaskiner) og næringsbygg (ekskludert bygg og anlegg og andre maskiner). (SSB, 2016f)



Figur 2: Utvikling i energiforbruk i husholdninger (inkludert energiforbruk til fritidsboliger og husholdningsmaskiner) fordelt på energivarer i perioden 1960-2011 (SSB, 2015b)

2.1 Energibruk i bygninger

I analyser av bygningers energiforbruk skilles det mellom netto energibehov og levert energi. Netto energibehov er bygningens energibehov uten hensyn til energisystemets virkningsgrad eller tap i energikjeden (Standard Norge, 2014), mens levert energi gjerne defineres som summen av energi levert til sluttforbruk i byggene. Ved måling av energiforbruk i bygg er det som regel levert energi som benyttes referansepunktet. Det prinsipielle forholdet mellom levert energi og netto energibehov er gitt i Formel 1.

Formel 1

$$\text{Levert energi} = \frac{\text{netto energibehov}}{\eta}$$

Hvor η er systemvirkningsgraden.

Energibehovet og –forbruket i bygg deles gjerne inn etter formål ved analyser og målinger. I norsk standard for beregning av bygningers energibehov og energiforsyning (NS 3031) deles energibehovet i bygg inn etter følgende formål ved beregning av totalt behov: Romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft, oppvarming av varmt tappevann, pumper, vifter, belysning, teknisk utstyr, romkjøling og ventilasjonskjøling. Totalt årlig netto energibehov, det vil si totalt årlig energibehov uten å ta hensyn til tap og virkningsgrader til teknologier, beregnes som summen av behovet til hver av disse formålene som vist i Formel 2:

Formel 2

$$E_t = \sum_{t=1}^T (Q_{H,nd,t} + Q_{C,nd,t} + E_{fan,t}) + Q_{W,nd} + E_p + E_l + E_{eq}$$

Der

E_t er årlig netto energibehov

i er nummeret for tidsperiode, for eksempel månedsnummer dersom man bruker statisk månedsberegning, eller time dersom man benytter dynamisk timesberegning.

T er 12 dersom man bruker månedsberegning (opp til måned 12) eller 8760 dersom man bruker timesberegning.

$Q_{H,nd,t}$ er netto oppvarmingsbehov til rom og ventilasjonsvarme ved tidspunkt t .

$Q_{C,nd,t}$ er netto kjølebehov ved tidspunkt t .

$E_{fan,t}$ er netto energibehov for vifter ved tidspunkt t .

$Q_{W,nd}$ er årlig netto oppvarmingsbehov for varmtvann.

E_p er årlig netto energibehov til pumper.

E_l er årlig netto energibehov til belysning.

E_{eq} er årlig netto energibehov til elektrisk utstyr.

Ved beregning av energibehov til oppvarming av varmt tappevann, samt til elspesifikke formål (med unntak av energibehov til vifter) brukes faste, årlige, spesifikke verdier for beregning for hver bygningstype. Det er antatt at levert energi er lik netto energibehov for elspesifikke formål (belysning, vifter, pumper og annet elektrisk utstyr).

Energibehovet for oppvarming av rom- og ventilasjonsluft og kjøling vil i stor grad variere med klima, og omtales gjerne som temperaturavhengig energibehov. Energibehovet for oppvarming av rom og ventilasjonsluft er definert som differansen mellom varmetap fra bygningen til omgivelse og varmetilskudd fra solstråling og interne laster. Definisjonen netto oppvarmingsbehov gitt av NS3031 er vist i Formel 2.

Formel 3

$$Q_{H,nd,t} = Q_{H,IS,t} - \eta_{H,t} * Q_{gn,t}$$

Der

$Q_{H,nd,t}$ er netto energibehov ved tid t .

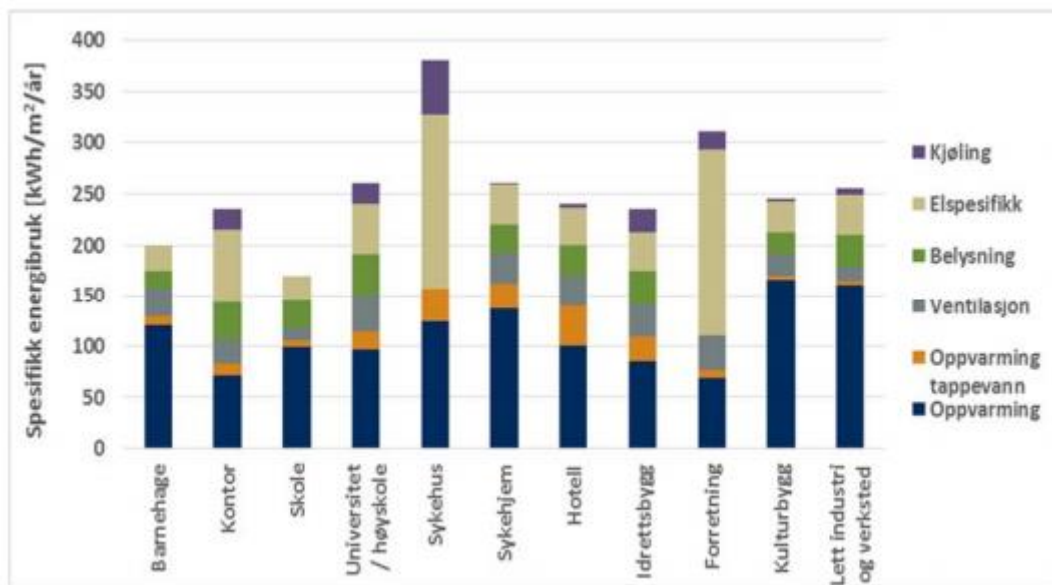
$Q_{H,IS,t}$ er bygningens varmetap ved tid t .

$\eta_{H,t}$ er utnyttingsfaktoren ved tid t .

$Q_{gn,t}$ er bygningens varmetilskudd ved tid t .

Varmetap i bygg avhenger av transmisjonstap (gjennom vegger, vinduer, tak og gulv etc.), tap ved utskiftning av ventilasjonsluft, infiltrasjon, innetemperatur og utetemperatur. Utnyttingsfaktoren avhenger av forholdet mellom varmetilskudd og varmetap, samt byggets fysiske egenskaper. Bygningens varmetilskudd kommer fra solstråling samt internt varmetilskudd fra belysning, utstyr, personer og vifter. Oppvarmingsbehovet til et bygg avhenger derfor i stor grad av bygningskroppen, klima og bruk.

Totalt gjennomsnittlig årlig energibehov, energiforbruk og formålsfordeling vil i stor grad variere for ulike bygningskategorier og bygningstyper. I husholdninger har det blitt det beregnet at 66 % av energiforbruket gikk til oppvarming av rom og ventilasjonsluft, 12 % til oppvarming av varmt tappevann og 22 % til elspesifikt forbruk i 2012 (Bergesen, et al., 2012). I en studie fra 2015-2016 ble formålsdelingen for ulike yrkesbyggtypen i Norge beregnet av NVE (2016) basert på målte verdier fra case studier og bygningsstatistikk. I studiene ble det formålsdelte energibruket i minst fem bygg i hver av bygningskategoriene fra NS3031 målt og kartlagt. Resultatene for det beregnede formålsdelte årlige spesifikke energiforbruket i de ulike bygningskategoriene for yrkesbygg er vist i Figur 3. Det er her vist at det er store forskjeller mellom gjennomsnittlig formålsdelt energiforbruk i de ulike bygningskategoriene. I kulturbygg, sykehjem, barnehager og skoler vil energiforbruket til oppvarming utgjøre det meste av energibruken. I de mest energikrevende bygningskategoriene, forretningsbygg og sykehus, er det forbruket av energi til elspesifikke formål som utgjør det meste av energiforbruket og som fører til det høye forbruket.



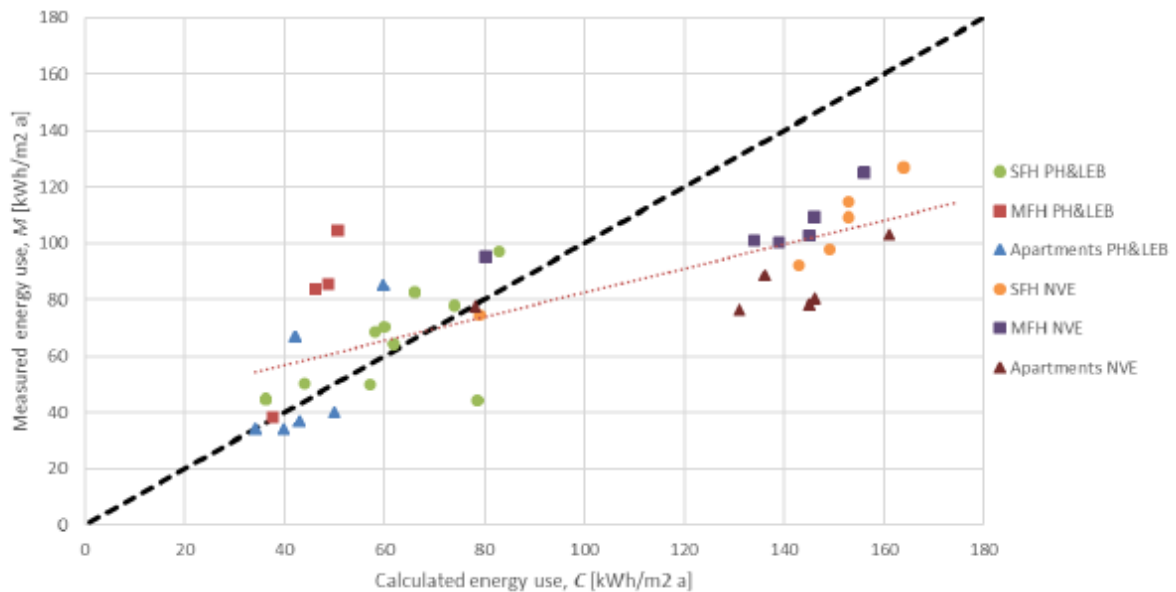
Figur 3: Formålsdelt årlig spesifikt energibruk i yrkesbygg. For kategoriene sykehus og forretningsbygg inneholder posten «elspesifikk» også energiforbruk til belysning. (NVE, 2016c)

2.2 Sammenligning av forventet og målt energibruk

En bygnings beregnede energibehov vil ikke nødvendigvis samsvare med bygningens målte energibehov. I en studie av 3400 tyske boliger ble forskjellen mellom målt og beregnet energibruk til oppvarming av rom og tappevann studert, og det ble funnet at målt energibruk lå i snitt 30 % under forventet energibruk i boligene (Sunikka-Blank & Galvin, 2012). Avviket mellom målt og forventet energibruk steg i snitt desto høyere det forventede energibruket økte. Boliger med forventet energibruk på 150 kWh/m²år hadde i snitt et avvik på 17 % under forventet energibruk, mens avviket i snitt var på 60 % under forventet energibruk for boligene med forventet energibruk på 500 kWh/m²år. For bygninger med veldig lavt forventet energibruk ble det motsatte observert. Boliger med et forventet energibruk på 100 kWh/m²år hadde i snitt et energiforbruk som var høyere enn beregnet (Sunikka-Blank & Galvin, 2012). Funnet tilsier at lavenergibygg og passivhus ofte bruker mer energi enn prosjekttert. Dette er støttet av en undersøkelse utført for Xergia der 64 lavenergi og passivhus ble studert og det ble funnet at 29 av byggene hadde et høyere energiforbruk enn forventet (Langseth, Everett, & Havskjold, 2011).

I en prosjektoppgave utført av Borg (2015) ble data fra NVE, en case-studie av passivhus i Granåsen i Trondheim, og en rekke andre studier over sammenhengen mellom beregnet og målt energi i bygg, sammenlignet for å se om det fantes en sammenheng mellom målt og beregnet energibruk i bygg. Funnene til Borg (2015) er vist i Figur 4, og viser den samme trenden som resultatene fra Sunikka-Blank & Gavin (2012), dog med noen forskjeller. Resultatene fra Borg (2015) viser at bygg med et årlig beregnet energiforbruk på omtrent 150 kWh/m²år har et energiforbruk som er i gjennomsnitt 20-25 % lavere enn beregnet. Dette avviket er større enn avviket beregnet av Sunikka-Blank & Galvin (2012). Samtidig er avviket mellom målt og beregnet energiforbruk i de byggene med høyest energiforbruk mindre i den norske studien enn i den tyske. Borg (2015) påpeker at dette kan skyldes at det norske klimaet er kaldere enn det tyske og at effekten dermed ikke blir like stor som i Tyskland det klimaet er mildere. En årsak til at eldre bygg ofte bruker mindre energi enn beregnet kan forklares med et funn fra

Ljones et al. (1992). De fant i sine studier at uisolerte boliger ofte har et lavt spesifikt energiforbruk til oppvarming da innbyggerne i boligene kun varmer opp ett eller noen få rom i boligen om vinteren.



Figur 4: Målt og kalkulert energibruk til romoppvarming og oppvarming av varmt tappevann for ulike boligtyper fra datasett fra NVE, passiv- og lavenergistudier og en case study for passivhus i Trondheim. (Borg, 2015)

Dokka et. al (2011) har utført en sammenlignende studie av flere nordiske studier på sammenhengen mellom målt og beregnet energibruk i bygg. De observerte at mange av studiene viser at det er brukbar til god overenstemmelse mellom målte og forventede verdier, men at enkelte studier viser større avvik, særlig når det kommer til forskjellen mellom målt og beregnet energi til romoppvarming og kjøling i bygg. De peker på at avviket mellom målt og beregnet energiforbruk til kjøling og oppvarming ofte skyldes dårlig regulerte klimasystemer der man varmer opp og kjøler bygget samtidig, eller at interne laster er høyere eller lavere enn forventet. De har også intervjuet flere rådgivere for å finne årsaken til avvikene. Intervjuobjektene påpeker at mulige årsaker til avviket kan være at beregninger av bygningers energiforbruk gjerne forgår tidlig i prosjekteringsfasen for å oppnå forskriftskravene. Beregning av virkelig energibehov vektlegges i mindre grad da alle benytter beregningsverktøy for kontroll opp mot TEK, og rådgiverne har lite erfaring med forholdet mellom målt og beregnet energibruk. Prosjektene følges sjeldent opp etter ferdigstillelse, og standard inndata stemmer ikke nødvendigvis overens med brukervaner. Langseth et al (2011) påpeker at årsakene til at energiforbruket i lavenergi- og passivhus ofte er høyere enn beregnet i hovedsak skyldes feil i teknisk anlegg, feil i design av bygget, eller at det er høyere innetemperatur enn beregnet, og mener at bruk og drift av bygg vil være den dominerende faktoren som i fremtiden vil avgjøre hvor mye av det totale energiforbruket i bygg som går til oppvarming.

2.3 Utslipp knyttet til energibruk i bygg

I 1990 var utslippene knyttet til oppvarming av bygg 3,5 millioner tonn CO₂-ekvivalenter (Det kongelige Miljøverndepartement, 2006-2007). I 2014 ble utslippene beregnet til å være 1,3 millioner tonn CO₂-ekvivalenter (SSB, 2015b). Nedgangen i utslipp skyldes nedgang i bruk og fossile brensler til oppvarming i byggene, som vist i innledningen av kapittelet, da fossile brensler har et utslipp som er mye høyere enn fornybar energi og bioenergi. CO₂- utslipp knyttet til energibruk i bygg beregnes prinsipielt som produktet av levert energi og en utslippsfaktor, og er vist i Formel 4:

Formel 4

$$m_{CO_2} = \sum (E_{del,i} K_{del,i})$$

Der

m_{CO_2} er årlige CO₂-utslipp i kg.

$E_{del,i}$ er levert energi av energivare i i kWh.

$K_{del,i}$ er CO₂-faktoren for energivaren i kg/kWh.

Per 2016 er det ikke utarbeidet nasjonale CO₂-faktorer for beregning av utslipp knyttet til energibruk i Norge, men det anbefales i NS 3031 å benytte veiledende verdier gitt i NS-EN 15603 vedlegg E (Standard Norge, 2014) for beregning av utslipp fra energibruk i bygg. Utslippsfaktorene for de mest brukte energivarene til oppvarming fra denne tabellen er vist i Tabell 1 Figur 4. Utslipp knyttet til bruk av elektrisitet og fjernvarme vil i en energibruksanalyse som regel settes til 0 da utslippene av disse energivarene er knyttet til produksjon og overføring av energien. En vurdering av utslippsfaktorer for elektrisitet og fjernvarme er inkludert i Vedlegg III.

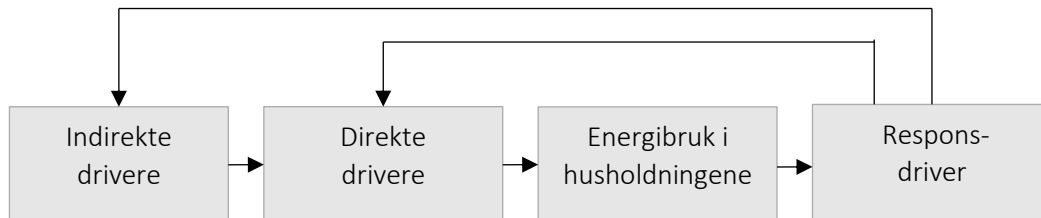
Energivare	CO ₂ -produksjonskoeffisient $K_{del,i}$ [kg/MWh]
Fyringsolje	330
Gass	277
Treflis	4
Ved	14

Tabell 1: Utslippsfaktorer knyttet til oppvarming av bygg ved de vanligste energivarene i Norge foruten fjernvarme og elektrisitet-

2.4 Aktivitetsanalyse av fremtidig energibruk i bygningsmassen

For å kunne framskrive energiforbruket og -behovet i bygningsmassen må man studere hvilke drivere som historisk sett har hatt påvirkning på energiforbruket og gjøre antakelser om hvilke drivere som vil spille en rolle i utviklingen til energiforbruket i fremtiden. Med drivere menes vekstfaktorer som påvirker energibruken slik at den endres. Det skilles gjerne mellom direkte og indirekte drivere. Direkte drivere er drivere av teknisk eller fysisk karakter som kan påvirkes av brukerne, eierne eller konstruktørene av bygg og som har direkte påvirkning på energibruken (for eksempel bygningsareal eller valg av oppvarmingssystem). Indirekte drivere er forhold i samfunnet av sosial, juridisk og/eller økonomisk karakter som påvirker de direkte driverne (NVE, 2013). Eksempler på indirekte drivere er endring i kraftpris, arbeidsvaner og politiske forskrifter og krav.

I Hill et. al (2011) er forholdet mellom direkte drivere, indirekte drivere og energibruk i husholdninger forsøkt modellert teoretisk i en systemdynamisk modell basert på en årsak-virkningsmodell fra OECD der det skilles mellom årsak, påvirkning, status og respons. Terminologien fra denne OECD-modellen er oversatt til modellform som vist i diagrammet i Figur 5. Diagrammet viser hvordan driverne i modellen påvirker hverandre og energibruket. I deres modell er det i tillegg til direkte drivere og indirekte drivere også inkludert en mekanisme som kalles responsdriver. Responsdriveren er knyttet til offentlig virkemiddelbruk og kan ha innvirkning på direkte drivere eller indirekte drivere. Samspillet mellom energibruken og driverne kan være vanskelig å beskrive og tallfeste, da endringer i en indirekte driver (for eksempel økte strømpriser) ikke nødvendigvis har en direkte og umiddelbar virkning på energibruket, men kan føre til endringer i flere forskjellige direkte drivere (for eksempel senkning av innetemperatur, bruk av andre energibærere, investering i bygningskroppen etc.)



Figur 5: Analysemodell for utvikling i energiforbruk og drivere basert på OECD-modellen for framskriving av energiforbruk (Hill, Simonsen, & Aall, 2011).

Desto mer komplisert modellen er, og jo mer informasjon den skal inneholde og kunne gi svar på, desto flere faktorer vil det være behov for å tallfeste. Valg av modellstruktur må gjøres basert på tilgjengelig informasjon og hva slags informasjon som er ønskelig å beregne. En mye brukte metode for å analysere fremtidig utvikling av energiforbruk og energibehov, og virkning av ulike drivere er aktivitetsanalyse. I en aktivitetsanalyse er energiforbruket modellert som er produkt av en aktivitet og en energiintensitet (energi per enhet aktivitet), som i Formel 5.

Formel 5

$$\text{Energiforbruk} = \text{Aktivitet} * \text{Energiintensitet}$$

For energibruk i bygg er det nærliggende å velge bygningsarealet eller antall bygg som aktivitet. I de fleste studiene som refereres til i denne oppgaven er aktiviteten som regel bygningsareal. Dersom bygningsarealet (målt i m²) velges som «aktivitet» for framskriving av energibruk i bygg blir

energiintensiteten spesifikk energibruk (kWh/m²år). Dermed kan det årlige energiforbruket i bygg analyseres som i Formel 6:

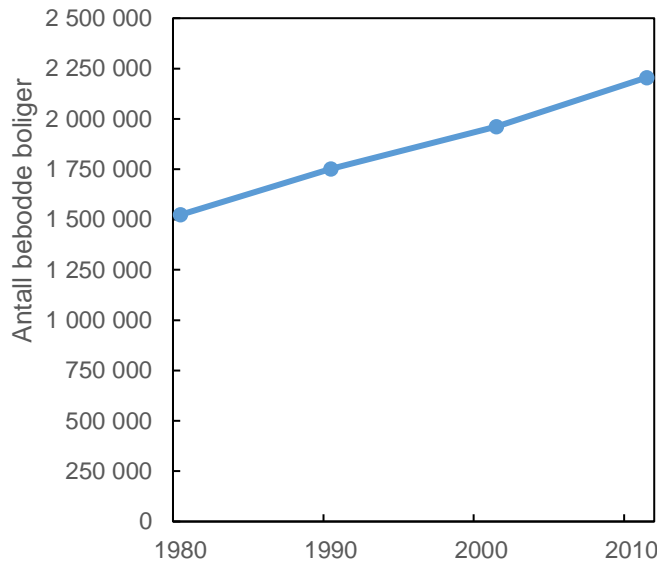
Formel 6

$$\text{Årlig energiforbruk} = \text{Areal [m}^2\text{]} * \text{spesifikt energibruk} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{år}} \right]$$

I de følgende avsnittene vil de viktigste driverne bak utviklingen i areal i husholdninger og næringer, samt spesifikt energibehov og energiforbruk presenteres.

2.4.1 Drivere for utvikling av aktivitet i husholdninger

Ved bruk av aktivitetsanalyse i framskriving av fremtidig energibruk i husholdningene benyttes som regel totalt boligareal eller antall boliger som aktivitet. Det finnes ikke nøyaktig statistikk over boligarealet i Norge, men beregninger har blitt utført basert på blant annet SSBs folke- og boligtellinger. Historisk har det vært en økning i antall boliger. I folke og bolig tellingen i 1980 var antall bebodde



boliger i overkant av 1,5 millioner (SSB, 2011b). I folke- og bolig tellingen av 2011 hadde antallet steget til 2,2 millioner, som tilsvarer en økning på 44 %. Utviklingen i antall boliger fra 1980 og frem til 2011 er vist i Figur 6.

De viktigste direkte drivene bak utvikling i antall boliger er befolkningstallet, andelen av befolkningen som er bosatt i private husholdninger og antall personer per husholdning. Når antall bebodde boliger er kjent kan boligarealet beregnes som et produkt av antall boliger og areal per bolig.

Figur 6 Antall bebodde boliger i Norge av alle typer hentet fra Folke- og bolig tellingene 1980, 1990, 2001 og 2011 og interpolert for årene mellom. (SSB, 2011b)

Hvordan arealet i boligblokker og småhus beregnes basert på disse driverne er vist i henholdsvis Formel 7 og Formel 8 .

Formel 7

$$A_{tot,boligblokk} = \frac{P * P_{privat} * P_{boligblokk} * A_{boligblokk}}{H_{boligblokk}}$$

Der

$A_{tot,leilighet}$ er det totale boarealet til alle leiligheter i Norge.

P er befolkningstallet

P_{privat} er andelen av befolkningen som bor i private husholdninger

$P_{leilighet}$ er andelen av befolkningen i private husholdninger som bor i leilighet.

$A_{leilighet}$ er gjennomsnittlig areal for en leilighet i Norge.

$H_{leilighet}$ er gjennomsnittlig husholdningsstørrelse i en leilighet i Norge.

Formel 8

$$A_{tot,småhus} = \frac{P * P_{privat} * P_{småhus} * A_{småhus}}{H_{småhus}}$$

Der

$A_{tot, småhus}$ er det totale boarealet til alle småhus i Norge.

$P_{småhus}$ er andelen av befolkningen i private husholdninger som bor i småhus.

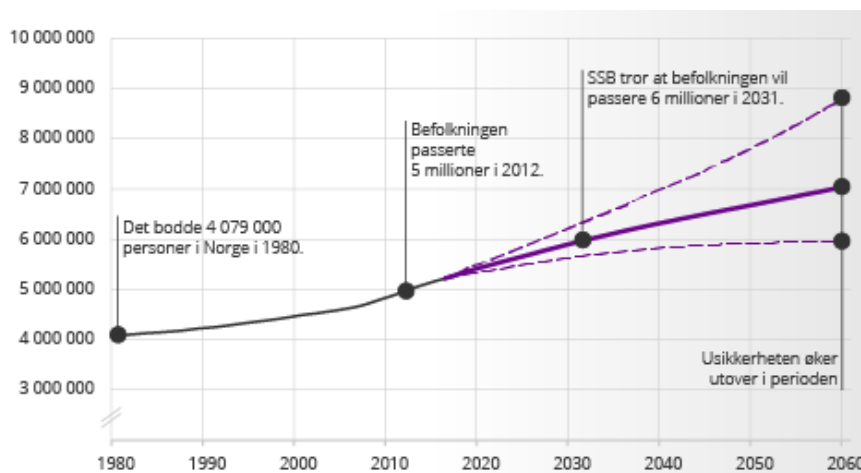
$A_{småhus}$ er gjennomsnittlig areal for en småhus i Norge.

$H_{småhus}$ er gjennomsnittlig husholdningsstørrelse i en småhus i Norge.

I de følgende avsnittene vil hver av disse parameterne og deres innvirkning på boligarealet bli ytterligere presentert.

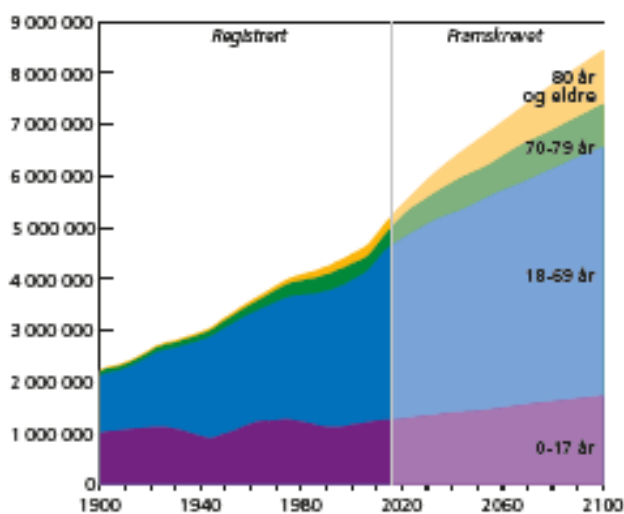
2.4.1.1 Befolkningstallet

Befolkningstallet i Norge har hatt hurtig vekst det siste århundret, og er sannsynligvis den viktigste driveren for veksten i antall boliger. Befolkningstallet nådde 4 millioner i 1980 og allerede i 2012 steg befolkningstallet over fem millioner (Tønnessen, Leknes, & Syse, 2016). Det er forventet at det vil fortsette å være en vekst i befolkningstallet frem mot 2050, men det er usikkert hvor mye folketallet vil stige. SSB har framskrevet befolkningsveksten frem mot 2100 i tre alternativer: «hovedalternativet», «lav vekst» og «høy vekst». Fruktbarhet, dødelighet og levealder, flytting og innvandring har blitt framskrevet hver for seg i flere alternativer av SSB, og disse framskrivningene er siden brukt til å framskrive befolkningsveksten i de tre scenarioene. Framskrivningen er gjort for hver kommune og for hele landet. I hovedalternativet er det antatt at fruktbarheten holdes på dagens nivå på 1,7 barn per kvinne, at levealderen øker med syv år for menn og fem år for kvinner mot 2060, at det innenlandske flyttemønsteret vi har sett de siste ti årene fortsetter, og at årlig netto innvandring til Norge på sikt blir liggende på mellom 25 000 og 30 000 (SSB, 2016b). Dette vil en føre til en økning i befolkningsvekst i hele århundret i hovedalternativet, og i perioden frem mot 2040 vil folketallet vokse med over 20 %. Folketallet er forventet å passere 6 millioner i 2031 og 7 millioner nærmere 2060 i referansebanen som vist i Figur 7. Befolkningstallet er forventet å stige i alle scenarioene, og dersom alle andre forhold i samfunnet er likt vil en endring i befolkningstallet føre til en fortsatt vekst i boligarealet frem mot 2020.



Figur 7: Utvikling i befolkningstallet fra 1980 og frem til i dag, og forventet fortsatt økning i tre alternativer frem mot 2060. (SSB, 2016d)

2.4.1.2 Andel av befolkning i private husholdninger



Figur 8: Folkemengde i fire aldersgrupper, registrert og framskrevet i hovedalternativet (Tønnessen, et al., 2016,, figur 9.)

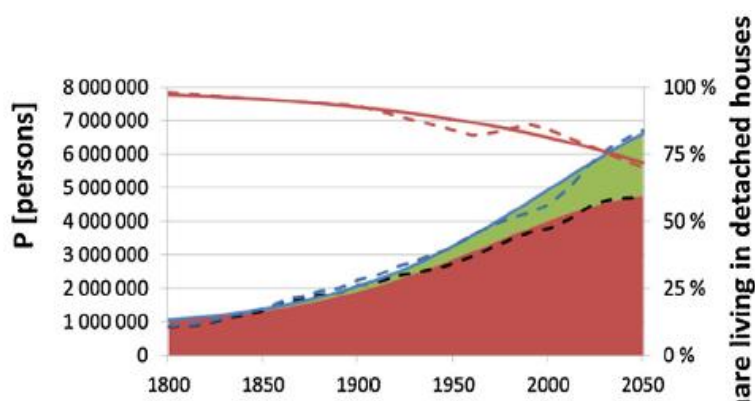
I årene 2005 til 2015 bodde i snitt 99,1 % av befolkningen i private husholdninger (SSB, 2016h). De som bor utenfor private husholdninger bor på sykehjem eller andre institusjoner.

I SSBs befolkningsframskrivinger antas det at alderssammensetningen i befolkningen kommer til å endre seg betydelig i årene som kommer grunnet en stadig økende levealder som vist i Figur 8 (Tønnessen, Leknes, & Syse, 2016). Antall eldre vil vokse kraftig, men andelen av eldre i befolkningen vil variere veldig mellom de tre framskrivingsalternativene for befolkningsveksten. Veksten i antall eldre har de siste årene gått ned etter at de største fødselskullene fra etterkrigstiden er i ferd med

å bli samfunnets eldste. Andel av befolkningen som er over 70 år har dermed variert mye og vil variere en del i årene fremover. I 2016 er 11 % av befolkningen over 70 år. I hovedalternativet til SSB vil denne andelen øke til 19 % i 2050. Andelen av befolkningen i aldersgruppen 80-89 vil øke fra i underkant av 4 % i 2015 til over 7 % i 2050, mens andelen over 90 år vil øke fra under 1 % til over 2 % i 2050 (Tønnessen, Leknes, & Syse, 2016). Med en økning av andel eldre kan man også anta at det vil være en økning i antall syke og institusjonsbeboere på for eksempel sykehjem, og at andelen av befolkningen som er bosatt i private husholdninger dermed vil gå noe ned.

2.4.1.3 Andel av befolkning i småhus og leiligheter

I NS3031 er boliger inndelt i bygningskategoriene i «Småhus» og «Boligblokker». Det er variasjoner innenfor hver av disse gruppene, men det antas at byggene innenfor hver gruppe har omtrent samme konstruksjon, teknologier og brukere. I NS3031 er eneboliger, tomannsboliger, firemannsbolig, kjedede eneboliger og rekkehus definert som småhus mens leiligheter og andre hus er definert som boligblokker (Standard Norge, 2014). Hvorvidt befolkningen i hovedsak er bosatt i boligblokker eller leiligheter vil



Figur 9: Beregnet statistikk og framskrevne verdier for befolkningstall, andel av befolkning bosatt i småhus («detached») og boligblokket («compact») vist som både utflattede verdier og rådata (Sandberg, Sartori, & Brattebø, 2014, s. (figur 2a))

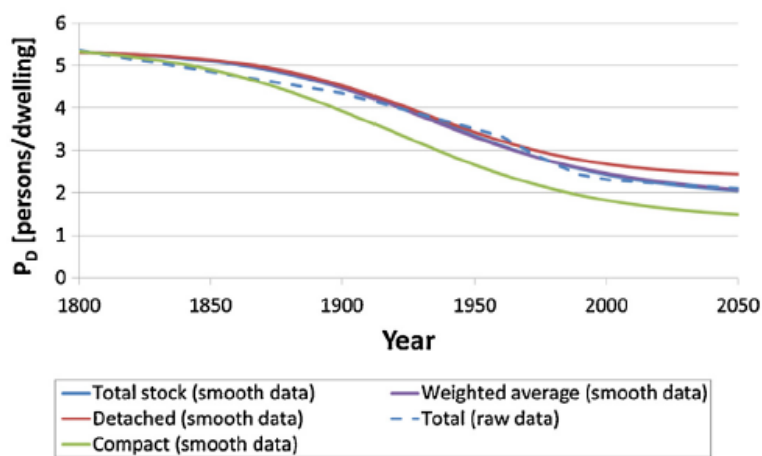
som regel ha innvirkning både på energiintensitet og aktivitet. Leiligheter er som regel mer kompakte enn småhus, og arealet per person i leiligheter er lavere enn arealet per person i småhus.

Det spesifikke romoppvarmingsbehovet er som regel lavere for boligblokker enn i tilsvarende småhus grunnet mindre overflateareal mot uteluft per kvadratmeter (Standard Norge, 2014).

SSBs befolkningsframskriving antar at dersom dagens flyttemønster fortsetter vil flere flytte til byer og sentrale strøk (Tønnessen, Leknes, & Syse, 2016). Andelen av befolkningen som er bosatt i boligblokker i byene er som regel høyere enn andelen bosatt i boligblokker i distriktene. I Oslo i 2011 bodde om lag en tredjedel av befolkningen i leilighet (SSB, 2012), noe som er betydelig høyere enn landsgjennomsnittet i 2011 på 21 % (Sandberg, Sartori, & Brattebø, 2014). Sandberg et. al (2014) har framskrevet utviklingen i andelen av befolkningen som vil bo i småhus frem mot 2050 ved å interpolere utviklingen i perioden 1800-2014, og har beregnet at andelen av befolkningen bosatt i boligblokker vil øke fra 21 % til 28 % i perioden 2014-2050 som vist i Figur 9.

2.4.1.4 Husholdningsstørrelse

Over de siste tiårene har antall enpersonshusholdninger steget, og gjennomsnittlig husholdningsstørrelse sunket, men den langsiktige trenden med stadig mindre husholdninger har begynt å flate ut. Med nedgang i antall personer per husholdning vil arealet per husholdning sannsynligvis synke, mens areal per person øker, og en endring i familiestruktur og antall personer i hver husholdning har sannsynligvis bidratt til at antallet boliger har hatt en kraftig vekst over siste halvdel av forrige århundre. I 2015 var gjennomsnittlig husholdningsstørrelse i Norge på 2,2 personer/husholdning (SSB, 2016c). 17 % av befolkningen i 2015 bodde alene, 46 % bodde i husholdninger med 2 eller 3 personer, mens 37 % som bodde i en husholdning med 4 eller flere personer (SSB, 2016c). Sandberg et. al har framskrevet utviklingen i antall personer per husholdning i småhus og boligblokker frem mot 2050 ved å interpolere utviklingen i perioden 1800-2014, og dette er vist i Figur 10. I deres modell ble gjennomsnittlig husholdningsstørrelse i 2014 beregnet til å være på 2,28 personer/husholdning med 2.58 personer per



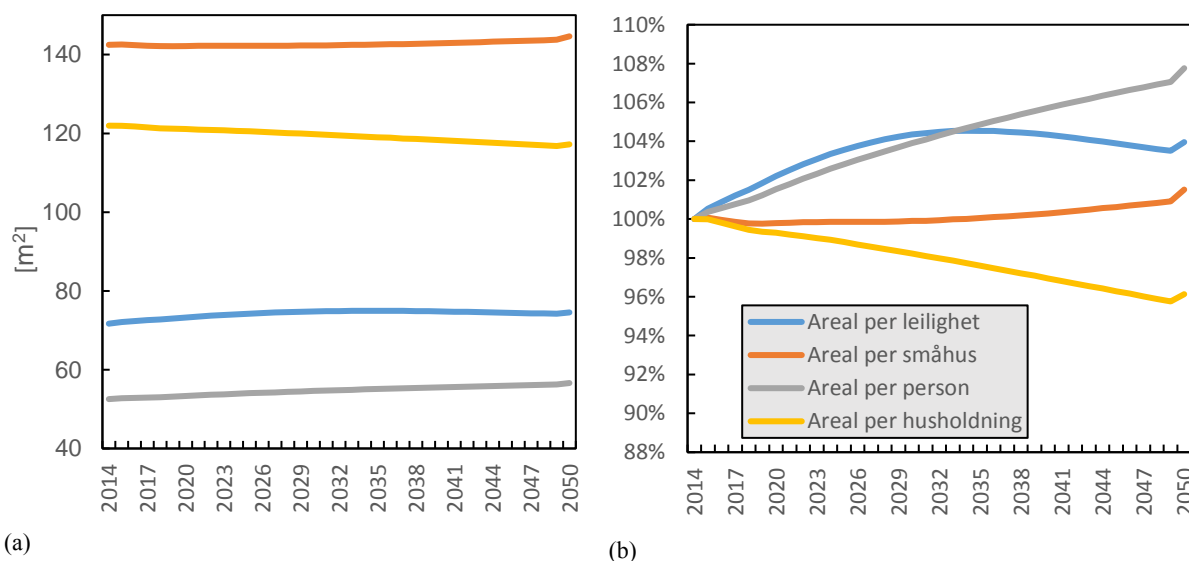
husholdning i småhus og 1,69 personer per husholdning i leiligheter. Det er samtidig beregnet at det har vært en stor nedgang i antall personer per husholdning over de siste årene. Det er framskrevet at det fortsatt vil være noe nedgang i gjennomsnittlig husholdningsstørrelse i de kommende årene men at veksten etter hvert vil flates ut mot 2,44 personer per husholdning i småhus og 1,49 personer per husholdning i boligblokker i 2050

Figur 10: Utvikling i antall personer per gjennomsnittlige husholdning, og beregnede verdier for husholdningsstørrelse i småhus og boligblokker i perioden 1800-2050 (Sandberg, et al., 2014, figur 2b)

2.4.1.5 Boligareal

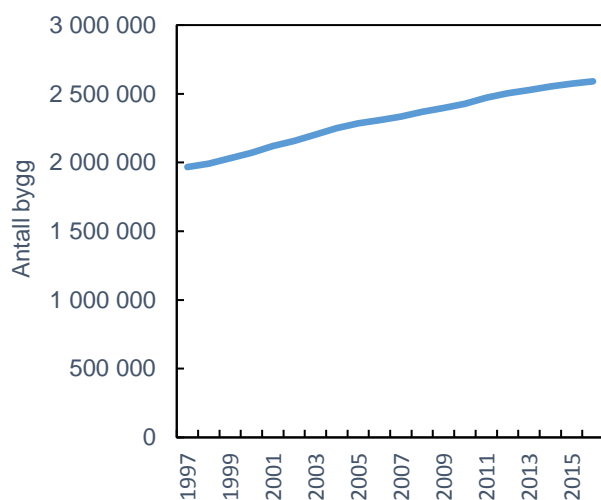
Som nevnt finnes ikke nøyaktige tall for boligarealet i Norge i dag eller tidligere, men det er antatt at det har vært en kraftig vekst i det samlede boligarealet over det siste århundret ettersom antallet boliger har økt mye. Dersom det er en nedgang i areal per bolig vil vekstraten for boligarealet være lavere enn vekstraten for antall boliger. Det er ukjent hvorvidt dette er tilfelle, men ettersom det har vært en vekst i andelen av befolkningen som er bosatt i boligblokker antas det at dette kan ha vært en historisk driver for å begrense veksten i boligarealet.

Enovas «Potensial- og barrierestudie» (Enova, 2012) er den største sammenlignende studien utført i Norge for å beregne det totale arealet for boliger og næringsbygg. I denne studien ble det gjort anslag over arealet for hver bygningskategori basert på vurderinger av flere rapporter og statistikker. I studien ble det i tillegg til å beregne areal for hver av bygningskategoriene i bygningsmassen også gjort anslag over alderssammensetningen til bygningsmassen for hver av kategoriene. «Potensial og barrierestudien» er vurdert til å gi det beste mulige anslaget av det samlede byggearealet i Norge i dag, da det har vært få andre studier i nyere tid der statistikk for yrkesbyggsareal har blitt gjennomgått, men tallene er fortsatt usikre. Det samlede arealet for norske småhus og leiligheter ble her anslått til å være omtrent 260 millioner i 2010. NVE har basert på blant annet denne studien og SSBs befolkningsframskriving beregnet og framskrevet areal for småhus og boligblokker i årene 2010-2050. Ved bruk av denne arealframskrivingen og framskrivningene fra Sandberg et. al (2014) over husholdningsstørrelse og andel av befolkningen bosatt i boligblokker, vil utviklingen i areal per husholdning, leilighet, småhus og per person være som i Figur 11a i perioden 2014-2050. Den relative utviklingen i areal i perioden 2014-2050 er vist i Figur 11b. Dersom veksten i areal per bolig blir som framskrevet vil arealet per småhus i perioden 2014 til 2050 øke fra 142,5 til 144,6 m² fra mens arealet for leiligheter vil øke fra 71,4-74,5 m². Det vil være en samlet nedgang i areal per husholdning på nesten 4 % over perioden. Dette skyldes sannsynligvis at husholdningene blir mindre, og det dermed er mindre behov for areal per husholdning. Samtidig vil flere bo alene, og dermed øker krav til antall leiligheter. Dette fører til en samlet vekst i areal per person på 7,8 % over perioden.



Figur 11a og b: Utvikling av boligareal per leilighet, per småhus, per husholdning og per person ved bruk av NVEs framskrivinger av bygningsarealet og Sandberg et. al (2014) framskrivning for personer per husholdning og befolkningens valg av husholdningstype er vist i 11a. Den relative utviklingen i forhold til 2014-nivået er vist i 11b.

2.4.2 Drivere for utvikling av aktivitet i næringsbygg



Figur 12: Utvikling i antall bygg for eksisterende bygningsmasse av typen «Andre bygg enn boliger» i årene 1997-2016 (SSB, 2016)

I likhet med for husholdninger, finnes det ikke nøyaktig statistikk over eksisterende eller historisk bygningsareal for næringsbygg i Norge. Det finnes likevel noe statistikk, og SSB har gjennom tellinger gjort anslag for utviklingen i antall næringsbygg mellom 1997 og 2016 som vist i Figur 12. I figuren er det vist at antallet bygg i eksisterende bygningsmasse som tilhører gruppen «andre bygg enn boliger» økte med over 500 000 i perioden.

Tjenesteytende sektor er en stor og sammensatt gruppe bygg med ulike driftstider, bruk og formål. Næringsbygg omfatter alle bygg der det drives næringsvirksomhet og som eies og drives av både private og offentlige aktører. En kan

anta at bygningsarealet for næringsbygg samlet sett har økt i takt med veksten i antall bygg i eksisterende bygningsmasse.

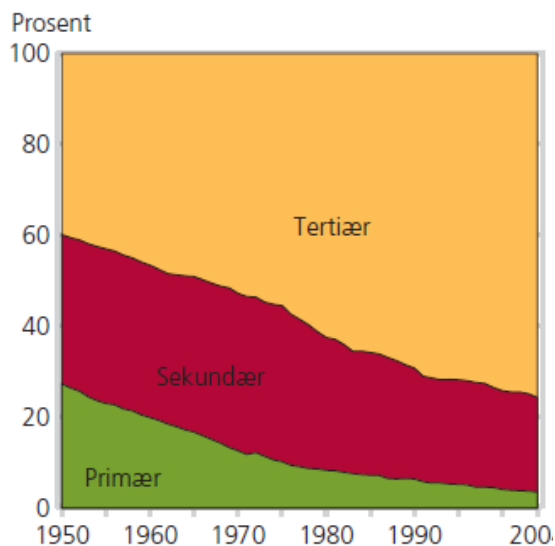
Ettersom næringsbygg er en såpass sammensatt gruppe er det mer komplisert å identifisere de direkte og indirekte driverne for arealutviklingen for næringsbygg enn det er for boliger. NVE har gjennom 3 rapporter studert trender og drivere for mulig utvikling i areal og spesifikk energibruk for de tre største bygningskategoriene: forretningsbygg, undervisningsbygg og kontorbygg. Studiene har blitt utført ved hjelp av å skissere hypoteser gjennom et dokumentstudium og bekrefte/avkrefte disse gjennom intervjuer med eiendomsaktører. De viktigste driverne som ble identifisert, hvordan disse har påvirket arealutviklingen i næringsbygg historisk, og hvordan driverne kan komme til å påvirke arealutviklingen i fremtiden, er vist i Tabell 2.

Bygningskategori	Driver	Historisk driver	Fremtidig driver	Økning	Viktighet
Alle	Befolkningsutvikling	Vekst	Vekst	Økning	Høy
Forretningsbygg, kontorbygg	Økonomisk vekst	Vekst	Vekst	Økning	Høy
Forretningsbygg kontorbygg	Arealkostnader	Usikkert	Usikkert	Usikkert	Liten
Forretningsbygg	Kjøpesenterbestemmelse	Vekst	Utflating	Usikkert	Noe
Forretningsbygg	Sentralisering	Færre butikker	Færre butikker	Reduksjon	Middels
Alle	Fysisk utforming	Vekst	Vekst	Økning/usikkert	Middels
Forretningsbygg	Netthandel	Vekst	Vekst	Reduksjon/usikkert	Høy
Undervisningsbygg	Lov om barnehageplass	Vekst	Vekst	Økning	Høy
Undervisningsbygg	Maksimalgrense for foreldrebetaling i barnehagen	Uendret	Uendret	Uendret	Lav

Undervisningsbygg	Kontantstøtte	Uendret	Uendret	Uendret	Liten
Undervisningsbygg	Utdanningstilbøyelighet	Vekst	Vekst	Økning	
Kontorbygg	Antall ansatte	Vekst	Vekst	Økning	Ukjent

Tabell 2: Identifiserte drivere for arealutviklingen til forretningsbygg, undervisningsbygg og kontorbygg, og deres historiske og mulige fremtidige påvirkning på arealutviklingen. (NVE, 2014a) (NVE, 2014b) (NVE, 2013)

I tabellen er det indentifisert noen direkte og indirekte drivere som vil ha påvirkning for arealet i alle bygningskategorier av næringsbygg i fremtiden, og noen drivere som kun vil ha påvirkning på arealutviklingen i enkelte av bygningskategoriene. For eksempel vil befolkningsvekst vil ha en påvirkning på arealet i alle bygningskategoriene mens loven om makspris på barnehageplass kun påvirker utviklingen i arealet for barnehager. I disse studiene har det kommet frem at det er befolkningsveksten og økonomisk utvikling som har vært de viktigste historiske driverne for det økte, samlede arealet for næringsbygg. I takt med økende økonomisk vekst og befolkningstall har det vært en overgang for andelen sysselsatte fra primær- og sekundærnæringer til tertiærnæringer, og dette har sannsynligvis ført til en enorm økning i arealet over de siste tiårene, spesielt i kontorbygg og forretningsbygg som i dag utgjør de to største gruppene innen næringsbygg. Som vist i Figur 13 utgjorde andelen av sysselsatte i tertiærnæringene 40 % av den arbeidsaktive befolkningen i 1950, mens andelen steg til i underkant av 80 % i 2004 (Farsethås, 2008). Befolkningsvekst og økonomisk vekst er identifisert som drivere som også i fremtiden kommer til å være viktige drivere med stor positiv påvirkning på arealveksten. Hvilke typer næringer vi satser på og hvilke vaner vi tillegger oss for handling og interaksjon med hverandre vil også være avgjørende for arealbehovet i de ulike bygningskategoriene i årene som kommer. For forretningsbygg kan det være at netthandel vil ta over



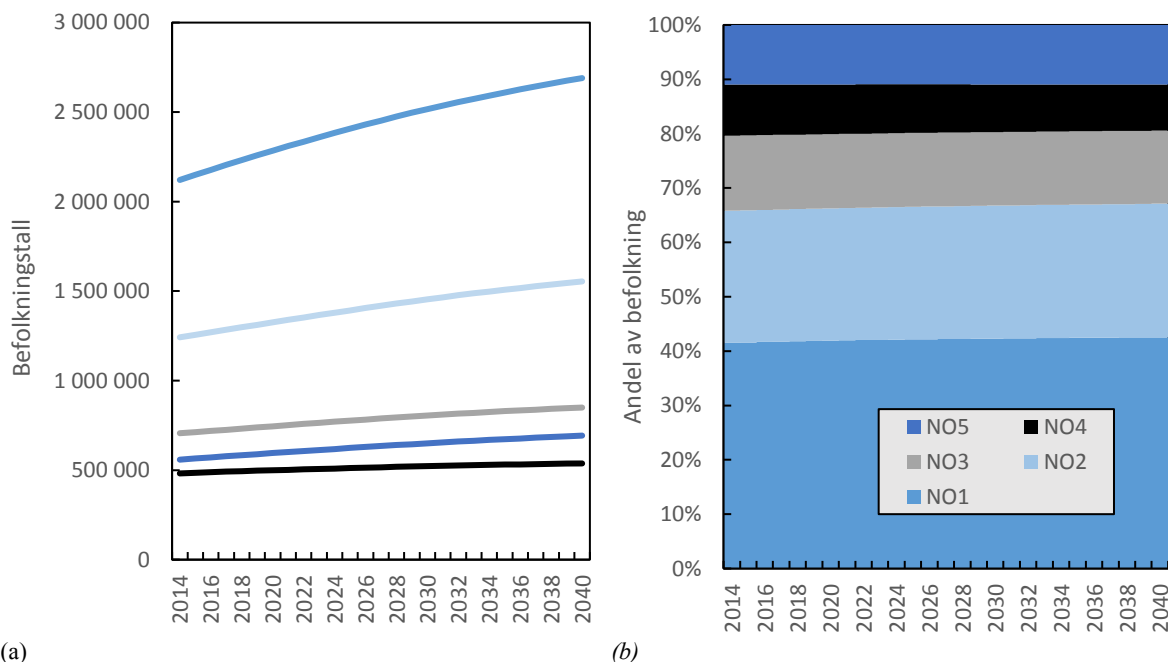
Figur 13: Sysselsatte fordelt på primær-, sekundær- og tertiærnæringene (Farsethås, 2008)

mer av markedet fra butikker og kjøpesentrene, som fører til en nedgang i butikkareal, men dette vil samtidig øke behovet for areal av lagerbygninger. I tillegg til dette kan endringer i demografien som vist i avsnitt 2.4.1.2 ha påvirkning på arealutviklingen. Dersom det er vekst av eldre og uføre i befolkningen, vil det føre til et økt krav til areal for sykehus og sykehjem. En vekst i befolkning under yrkesaktiv alder vil føre til økt arealbehov for skoler og barnehager. Dersom alle forhold i samfunnsutviklingen forblir likt foruten befolkningsveksten i yrkesaktiv alder, vil det være en økning i ansatte i kontoryrker og forretningsbygg. Dette gir økt økonomiske vekst, men kan også føre til økte arealkostnader, slik at totalarealet vil øke for forretningsbygg og kontorbygg, men arealet per ansatt kan synke (NVE, 2013).

2.4.3 Regional befolkningsendring

Basert på funnene presentert i avsnitt 2.4.2 og 2.4.3 vil utviklingen i de viktigste driverne for bygningsarealet føre til en samlet vekst i det norske bygningsarealet. Hvor stor denne veksten blir vil dog variere mellom de ulike landsdelene og regionene avhengig av flytting og næringsutvikling i områdene.

SSB har framskrevet referansealternativet for befolkningsutviklingen på kommunalt nivå i tillegg til nasjonalt nivå frem til 2040. I den nasjonale framskrivningen er det totale folketallet forventet å stige med 20 % i perioden 2016 til 2040, men veksten på kommunalt nivå i stor grad vil være varierende. Det er forventet at det vil foregå en sterk sentralisering i de kommende årene som fører til at landsdelssentrene (Oslo, Kristiansand, Stavanger, Bergen, Trondheim og Tromsø) opplever kraftig vekst i folketallet, mens folketallet reduseres i forhold til 2016-nivået i over en fjerdedel av kommunene grunnet fraflytting. De store forskjellene i befolkningsvekst i kommunene vil skyldes at unge personer i fruktbar alder flytter til sentraliserte områder og at denne innvandringen forsterkes av økt fødselsrate i byene (Leknes, 2016). På regionalt nivå vil det være vekst i alle regioner i perioden 2014-2040, men folketallet i noen regioner er forventet å vokse hurtigere enn andre. Utviklingen i folketallet i hver av elspotområdene (anno 2014) er forventet å bli som vist i Figur 14a og b. Folketallet i elspotområdene NO1 og NO2 (Østlandet og Sørlandet) er forventet å vokse noe raskere enn folketallet i NO3-NO5 (Midt-Norge, Nord-Norge og Vestlandet). Andelen av den norske befolkningen som er bosatt i region NO1 vil i perioden 2014-2040 øke fra 42 % til 43 % og andelen av befolkningen bosatt i region i NO2 er forventet å øke fra 24 % til 25 %. Samtidig vil andelen av befolkningen bosatt i region NO3 reduseres fra 14 % i 2014 til 13 % i 2014 og andelen bosatt i NO4 vil reduseres fra 9 % til 8 %.



Figur 14a og b: Figur 14a viser framskrevet befolkningstall målt i antall personer i hver av elspotområdene anno 2014 beregnet ut fra SSBs hovedalternativ for befolkningsvekst i kommunene (SSB, 2016e). B) viser andelen av den totale befolkningen som vil være bosatt i hver region.

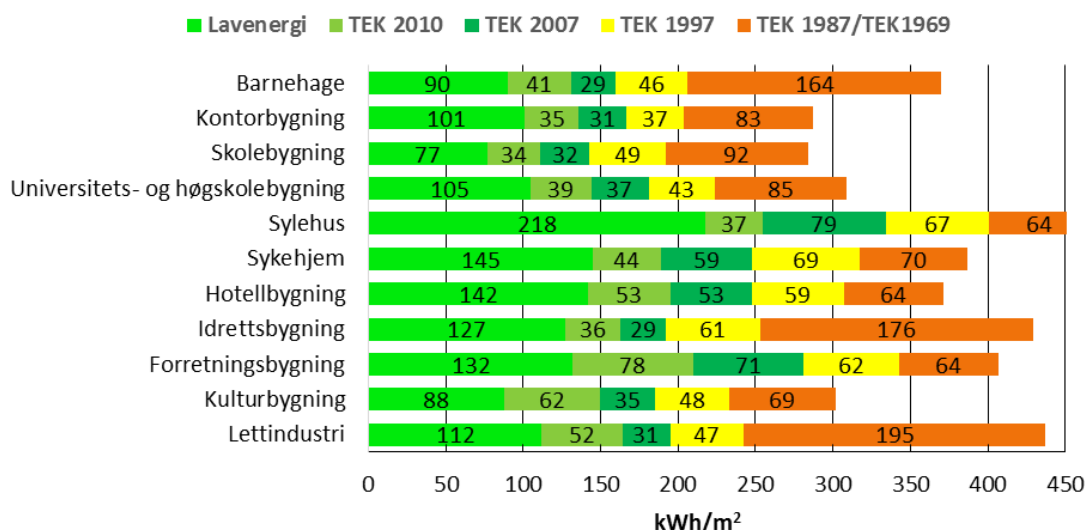
2.4.4 Driveere for utvikling i energiintensitet i bygningsmassen

Ved bruk av aktivitetsanalyse til framskriving av energibehov i bygg der bygningsarealet (målt i m²) er aktiviteten, er netto spesifikt energibehov eller energiforbruk (målt i kWh/m²år) energiintensiteten. I dette kapitlet presenteres viktigste direkte og indirekte driveere som har hatt en historisk påvirkning på utviklingen i energiintensiteten i bygningsmassen, samt driveere som kan komme til å ha påvirkning på energiintensiteten i bygningsmassen i de kommende årene.

2.4.4.1 Bygningskroppens tetthet

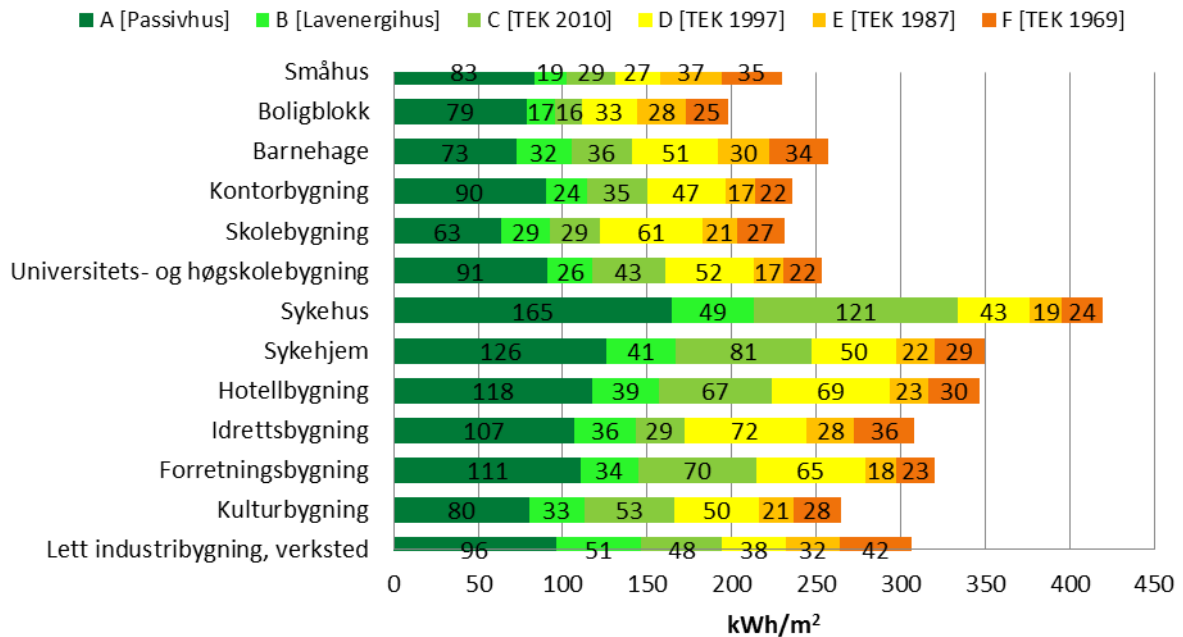
I innledningen av litteraturstudien ble det vist at romoppvarming utgjør en stor andel av energiforbruket i bygningsmassen. I NVEs undersøkelse av formålsdelt energibruk i yrkesbygg, sto energibruk til romoppvarming for i snitt 45 % av det totale energibruket (NVE, 2016c). Energiforbruket til romoppvarming ble i 2012 anslått til å stå for hele 66 % av energiforbruket i husholdningene (Bergesen, et al., 2012). Energibruk til romoppvarming består av energi tilført direkte til rommet gjennom panelovner, gulvvarme og vannbårne systemer, samt oppvarming av ventilasjonsluft. Som vist i avsnitt 2.1 avhenger netto energibehov til romoppvarming av flere faktorer. Dersom omgivelsene og driften av bygget er gitt, vil energibehovet til romoppvarming i hovedsak avhenge av antall luftskifter og bygningskroppens tetthet. Historisk sett har utviklingen i bygningskroppene gått mot at bygningskroppene blir tettere, noe som har vært en driver å redusere det spesifikke romoppvarmingsbehovet i byggene. Endrede forskriftskrav er vurdert til å være en indirekte driver med høy viktighet for at bygningskroppene har blitt tettere, noe som har ført til at det spesifikke energibehovet til romoppvarming har blitt redusert (NVE, 2013). Siden 1949 har energibehovet og varmetapet i nye bygg vært forsøkt regulert gjennom tekniske forskrifter til Plan- og bygningsloven (tidligere Bygningsloven). Energikravene har først og fremst stilt krav til isolasjon og tetthet i bygget. I de siste versjonene har det også blitt stilt krav til oppvarmingssystem i bygg. Energikravene i teknisk forskrift har blitt revidert i 1969, 1985, 1987, 1997, 2007, 2010 og 2016 med mindre korrigeringer i årene i mellom (Hill, Simonsen, & Aall, 2011).

Enova beregnet spesifikt netto energibehov for ulike bygningskategorier og aldersklasser i forbindelse med Potensial- og barrierestudien fra 2012 (Enova, 2012) for å vise hvordan beregnet energibehov i bygg har utviklet seg ved innføring av nye tekniske forskrifter. For å beregne netto spesifikt energibehov i hver av bygningskategoriene og aldersgruppene ble det her benyttet en simulert bygg i Oslo-klima i Simien med representativ bygningsform og størrelse. Byggene ble simulert med minstekrav til isolasjonstykkelse og U-verdier fra gjeldende tekniske forskrift (forkortet TEK). Resultatene fra simuleringene er vist i Figur 15. Her kan man se en helt tydelig trend at innføring av energikrav i teknisk forskrift, spesielt etter innstramming av kravene i TEK 97 har ført til en reduksjon i spesifikt energibehov i byggene.



Figur 15: Beregnet energibehov for ulike bygningskategorier etter minstekrav fra gitt teknisk standard (Enova, 2012). I simuleringene av enkelte av bygningskategoriene førte minstekravene i TEK 69 til et høyere spesifikt energibehov enn minstekravene i TEK 87. For de eldste byggene i studien er dermed forskjellen i netto energibehov mellom TEK 97 og den av de tekniske standardene TEK 87 og TEK 69 hvor forskjellen er størst som er vist i diagrammet.

Den samme undersøkelsen ble i forbindelse med beregning av ny energikarakterskala for det norske Energimerkesystemet utført av Multiconsult (Multiconsult, 2014). Multiconsults beregninger ble i likhet med Enovas utført ved å benytte en representativ konstruksjon i Simien. Resultatene fra beregningene er vist i Figur 16. Jevnt er det spesifikke energibehovet i eldste byggene beregnet til å ha et mye høyere netto energibehov i Enovas beregninger enn i Multiconsults. Årsakene til dette kan være flere, for eksempel at de i simuleringene har benyttet eksempelbygg med ulikt oppvarmet areal og areal mot utsiden, eller at de har gjort ulike antakelser om de delene av bygningskroppen som ikke er kravspesifisert i gjeldende TEK. Multiconsults analyser viser dog de samme trendene som Enovas analyser: ved innføring av nye tekniske forskrifter med strengere krav til energibehov og energibruk har det spesifikke energibehovet blitt redusert i alle bygningskategorier, og eldre bygg er beregnet til å ha et høyere spesifikt energibehov enn nye. I tillegg til å beregne energibehovet til bygg konstruert etter historiske vedtatte tekniske forskrifter har Multiconsult beregnet det spesifikke energibehovet i bygg konstruert etter passivhusstandarden og lavenergistandarden (klasse 2), som de er definert i Norsk standard NS 3700 og NS 3701. Disse standardene setter strengere krav til energibruk i bygg enn gjeldende tekniske forskrift i 2016, men kan komme til å bli vedtatt som nye standarder for teknisk forskrift i årene som kommer, slik at spesifikt netto energibehov og –forbruk for nye bygg blir ytterligere redusert i årene som kommer. I flere norske framskrivninger er nettopp redusert spesifikt energibehov grunnet innstramning i teknisk forskrift forventet å være en viktig driver for reduksjon i energiintensiteten frem mot 2050, på samme måte som at innstramning av teknisk forskrift har ført til en reduksjon i spesifikt energibehov til oppvarming i etterkrigstiden.



Figur 16: Beregnet energibehov for ulike bygningskategorier når bygg konstrueres etter minimumskravet av gitt standard, beregnet av Multiconsult for NVE i forbindelse med beregning av ny skala for energimerking av bygg (Multiconsult, 2014).

Det gjennomsnittlige spesifikke energibehovet til romoppvarming for den totale bygningsmassen vil avhenge av sammensetningen til bygningsmassen. Ved bygging av nye, mer energieffektive bygg og rivning av eldre, mindre effektive bygg vil bygningsmassen samlet sett bli tettere og med lavere spesifikt energibehov. Rehabilitering og utføring av ENØK-tiltak vil også gjøre eksisterende bygningsmasse samlet sett mer energieffektiv. Når, til hvilket nivå, og for hvor mye av arealet som rehabiliteres vil avhenge av flere indirekte drivere. For eksempel vil økte arealkostnader og energipriser føre til at det er ønskelig for brukeren å effektivisere byggene. En stor rehabilitering innebærer dog en stor investeringskostnad, og vil ikke nødvendigvis utføres med mindre det er funnet lønnsomt, eller med mindre bygget må rehabiliteres grunnet andre forhold. For en del eldre bygg vil det ikke være mulig å nå opp til gjeldende tekniske forskrift gjennom rehabilitering grunnet kostnader, formaliteter som at bygget er vernet, eller det er begrensninger i bygningskroppen (Sandberg, Sartori, & Bratlebø, 2014).

2.4.4.2 Oppvarmingsteknologier

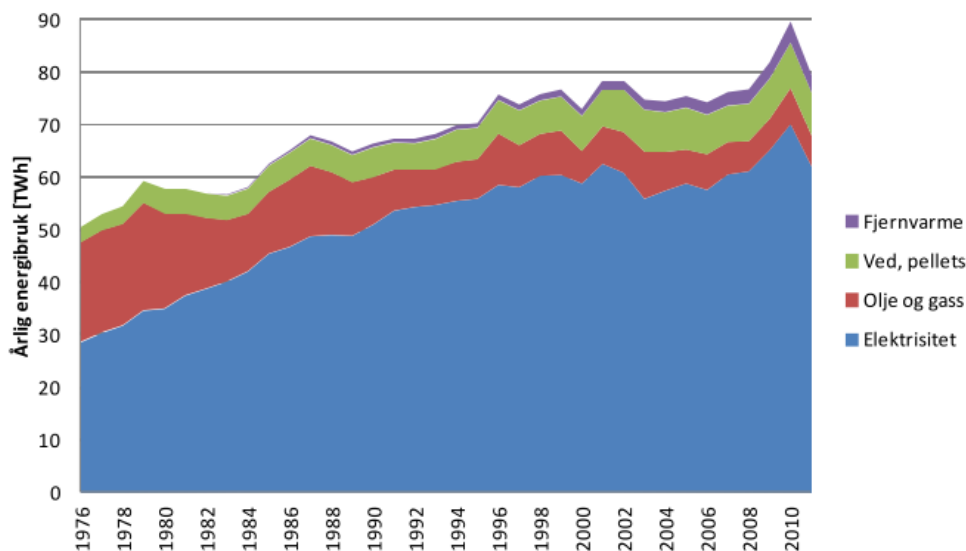
Forbruk av energi til oppvarming bestemmes av energibehovet til oppvarming og oppvarmingssystemene installert i byggene. Mulighetene for valg av oppvarmingssystem i byggene har endret seg mye i løpet av forrige århundre, og dette har hatt innvirkning på energiforbruket og forbruket av energivarer i bygningsmassen som vist i Figur 17. I 1976 stammet nesten halvparten av energiforbruket i bygningsmassen fra olje og ved, mens den øvrige halvparten besto av elektrisitetsforbruk. Siden den gangen har det totale energiforbruket og sammensetningen av energiforbruket fordelt på energivarer endret seg mye. I løpet av perioden fra 1976 og frem til i dag har fjernvarme, bioenergi og gass blitt introdusert som nye energivarer i bygningsmassen, elektrisitetsforbruket har økt betydelig, og forbruket av olje har blitt kraftig redusert.

Over det siste århundret har det vært en voldsom teknologiutvikling som har ført til introduksjon av nye oppvarmingsteknologier i byggene, samt forbedring av virkningsgrad i eksisterende teknologier. For

vannbårne systemer har nye isolasjonsmaterialer ført til en reduksjon i varmetap til omgivelsene de siste tiårene (Hille, Simonsen, & Aall, 2011). For ovner og kjeler har forbedret utforming sørget for forbedret virkningsgrad i nyere modeller. Utskiftning fra lukket vedovn til pelletskamin gir en betydelig økt ytelse. I NS3031 er forskjellen i anbefalt virkningsgrad til beregninger på omtrent 20 prosentpoeng for oljekjeler fra før 1970-tallet og oljekjeler fra 1990-tallet (Standard Norge, 2014). Endring i valg av oppvarmingsteknologier og forbedring av ytelsen til oppvarmingsteknologiene har dermed vært en historisk driver i for redusere det spesifikke energiforbruket til oppvarming i bygningsmassen.

Som påpekt i innledningen av kapittelet utgjorde forbruk av elektrisitet 80-83 % av energiforbruket i bygningsmassen i 2014, mot omtrent halvparten av energiforbruket i 1976. Endringen skyldes sannsynligvis at forbruket av energi til elspesifikt behov har økt, men også at det har blitt stadig vanligere å benytte elektrisitet til oppvarming. Elektriske oppvarmingsteknologier har som regel høyere årsgjennomsnittlig virkningsgrad enn oppvarmingsteknologier som baserer seg på forbrenning, og en overgang fra forbrenningsteknologier til elektriske teknologier er derfor en driver som har hatt et reduserende bidrag på energiintensiteten. Over perioden fra 1976 og frem til i dag har en rekke nye oppvarmingsteknologier som benytter elektrisitet til oppvarming blitt introdusert i markedet, blant annet flere typer varmepumper og termiske solpaneler. Dette er teknologier som utnytter omgivelsevarme, noe som gir en gjennomsnittlig årsvarmefaktor på over 1. I løpe av de siste tre tiårene har varmepumper dekket en stadig større andel av oppvarmingsbehovet i boliger og næringsbygg, noe som har bidratt til at det spesifikke energiforbruket til oppvarming i bygningsmassen har blitt redusert (Hill, Simonsen, & Aall, 2011).

Endring i valg av oppvarmingssystem i nye bygg, utskiftning av systemer i eksisterende bygg, teknologiutvikling, mer bruk av varmepumper og forbedret ytelse av teknologier og distribusjonssystemer er forventet å være viktige drivere som vil ha en reduserende effekt på energiintensiteten i årene fremover (NVE, 2013) (Hill, Simonsen, & Aall, 2011).



Figur 17: Utvikling i samlet årlig energiforbruk etter vare i husholdninger og tjenesteytende næringer i årene 1976-2010. (Bergesen, et al., 2012, s. 7).

2.4.4.3 Elektrisk utstyr

Energibruk til elektrisk utstyr i bygningsmassen avhenger av hvilke, og hvor mange apparater som finnes i byggene og hvor mye energibruk hvert av apparatene bruker. I denne oppgaven er «elektrisk utstyr» definert som alt elektrisk utstyr i bygg som ikke benyttes til kjøling, oppvarming, belysning, vifter eller pumper.

I Norske husholdninger har det frem til i dag vært en historisk økning i antall elektriske apparater per husholdning ifølge SSBs forbrukerundersøkelser (Bøeng & Holstad, 2010). I Tabell 3 er det vist et utdrag fra forbrukerundersøkelsene fra 1974 og frem til 2007 hvor det er oppgitt hvor stor andel av husholdningene i Norge som eier ulike elektriske apparater. Over perioden har andelen av husholdningene som eier de ulike apparatene økt for hver av apparatene. Det er også antatt at antallet av hver apparattype per husholdning kan ha økt utover dette, ved at noen av husholdningene skaffer seg flere av hvert apparat (for eksempel datamaskiner), men det kommer ikke frem av forbrukerundersøkelsene. For enkelte av apparattypene, som fryseboks/fryseskap, vaskemaskin og fjernsyn kan det se ut som at utviklingen i antall husholdninger som har disse apparatene har gått i metning, men det er fortsatt enkelte husholdninger som ikke har disse apparatene. Hvorvidt antallet elektriske apparater i husholdningene vil fortsette å stige er usikkert (Hill, Simonsen, & Aall, 2011).

	1974- 1976	1980- 1982	1983- 1985	1986- 1988	1989- 1991	1997- 1999	2000- 2002	2003- 2005	2005- 2007	2007- 2009
Fryseboks/fryseskap	67	75	76	92	92	91	92	91	93	92
Oppvaskmaskin	6	17	20	32	37	59	61	66	72	75
Vaskemaskin	74	79	83	87	89	88	89	88	90	89
Tørketrommel/tørkeskap	-	-	-	26	32	39	40	42	45	45
Fjernsynsapparat	24	72	81	93	95	95	95	95	96	95
Videospiller	-	-	9	23	37	68	71	72	74	48
Videokamera	-	-	-	-	5	23	24	26	31	31
Hjemmedatamaskin	-	--	-	-	10	53	59	71	84	84

Tabell 3: Andel husholdninger med ulike typer elektriske apparater i perioden 1974-2009 i følge sammenstilling av Forbrukerundersøkelsen til SSB fra flere år. (Bøeng & Holstad, 2010, ss. tabell 4,1),

I takt med at antall apparater i husholdningene har økt, har teknologiutvikling ført til en energieffektivisering av apparatene på markedet. Hill et. al (2011) utførte en sammenlignende studie der det kom frem at energiforbruket per apparat for spesielt hvitevarer i stor grad har blitt redusert over de siste tiårene. Samtidig viser de til en undersøkelse fra 2008 av kjøle- og fryseapparater i Norge der det kom frem at kun 0,1% av apparatene i husholdningene hadde energikarakter A++, som var den beste energikarakteren i 2008. Dette viser at det fremdeles er et stort potensiale for energieffektivisering av hvitevarer i Norge, og at gjennomsnittlig energibruk per apparat sannsynligvis vil reduseres ved utskiftning av gamle apparater. Framtidige drivere for energibehovet til elektrisk utstyr i husholdninger er forventet å være en mulig fortatt økning i antall apparater - som bidrar til økt energiintensitet, og en fortsatt energieffektivisering av spesielt hvitevarer – som bidrar til redusert energiintensitet. Det er usikkert hvilken av disse driverne som vil ha størst effekt på det spesifikke energibehovet til elektrisk utstyr i husholdningene og om det samlede energibehovet til elektrisk utstyr er forventet å stige eller reduseres.

Historisk har det vært en økning i energibruk til elektrisk utstyr i kontorbygg. Driveren bak denne utviklingen har vært introduksjon av mer IT-utstyr som datamaskiner, skrivere og prosjektorer på arbeidsplassene. En driver med negativ påvirkning på energiintensiteten som har fått effekt de senere årene er energieffektivisering av IT-utstyr. Antall monitører og datamaskiner per kvadratmeter har fortsatt å øke de siste årene, men antallet av andre apparater som skrivere, scannere og fax har begynt å synke grunnet innføring av multifunksjonelle maskiner som kan utføre flere tjenester, og som dermed gjør andre apparater overflødige. Det er beregnet at utskiftning fra flere og mindre apparater til en multifunksjonell maskin kan redusere energiforbruket til kontorutstyr med 50 % (NVE, 2013). I tillegg til dette er det også noe potensiale i å redusere energiforbruket i hver enkelt apparat. Det er forventet at energieffektivisering av utstyr i kontorbyggene vil være den viktigste driveren for utvikling i energiforbruk til elektrisk utstyr i kontorbyggene. Grunnet dette har EU-kommisjonen har beregnet at det energiforbruket per apparat vil fortsette å reduseres frem mot 2020. For kontorbygg er det forventet at samlet energibruk til teknisk utstyr i kontorbygg vil flate ut i de kommende årene grunnet mer energieffektivt utstyr men en mulig økning i omfanget av utstyr (NVE, 2013).

Av forretningsbygg er det matvarebutikkene som tradisjonelt har hatt det høyeste energiforbruket til teknisk utstyr. En historisk driver for økt energiforbruk i matvarebutikker har vært økte krav til kjøling og frysing. Dette har vært en sterk driver som har bidratt til at energiforbruket til elektrisk utstyr i forretningsbygg har hatt en historisk økning. Også i fremtiden er det forventet at økt etterspørsel etter ferskvarer vil være en driver som fører til økt behov for utstyr til kjøling av matvarer. Samtidig har teknologiutviklingen ført til økt energieffektivisering av kjøleapparatene i forretningsbygg, og fortsatt energieffektivisering av teknisk utstyr i forretningsbygg er forventet å være en driver for å redusere energiintensiteten i de kommende årene (NVE, 2014a). (NVE, 2014a) forventer at energiintensiteten til elektrisk utstyr i forretningsbygg vil bli *noe* redusert i fremtiden.

I likhet med for kontorbygg har forbruket av energi til elektrisk utstyr i undervisningsbygg hatt en historisk økning grunnet innføring av mer IT-utstyr i byggene. I (NVE, 2014b) er det forventet at forbruket til teknisk utstyr vil være uendret i barnehagene, men fortsette å øke i skolebyggene og universitets- og høgskolebyggene grunnet en fortsatt økning i IKT-utstyr, som utgjør det meste av energiforbruket til elektrisk utstyr i disse byggene, og det er begrenset hvor mye dette utstyret kan effektiviseres i forhold til veksten i antall apparater.

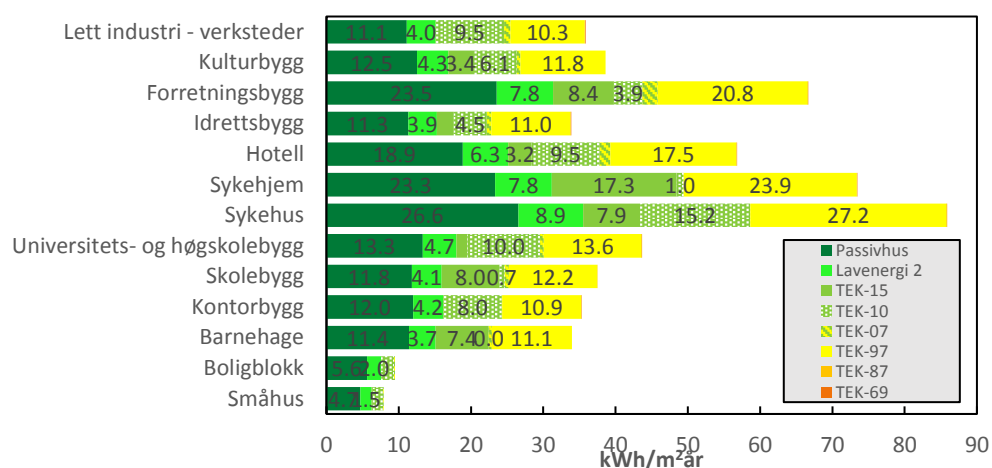
For de øvrige bygningskategoriene er det nærliggende å tro at også her har det vært en historisk økning i antall elektriske apparater siden 1970-tallet, og at denne økningen kommer til å fortsette i enda noen år. Potensialet for energieffektivisering avhenger i stor grad av hva slags utstyr som benyttes i de ulike byggene. I bygg med mye hvitevarer er det antatt at energieffektiviseringspotensialet vil være større enn i bygg der energiforbruket til elektrisk utstyr i hovedsak brukes til å drifte datamaskiner der energieffektiviseringspotensialet er mindre.

2.4.4.4 Ventilasjonssystem, vifter og pumper

Historisk har bruken av ventilasjonsaggregater og pumper i næringsbygg økt grunnet strengere krav til inn klima og komfort. Dette har vært en driver for at det spesifikke energiforbruket til formålet «vifter og pumper» har økt i næringsbygg i tidligere år. Gjennom teknisk nyvinning, innføring av behovsstyring av systemer, og innstrammede krav til ventilasjonsaggregaters energieffektivitet i teknisk forskrift har det dog vært en nedgang i spesifikk energibruk til vifter og pumper i yrkesbygg konstruert etter 2007 sammenlignet med eldre bygg. I Figur 18 er det beregnede energibehovet til vifter og pumper for hver bygningskategori og aldersgruppe skilt ut fra Multiconsults energiberegninger som ble presentert i

avsnitt 2.4.4.1. Det er her vist hvor mye det beregnede spesifikke energibehovet til vifter og pumper har sunket med for hver av bygningskategoriene av yrkesbygg ved innføring av nye tekniske standarder etter 2007. Det beregnede energibehovet til «vifter og pumper» for bygg konstruert etter lavenergibyggstandarden og passivhusstandarden er enda lavere enn det beregnede energibehovet til «vifter og pumper» for bygg konstruert etter gjeldende standard i 2016. Innføring av strengere standarder i fremtiden kan være en driver for å redusere energiintensiteten til vifter og pumper i de kommende årene ytterligere. En annen mulig driver for reduksjon i energibehov til vifter og pumper i yrkesbygg kan være rehabilitering av ventilasjonssystemer i eldre bygg. Det er derimot usikkert i hvilken grad dette vil skje da omfattende rehabilitering av ventilasjonssystemer i yrkesbygg kan være meget kostbart. Samlet sett er spesifikt energibehov til vifter og pumper forventet å synke i fremtiden grunnet erstatning av eldre bygg der det er høyt vifte- og pumpebehov med nybygg med lavere energibehov til vifter og pumper.

I boliger forelå det ikke krav til mekanisk ventilering i tekniske forskrifter før innføring av TEK 07. Innføring av krav til ventilering i boliger har ført til at det samlede energiforbruket til vifter og pumper i boliger har økt de siste årene, og vil være en driver for fortsatt økning i energibehovet til formålet i årene fremover, til tross for at kravene til energieffektivitet har blitt strammet inn i TEK 10. Økningen vil dog ha kun en liten effekt på den totale energiintensiteten i boliger da energibruk til vifter og pumper i boliger fortsatt utgjør kun en liten andel av det total energiforbruket.



Figur 18: Beregnet spesifikt energibehov til vifter og pumper i ulike bygningskategorier for ulike tekniske standarder (Multiconsult, 2014).

2.4.4.5 Tappevannsforbruk

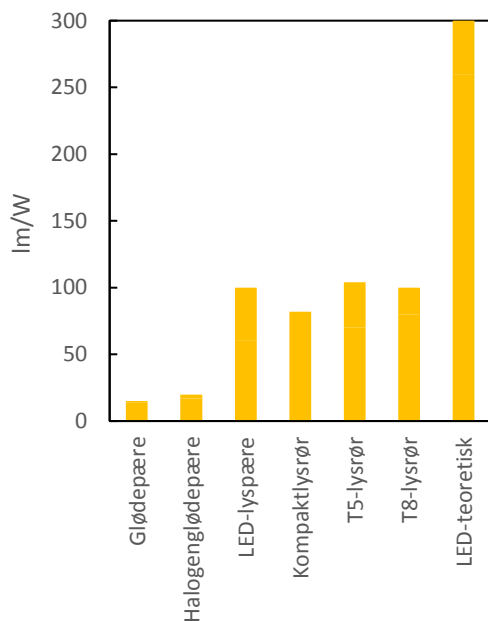
I tillegg til valg av oppvarmingsteknologier og begrensning av varmetap fra distribusjonssystemene, er tappevannsforbruket en viktig driver for utviklingen i energiforbruk til oppvarming av varmt tappevann.

For de største næringsbyggkategoriene - undervisningsbygg, kontorbygg og forretningsbygg - er tappevannsforbruket lavt. Endringer i tappevannsforbruket til bygg som tilhører disse bygningskategoriene vil derfor ha liten påvirkning på den totale energiintensiteten i bygningsmassen. Historisk sett har det vært lite endringer i tappevannsforbruket i disse gruppene. Tappevannsforbruket som driver er forventet å føre til liten endring i det spesifikke oppvarmingsbehovet i kontorer (NVE, 2016c), ingen endring i behovet i undervisningsbygg (NVE, 2014b), og ingen eller lite endring i behovet i forretningsbygg (NVE, 2014a). Utviklingen er forventet å være lik for de øvrige bygningskategoriene med lavt tappevannsforbruk.

I perioden 1960-1990 økte andelen av befolkningen som bodde i bolig med eget bad fra 47-97 % (Hill, Simonsen, & Aall, 2011). Dette var en viktig indirekte driver som førte til at forbruket av varmt tappevann per person økte i perioden. Etter dette 90-tallet har andelen av befolkningen med tilgang til eget bad gått i «metning». I Hill et. al (2011) sine analyser antas det at tappevannsforbruket av varmt vann gikk ned i perioden 2009-2011 grunnet at flere installerte sparedusjer på badene, og at konvensjonell oppvask i mange husholdninger ble erstattet med oppvaskmaskin der vannet varmes opp i maskinen. En driver for fremtidig reduksjon i forbruk av varmt tappevann i husholdningene kan være ytterligere utskiftning til sparedusjetenologi. Potensialet og konsekvensene av dette er dog usikkert da det ikke finnes sikre historiske tall for tappevannsforbruk i husholdningene (Hill, Simonsen, & Aall, 2011).

2.4.4.6 Belysning

Belysning er viktig for innemiljøet, helse og trivsel, og derfor foreligger det krav til lyskvalitet i for flere av bygningskategoriene. Innføring av slike krav har sannsynligvis vært en driver som har ført til økning i energiforbruket til belysning på 1900-tallet. De siste tiårene har det dog vært en stor nedgang i spesifikt energiforbruk til belysning i yrkesbygg og boliger. De historiske driverne bak denne utviklingen har først og fremst vært teknologisk utvikling mot mer energieffektive belysningsystemer, og innføring av styringssystemer av belysning i yrkesbygg.



Figur 19: Lysutbytte fra ulike belysningskilder. (NVE, 2013) og (Narukawa, et al., 2010)

Belysningssystemer består av lysrør/pærer, armaturer, optikk og styringssystem. Ved beregning av energibehov til belysning i yrkesbygg antas det at det spesifikke energibehovet kan reduseres med 20 % ved installasjon av styringssystemer for belysning (Standard Norge, 2016). Innføring av styringssystemer har derfor, og vil ha stor betydning for energiforbruket til belysning. Belysningseffektivitet måles i lm/W, altså kvantitet av synlig lys per enhet effekt. Utviklingen av armaturer, samt energieffektive pærer og lysstoffrør har hatt en markant utvikling de siste tiårene, og lyskildene blir stadig mer energieffektive uten at det går utover lyskvaliteten (NVE, 2013). En sammenligning av lysutbyttet fra ulike teknologier er vist i Figur 19. En tradisjonell glødepære har en lyseffektivitet på i under 20 lm/W. I EUs økodesigndirektiv ble salg av slike tradisjonelle lyspærer forbudt til fordel for at forbrukerne skulle velge med energieffektive alternativer som halogenpærer (ca 20 lm/W) og LED-pærer (opptil 100 lm/W) (2009/125/EF). I dag er lysrørene T5 og T8 og LED regnet som de mest de aller mest effektive teknologiene på markedet, men og utviklingen av LED-

pærer spås å gå mot enda mer energieffektive teknologier, med et teoretisk potensial opp mot 300 lm/W (Narukawa, Ichikawa, Sanga, Sano, & Mukai, 2010). Utskiftning til energieffektive pærer og lysstoffrør krever riktige armaturer. Dette er en barriere for å effektivisere belysningssystemene i eldre bygg. I nye bygg vil energiforbruket til belysning derfor i snitt være lavere enn i eldre bygg. Det er for eksempel målt at energiforbruket til kontorbygg konstruert i 2007 kun bruker 20 % av energiforbruket til belysning i et kontorbygg fra 1970 (NVE, 2013).

Det finnes ikke nasjonal statistikk over hvor stor andel av det opplyste næringsarealet hvor styringssystemer er installert. Det finnes heller ikke nøyaktig og offentlig statistikk over hva slags armaturer, pærer og lysstoffrør som benyttes i de ulike bygningsgruppene. Dette gjør at det er vanskelig å vurdere energieffektiviseringspotensialet for belysning i bygningsmassen. Det antas likevel at potensialet for effektivisering er stort og at de fremtidige driverne for utviklingen i energiintensiteten vil være fortsatt teknologit utvikling av energieffektiv belysning, utskiftning til mer energieffektive systemer og økning i andelen av næringsarealet hvor styringssystemer for belysning er installert. Alle disse driverne vil ha en reduserende effekt på energiintensiteten.

2.4.4.7 *Drift av bygningsmassen*

Drift av bygg kan ha stor innvirkning på byggenes energiforbruk. Som vist i 2.2 skyldes avvik mellom målte og beregnede verdier for energibruk i bygg ofte at byggene ikke driftes som prosjektert, eller ved at det oppstår feil i teknisk utstyr grunnet manglende vedlikehold og overvåking (Langseth, Everett, & Havskjold, 2011). I yrkesbygg har stadig med automatisering av klimaanlegg, innetemperatur og belysning vært en viktig driver i å redusere energibehovet i bygg (NVE, 2013), og dette vil fortsette å være en driver for å redusere energiintensiteten i bygg der styringssystemer ikke er installert i de kommende årene. I forretningsbygg er det vurdert at endrede åpningstider kan bli en driver som kan komme til å ha høy betydning for energiforbruket, uten at det er framskrevet hvordan åpningstidene vil utvikle seg i fremtiden. (NVE, 2014a).

Innetemperaturen har stor betydning for det spesifikke energibehovet til oppvarming av rom og ventilasjonsluft, men det finnes ikke historiske data for hvordan innetemperatur har utviklet seg i boliger og næringsbygg i Norge, og en kan derfor ikke fastslå hvorvidt endret innetemperatur har vært en historisk driver for å endre energibehovet til oppvarming. Nedgang i innetemperatur som følge av installasjon av styringssystemer er dog en mulig driver for å redusere energiintensiteten i de kommende årene, men potensialet er ukjent.

2.4.4.8 *Vaner og miljøbevisst*

En viktig indirekte driver for energiintensiteten er adferd og vaner, eller med andre ord bevisste og ubevisste valg forbrukeren tar som påvirker driften av bygget. I bygg som er fysisk like og plassert i samme klima vil det fortsatt forekomme variasjoner i energibruken grunnet forskjeller i forbrukernes adferd (Hill, Simonsen, & Aall, 2011). I husholdningene er det enkeltpersonene som bestemmer når og hvor mye boligene skal varmes opp og som kan ta valget om å bevisst skru av lys, varme eller elektriske apparater når rommene i boligen ikke er i bruk, eller hvor lenge de dusjer. Hvorfor adferden vår varierer avhenger av kunnskap, holdninger og preferanser. Forbrukere som har et bevisst forhold til bruk av teknologier og teknologiers energiforbruk vil ha større handlingsrom for å begrense sitt energiforbruk. I (Bergesen, et al., 2012) har de sammenlignet flere studier om hvordan demografisk sammensetning kan påvirke energiforbruket. De fant at det ikke var en signifikant forskjell i energiforbruket til ikke-vestlige innvandrers husstander og vestlige husstander, eller mellom unge og gamle beboere, men utelukker ikke at en endring i befolkningssammensetningen kan være en driver som kan ha påvirkning på energibruket i fremtiden.

Foruten våre holdninger til miljø, kan også våre vaner og valg ellers i livet ha en påvirkning på energiintensiteten. I undervisningsbygg kan valg av utdanning ha mye å si for energibruken. Tekniske utdannelse kan kreve mer bruk av energi til maskiner og utstyr, mens allmennfaglig videregående utdannelse og teoretiske fag kan føre til økt energibruk i IKT-utstyr i undervisningsbygg (NVE, 2014b).

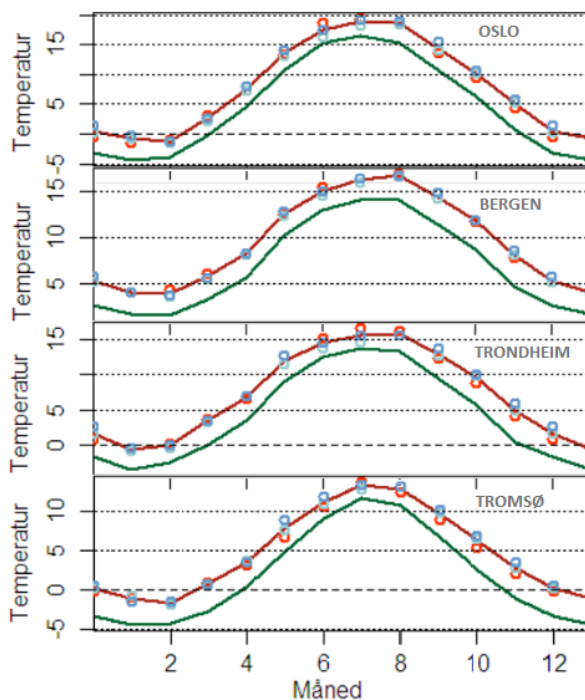
I andre land er det vanlig å servere varm mat på skolen og i barnehagen. Dersom dette blir en trend i Norge vil det kreve mer energi til matlaging, og dermed kan energiforbruket til elektrisk utstyr, vifter og pumper og varmtvann øke i barnehagene og skolene.

2.4.4.9 *Priser på energi og teknologi*

Etter årtusenskiftet har samlet kraftpris og prisen på fyringsolje steget betydelig, og med det også prisen for fjernvarme (SSB, 2014a). Prisen på energi er en indirekte driver for hvor mye energi og hva slags teknologier og drivstoff/brensler som benyttes i byggene. I perioder med høy kraftpris vil det være gunstig for forbrukere å velge andre oppvarmingsteknologier som er installert i byggene, for eksempel vedfyring i boliger. Prisene kan også være en indirekte driver for adferd, og påvirke hvor mye energikrevende aktiviteter forbrukerne foretar seg. Dersom prisene øker over lengre perioder vil det øke lønnsomheten av ENØK-tiltak. I analysen av energibruk i kontorbygg kom det frem at energieffektiviserende tiltak må være lønnsomme dersom de skal gjennomføres, slik at gevinsten i besparelse i energi overgår investerings- og driftskostnadene av tiltak (NVE, 2016c). Det er likevel ikke sikkert at det er en perfekt sammenheng mellom pris og energieffektiviserende tiltak. En utskiftning av energiforsyningsteknologi vil som regel innebære en høy engangs investeringskostnad. I boliger vil det derfor ikke nødvendigvis prioriteres å investere i nytt energisystem selv om det samlet sett over teknologiens levetid vil føre til en besparelse av energi og kostnad for brukeren ved utskiftning av oppvarmingssystem (Hill, Simonsen, & Aall, 2011). I bygg som skal leies ut eller selges etter bygging kan eier velge å installere tekniske løsninger og oppvarmingssystemer med lav investeringskostnad, fremfor mer energieffektive systemer som vil gi lave driftsutgifter og samlet sett mindre kostnad, da byggets eier ikke skal betale for byggets drift.

2.4.4.10 Klimaendringer

Energibehovet til oppvarming av rom og ventilasjonsluft, samt kjøling er i stor grad avhengig av klima og utetemperatur. Forskjellen mellom energibruk i boliger i et kaldt år og et varmt år kunne observeres i årene 2010 og 2011, da energibruken i gikk ned 9TWh fra 2010 til 2011 (Bergesen, et al., 2012). Økt utetemperatur er sannsynligvis mye av årsaken til at energiforbruket i bygningsmassen de siste årene har flatet ut, og Hill et. al (2011) viste at selv om energiforbruket i boliger har gått mot en utflating de siste årene har det temperaturkorrigerede energiforbruket i husholdninger steget i perioden 1994-2010 grunnet redusert energibehov til oppvarming. Temperaturen i Norge er forventet å øke ytterligere i årene fremover, i alle de største norske byene og i alle årets måneder, med opptil flere grader i månedlig middeltemperatur, som vist i Figur 20. I bygg med lite eller ingen kjøling, som boliger, skoler og barnehager, vil en økning i utetemperaturen ha stor reduserende effekt på det årlige energiforbruket i byggene. Den totale energibesparelseeffekten vil være noe mindre i bygg som også bruker mye energi til kjøling, for eksempel i kontorbygg da kjølebehovet vil øke ved økt temperatur. Hva som blir det



Figur 20: Målte månedsmiddeltemperaturer i årene 1961-1990 (grønne streker) i landsdelssentrene og beregnede månedsmiddeltemperatur i de samme byene i perioden 2071-2100 (røde streker) (Meteorologisk institutt, 2009)

faktiske energibesparelsen i byggene som følge av økte utetemperaturer avhenger av flere faktorer. I veldig kalde år vil etterspørselen etter elektrisitet øke, og dermed også kraftprisen. I kalde år vil derfor noe av elektrisitetsforbruket erstattes av for eksempel fyringsolje eller ved (Bergesen, et al., 2012). Dermed kan utetemperaturen påvirke hvilke energivarer som velges til oppvarming. Ved nedgang i utetemperaturen vil også det totale potensialet for energibesparelse ved å skifte oppvarmingssystem i byggene bli mindre. Slik kan effektiviseringstiltak som tidligere var lønnsomme grunnet høy energibesparelse bli mindre lønnsomme, og føre til at færre velger å skifte til mer energieffektive oppvarmingssystemer eller utføre andre tiltak for energibesparelse.

Med andre ord er klimaendringer forventet å være en driver for å redusere energibehovet i bygningsmassen i fremtiden, men nedgangen i energibehov til oppvarming vil ikke nødvendigvis være parallell med nedgangen i energiforbruket.

2.5 Norges energipolitikk som responsdriver for fremtidig utvikling av energibruk i bygg

I rammeverket til framskrivingsmodellen utviklet av Hill, et. al (2011) som er vist i Figur 5, er responsdrivere definert som en drivere tilknyttet offentlig virkemiddelbruk som påvirker direkte eller indirekte drivere av utviklingen i energibruk. Offentlige virkemidler er styringsverktøy myndighetene kan benytte for å iverksette tiltak for å oppnå et mål, som for eksempel kan være redusert energibruk i bygg, eller reduserte utslipp fra oppvarming av bygninger (Klimakur 2020, 2010). Offentlige virkemidler deles gjerne inn etter kategoriene juridiske virkemidler, økonomiske virkemidler og informasjonsvirkemidler. Juridiske virkemidler (også referert til som administrative virkemidler) inkluderer direkte regulering gjennom påbud og forbud, eller avtaler om gjennomføring av tiltak mellom det offentlige og private aktører. Ved bruk av juridiske virkemidler får myndigheten direkte påvirkning av energibruket og utslippene da de kan stramme inn energikrav i tekniske forskrifter, innføre forbud mot oljefyring eller annet. Økonomiske virkemidler inkluderer avgifter som enten kan gå direkte på energivarer (som kull eller bensin), teknologier eller utslipp, samt omsettelige kvoteordninger, støtteordninger, subsidier og investeringer i fornybar teknologi. Informasjonsvirkemidler har som formål å påvirke forbrukeres holdninger og valg, og kan eksempelvis være kampanjer rettet mot bedrifter og husholdninger eller miljømerking av produkter og bygg (Klimakur 2020, 2010).

Politiske vedtak fra Norges miljøpolitikk kan være viktige responsdrivere for utviklingen i energibruk i årene som kommer, da lovendringer og tilrettelegging kan ha direkte påvirkning på direkte og indirekte drivere for energibruket i bygningsmassen. Lov om energibruk, utslipp og energieffektivisering vedtas på nasjonalt nivå, men kan også komme som en konsekvens av internasjonale energi- og klimaavtaler, eller ved innlemmelse av EU-vedtak og –direktiver i EØS-avtalen. Hvorvidt vedtak i EU innlemmes i EØS-avtalen avhenger av hvorvidt det synes relevant for EØS-avtalen, og om endringer som er av særlig nasjonal viktighet og som krever lovendringer i Norge godkjennes av Stortinget (EØS-avtalen, 2014).

I de følgende avsnittene er vedtak, tiltak, gjeldende EU-direktiver og direktiver som enda ikke er innlemmet i EØS-avtalen som kan være relevante responsdrivere for utvikling i energibruk i bygningsmassen i de kommende årene presentert.

2.5.1 Internasjonale klimaavtaler

Under FNs konferanse for miljø og utvikling fra 1992 ble det dannet en rammeavtale for internasjonalt samarbeid mot menneskeskapt klimaendringer kalt Klimakonvensjonen. Konvensjonen inneholdt på det tidspunktet en intensjonserklæring om å stabilisere utslipp av klimagasser innen år 2000, men de resulterende tiltakene av konvensjonen ble senere stemplet som utilstrekkelige for å hindre farlig menneskeskapt global oppvarming (Store Norske Leksikon, 2014). Klimakonvensjonen dannet senere rammeverk for blant annet Kyotoprotokollen og Parisavtalen.

Kyotoprotokollen ble vedtatt i 1997 og inneholdt et sett forpliktelser som samlet skulle føre til 5,2 % reduksjon av utslipp fra I-land sammenlignet i forhold til utslipp i 1990. I Kyotoprotokollen hadde Norge rom for å øke sine utslipp med 1 % sammenlignet med 1990-nivå, men økningen i perioden 1990-2008 var på 8,4 % (Olerud, 2016). I 2015, på klimatoppmøtet i Paris, ble Parisavtalen vedtatt som ny bindende avtale under Klimakonvensjonen. Parisavtalen trådte i kraft i 2016 og 195 land har i dag ratifisert avtalen. Formålet med Parisavtalen er å oppfylle klimakonvensjonens målsetninger slik at den gjennomsnittlige globale oppvarmingen begrenses til under 2 graders økning sammenlignet med 1990-nivået, og helst ikke over 1,5 grader (Jakobsen, 2016). Dette skal oppnås gjennom en global reduksjon i utslipp på 40 % i 2030 og 80 % i 2050 sammenlignet med 1990-nivå. 43 % av utslippsreduksjonene

skal skje i kvotepliktig sektor som inkluderer transport, landbruk, bygninger og avfall. I Norge er de største kildene til utslipp olje- og gassproduksjon, industri og transport, mens utslipp knyttet til energibruk i bygg utgjør en mindre andel av de totale nasjonale utslippene (Golombek & Kverndokk, 2016). Internasjonale klimaavtaler er likevel en viktig responsdriver for utvikling i energiforbruket i bygningsmassen fordi det blant annet kan påvirke drivstoffpriser og valg av oppvarmingsteknologier gjennom innføring av påbud og forbud. I EU er utslipp knyttet til energiforbruk i bygninger i snitt høyere enn i Norge, og dette kan føre til at det settes strengere krav til bygningers energiforbruk og utslipp gjennom EU-direktiver som senere blir innlemmet i EØS-avtalen. Klimaavtaler kan også endre investeringsvilje i forskning og utvikling av fornybar teknologi og dette som kan bidra til å forbedre eksisterende teknologier i byggene, utvikle nye alternative teknologier og gjøre teknologier mer lønnsomme slik at forbrukerne velger mer energieffektive teknologier i sine bygg.

2.5.2 Klimaforliket

Som en konsekvens av Kyotoprotokollen ble det inngått flere forlik i Stortinget i 2008 og 2012 mellom alle stortingspartiene med unntak av Fremskrittspartiet, som har bidratt til å forme innholdet i Norges klimapolitikk de senere årene (Rosvold & Olerud, 2015). Disse forlikene omtales samlet som Klimaforliket. Det overordnede målet i Klimaforliket var at Norge skal kutte utslippene av klimagasser tilsvarende 30 prosent av Norges utslipp i 1990 innen 2020 (Klima- og miljøverndepartementer, 2014). Norge hadde et utslipp på 55 millioner tonn i 2010, og skal etter målsetningen redusere utslippene til 45 millioner tonn innen 2020 (Store Norske Leksikon, 2014). Klimaforliket var responsdriver for innføring av flere tiltak og virkemidler som er vurdert til å være viktige indirekte drivere for reduksjon av utslipp og energibruk i bygg og innebærer blant annet: omlegging av Enovas Grunnfond, innføring av forbud mot fyring med fossil olje i husholdninger og til grunnlast i øvrige bygg i 2020 (med nødvendige unntak for å sikre forsyningssikkerhet), mål for energieffektivisering av bygg, samt forskningsmidler til FME-sentrene og til forskning klimareduksjon med IKT. (Meld. St. 21, 2011–2012).

2.5.3 Fornybardirektivet

Fornybardirektivet (2001/77/EC av 27.9.2001) ble vedtatt i EU i 2001 og innlemmet i EØS-avtalen i 2005. Formålet med direktivet var å øke fornybarandelen i elektrisitetsproduksjonen til 22,1 % i 2010 mot 13,9 i referanseåret 2007, der hvert av medlemslandene fikk en egen målsetning for sin energiproduksjon som skulle komme fra fornybare kilder (Regjeringen, 2007). En konsekvens av dette for energibruk i bygg er at elektrisitet kan bli en mer aktuell energikilde til oppvarming når strømmen blir mer fornybar.

2.5.4 Bygningsenergidirektivet (2002/91/EF)

EUs bygningsenergidirektiv (2002/91/EF) er EUs formulering av hvordan medlemslandene skulle oppnå den reduksjonen av klimagassutslipp knyttet til energibruk i bygg som var nødvendige for å oppfylle kravene satt i Kyotoprotokollen (The European Parliament and the Council og the European Union, 2003). Direktivet trådte i kraft i EU i 2003 og ble innlemmet i EØS-avtalen i 2005 etter å ha blitt vurdert EØS-relevant (EØS-avtalen, 2016). Bygningsenergidirektivet av 2002 førte ikke til at noen av landene oppnådde klimamålene i Kyotoprotokollen, men direktivet førte likevel til innføring av flere krav og tiltak som har vært indirekte drivere for reduksjon av klimagassutslipp og energibruk i bygningsmassen etter innføring.

Et av tiltakene var at medlemslandene ble pålagt utarbeide et rammeverk for beregning av bygningers energiytelse. Dette kravet ble implementert i norske lover ved innføring av krav til at bygningers energibehov skal beregnes med standard NS3031 eller likeverdig standard (Byggeteknisk forskrift (TEK10), 2016). Innføring av dette rammeverket har ikke i seg selv bidratt til å redusere energibehovet i bygg, men gir en et felles referansepunkt for beregning av energibehov og en mulighet til å beregne, og sammenligne virkning av energieffektiviserende tiltak i bygg. Direktivet inneholder også krav om av varme- og klimaanlegg av en viss størrelse jevnlig må inspiseres. Dette kravet er en driver for å forbedre vedlikehold av tekniske anlegg og inspirere til oppgradering og rehabilitering av utstyret slik at unødvendig energiforbruk i tekniske anlegg i bygg kan unngås. De kanskje viktigste tiltakene og vedtakene som har blitt iverksatt som en følge av bygningsenergidirektivet er innføring av energimerkeordningen, samt innføring av nye minstekrav til nye og renoverte bygningers energitilstand.

2.5.4.1 *Krav til bygningers energiytelse*

Byggeteknisk forskrift i Norge har i flere år inneholdt krav til bygningers energiytelse på varierende ambisjonsnivå. I bygningsenergidirektivet av 2002 ble det bestemt at alle medlemsland måtte innføre en nasjonal standard for minimumskrav til bygningers energiytelse for ulike bygningskategorier. (The European Parliament and the Council of the European Union , 2003). I bestemmelsen forelå det også et krav om at minimumskravene i standarden for til bygningers energiytelse skal revalueres oftere enn hvert 5. år for å reflektere teknologisk utvikling i bygningssektoren. Etter at direktivet ble innført har de norske minimumskravene til energiytelsen til nye og helrenoverte bygg blitt endret i 2007 (TEK 7), 2010 (TEK 10) og 2016 (TEK 10:16).

I direktivet forelå det også et krav om at alle nye bygninger med et bruksareal på over 1000 m² må ha et energifleksibelt oppvarmingssystem som benytter teknologier som CHP, desentralisert energiforsyning som baserer seg på fornybar energi, fjernvarme eller varmpumper. Direktivet krever også at bygninger med et areal over 1000 m² som totalrenoveres skal oppgraderes til å møte minimumskravene i teknisk standard så lenge det er teknisk, funksjonelt og økonomisk forsvarlig.

2.5.4.2 *Energimerking av bygg*

I artikkel 7 i direktivet av 2002 ble det stilt krav om at medlemslandene skulle etablere et system for utstedelse av energiattester for bygningers energitilstand (Regjeringen.no, 2015). Som et resultat av dette ble Energiloven tilført kapittelet om «Energitilstand i bygninger» i april 2009, og fra juli 2010 trådte kravene i kraft og det norske Energimerkesystemet ble åpnet (NVE, 2014c). I tråd med spesifikasjonene i direktivet ble det vedtatt at norske energiattester skulle inneholde dokumentasjon på de faktiske opplysninger utregningen bygger på, et energimerke og en tiltaksliste for energisparetiltak, samt at energiattesten har en gyldighet på 10 år (LOV-2016-05-27-18, 2016). I loven står det at bygninger skal ha gyldig energiattest ved følgende tilfeller:

- Ved salg og utleie av bygning
- Ved oppføring av nye bygninger
- For alle næringsbygg og offentlige bygninger med et samlet bruksareal på over 1000 m²

I den norske energimerkeordningen er det krav om at yrkesbygg, samt nye boliger skal energimerkes av en ekspert, mens eksisterende boliger kan energimerkes av eier ved selvangivelse. Innføring av energimerkeordningen er først og fremst et informasjonsvirkemiddel da bygningens energitilstand synliggjøres for brukeren, og brukeren oppmuntres til å gjennomføre energieffektiviseringstiltak i egen bolig ved at brukeren blir gitt en tiltaksliste over ENØK- og rehabiliteringstiltak som kan gjennomføres

I boligen. Energimerket har levert energi som beregningspunkt, i motsetning til NS3031 som bruker netto energi som beregningspunkt, og består av en karakter for energibruk og en oppvarmingskarakter. Energibrukskarakteren er basert på beregnet spesifikk levert energi i bygget og er en karakter mellom A og G. Oppvarmingskarakteren gir informasjon om hvor mye av oppvarmingsbehovet som dekkes av direkte elektrisitet eller fossile brensler, og er uavhengig av mengde energibruk i bygget. Energimerkeordningen kan være en mulig driver for redusert energibruk i bygningsmassen da det kan føre til økt hyppighet av gjennomføring av ENØK-tiltak i bygg da brukerne og eierne blir bevisste på energieffektiviseringspotensialet.

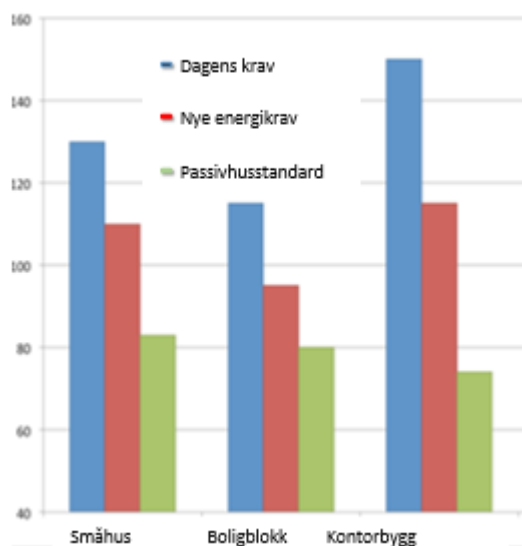
2.5.5 Bygningsenergidirektivet (2010/31/EU)

I 2010 ble bygningsenergidirektivet fra 2002 omarbeidet slik at en rekke bestemmelser ble styrket eller utvidet. Per 2016 er denne omskrivingen ikke innlemmet i EØS-avtalen. Norsk standpunkt er at bygningsenergidirektivet av 2010 er i grenseområdet for hva som må innlemmes i EØS-avtalen, men at direktivet kan innlemmes i EØS-avtalen med nødvendige tilpasninger (Olje- og energidepartementet, 2015), uten at det er avgjort hvilke tilpasninger som vil bli gjort. Det revurderte bygningsenergidirektivet inneholder blant annet følgende endringer for krav til bygningers energiytelse (Den europeiske union, 2010):

- Krav om at alle nye bygninger skal være «passivhus» fra 2015 og «nær nullenergibygg» fra 2020, der medlemslandene selv skal fastsette disse standardene.
- Oppgraderte energikrav til rehabiliterte bygg.
- Krav til energiytelse i bygg skal basere seg på kostnadsoptimalisering, og et nytt rammeverk for kostnadsoptimalisering for energikrav i bygg introduseres.
- Krav til uavhengig kontroll av energiattester og inspeksjonsrapporter

I tillegg til disse eksemplene foreligger det også innføring av andre krav til bygningers energiytelse, utslipp, drift og vedlikehold i direktivet. Det er vurdert at innføring av bygningsenergidirektivet av 2010 først og fremst vil være en responsdriver av høy viktighet for å redusere energibehovet i bygg grunnet de innstrammede minimumskravene til nye bygningers energiytelse. Til tross for at det reviderte bygningsenergidirektivet ikke er innlemmet i EØS-avtalen ble det likevel foreslått av regjeringen i 2012 at for man skulle «*skjerpe energikravene i byggeteknisk forskrift til passivhusnivå i 2015 og nesten nullenerginivå i 2020. Regjeringen vil senere fastsette bestemmelser som definerer passivhusnivå og nesten nullenerginivå.*» i tråd med kravene i bygningsenergidirektivet (Det kongelige miljøverndepartement, 2011-2012).

Et passivhus er et bygg med meget lavt spesifikt energibehov. I Norge er energibehovskravene til passivhus definert i Passivhusstandarden NS3700/NS3701 (Standard Norge, 2016). Etter 1. januar 2016 ble energikravene i byggeteknisk forskrift endret til «Passivhusnivå» i tråd med regjeringens målsetning



Figur 21: Forskjell i rammekrav til spesifikt energibehov målt i kWh/m²år i TEK 10, TEK10:16 (passivhusnivå) og passivhusstandard (NS3700/NS3701) for småhus, boligblokk og

(Direktorat for byggkvalitet, 2016). «Passivhusnivå» er dog ikke det samme som passivhusstandarden definert i NS3700/3701. Rammekravene for spesifikt energibehov til ulike bygningstyper er strengere enn kravene i TEK 10, men mindre strenge enn kravene i passivhusstandarden. Forskjellen mellom totalt maksimalt spesifikt energibehov for småhus, boligblokker og kontorbygg prosjektert etter TEK 10, passivhusnivå og passivhusstandard (NS3700 og NS3701) er vist i Figur 21. Innføring av passivhusnivå som standard for nye bygg vil være en driver for å redusere energibehovet i bygg fremover. Ettersom standarden er lavere enn passivhusstandarden, tyder det på at det er rom for at kravet til bygningers energiytelse og netto energibehov kan strammes ytterligere inn i årene frem mot 2050, og dette vil i såfall være en mulig driver for ytterligere reduksjon i energiforbruk til oppvarming.

Per 2016 er det ikke vedtatt en norsk standard for nær nullenergibygg eller netto nullenergibygg (forkortet NNE). Forskningscenteret Zero Emission Buildings (FME-ZEB) har utviklet flere et rammeverk for definisjon av nullenergibygg og nullutslippsbygg i Norge, der den overordnede definisjonen at et netto nullenergibygg er et bygg koblet til energinettet som produserer like mye energi per år som det bruker, mens et netto nullutslippsbygg er et bygg som produserer nok fornybar energi til at det kan kompensere for sine klimagassutslipp over dets levetid til ulike ambisjonsnivåer (Fufa, Schlanbusch, Sørnes, Inman, & Inger, 2016). Et netto nullenergibygg er med andre ord et meget energieffektivt bygg med lokal, fornybar energiproduksjon. Vanligvis beregnes energibalansen i et netto nullenergibygg som differansen mellom konsumert energi og produsert energi over et år. I bygningsenergidirektivet 2010/31/EU ligger det at landene selv er ansvarlige for å definere nær nullenergibygg-standarden selv, såfremt standarden reflekterer nasjonale og regionale tilstander og inkludere en indikator for primærenergibruk per kWh/m²år, der primærenergifaktorene er basert på nasjonale årsgjennomsnittlige verdier (Den europeiske union, 2010). I prinsippet er definisjonen av netto nullenergibygg bygg der det er en energibalanse mellom vektet import og vektet eksport av energi innenfor byggenes systemgrenser (Seljom, Lindberg, Tomasgard, Doorman, & Sartori, 2016) slik det er illustrert i Formel 9.

Formel 9

$$\sum_{i \in I} f_i \cdot y_i^{import} - \sum_{i \in I} f_i \cdot y_i^{eksport} = D$$

Der

y_i^{import} er importert energi til bygget

$y_i^{eksport}$ er eksportert energi fra bygget

f_i er primærenergifaktor for den respektive energifaktoren

D er energibalansen

I denne definisjonen ganges importert og eksportert energi over året med en primærenergifaktor for respektive energibærere. Dersom energibalansen (D) er positiv, det vil si når import av energi er mindre enn eksport, er bygget et plusshus. Dersom er balansen null er bygget et netto nullenergibygg og dersom balansen er positiv og importen høyere enn eksporten av energi, er bygget et nær netto nullenergibygg.

Seljom et. al (2016) har i sine studier definert nær netto nullenergibygg som passivhus (definert etter NS3700/NS3701) med lokal solcelleproduksjon der det ikke er energilagringssystemer i byggene slik at forskjellen mellom forbruk og produksjon av elektrisitet håndteres av strømmettet. I energibalansen (Formel 9) tas det kun det kun hensyn til at lokal produksjon skal dekke det det elspesifikke forbruket i byggene, og dermed er både importen og eksporten elektrisk. Slik unngår man å gjøre antakelser om primærenergifaktorer for energiforbruket (som ikke er bestemt for Norge per 2016). Årlig spesifikk elektrisitetsproduksjon er dermed lik det årlige elspesifikke behovet i byggene. I Danmark er nær nullenergibygg definert ved at det er energibalanse mellom lokal energiproduksjon og forbruk av energi til belysning og oppvarming. I følge Seljom et. al utgjør energiforbruket til belysning og oppvarming omtrent 28 % av primærenergiforbruket i passivhus dersom varmepumpe benyttes til oppvarming, mens elspesifikt forbruk utgjør 80 % av primærenergiforbruket. Definisjonen til Seljom et. al (2016) gir derfor en energibalanse som er nærmere null enn den danske, og krever dermed også mer lokal spesifikk energiproduksjon og med det, et større areal av solcellepaneler i byggene. Høsten 2016 er det fortsatt uvisst hvordan nær nullenergistandarden vil bli definert i Norge, og om den vil innebære krav til lokal energiproduksjon eller ikke. I en tidlig utredning for Direktoratet for Byggkvalitet (DiBK) ble det for eksempel foreslått at minimumskravene til nær nullenergibygg bør benytte netto levert energi som beregningspunkt og at kravet til nær nullenergibygg bør settes slik at spesifikt energiforbruk er 70 % lavere spesifikt netto energiforbruk enn energiforbruket i TEK 10 bygg, men at det er frivillig hvorvidt kravet oppfylles ved hjelp av egenproduksjon av energi eller ved reduksjon i energibehovet (Killingland, et al., 2013).

2.5.6 Energieffektiviseringsdirektivet (2012/27/EU)

EU vedtok i 2012 et energieffektiviseringsdirektiv som en følge av utfordringer knyttet til økt energiimport samt et ønske om å begrense klimaendringene (EU, 2012). Per 2016 er direktivet ikke innlemmet i den norske EØS-avtalen, men direktivet er under vurdering av EØS-relevans i Olje- og energidepartementet og Utenriksdepartementet (Regjeringen.no, 2013).

EUs energieffektiviseringsdirektorat har til hensikt å oppnå 20 % energibesparelse i 2020 i forhold til dagens nivå. Norsk Teknologi har beregnet at direktivet kan bety en besparelse på 10 TWh i

husholdningene og 7 TWh i næringsbyggene dersom det blir overført til Norge (Norsk Teknologi, 2008). Flere av artiklene i direktivet er allerede oppfylt gjennom eksisterende statlig regulering av energibransjen, incentivordninger samt informasjons- og støtteprogrammer. Av artiklene som kan påvirke energibruk i bygg og som ikke er vedtatt eller gjennomført i Norge er følgende trukket ut:

- Medlemslandene skal rehabilitere 3 % av det totale gulvarealet i bygg over 250 m² eid av sentrale myndigheter som er oppvarmet eller nedkjølt (Fra artikkel 5 (Regjeringen.no, 2013))
- Sluttbrukere av elektrisitet, naturgass, fjernvarme/kjøling og varmtvann skal være forsynt med konkurransedyktige prisede individuelle målere som nøyaktig gjenspeiler sluttbrukernes faktiske energibruk og som gir informasjon om faktisk brukstid (Regjeringen.no, 2013) (Fra artikkel 9)
- Sluttbrukerne skal ha tilgang til kostnadseffektiv energisjekk, og det skal innføres programmer for små og mellomstore bedrifter for å gjennomføre energisjekk og implementere anbefalingene. Medlemslandene skal også utvikle programmer med sikte på å øke husholdningers bevissthet om fordelene knyttet til det å foreta en energigjennomgang.» (Regjeringen.no, 2013) (fra artikkel 8)
- Det skal opprettes en nasjonal energieffektiviseringsordning som skal gjennomføres enten ved at sluttbrukere reduserer sitt energibruk, at det innføres avgifter på energi og CO₂ eller ved opprettelse av nasjonalt fond for energieffektivisering (artikkel 7) (Regjeringen.no, 2013)

Dersom direktivet innfører vil det være en responsdriver for å redusere energibehovet da det vil bidra til å øke raten for rehabilitering og gjennomføring av ENØK-tiltak i bygningsmassen, og dermed redusere bygningsmassens energibehov.

2.5.7 Økodesigndirektivet (2009/125/EF)

Økodesigndirektivet 2009/125/EF (Omskriving av økodesigndirektivet av 2005) setter krav til miljøvennlig design til energirelaterte produkter, med formål å redusere energirelaterte produkters miljøbelastning i hele deres livssyklus, samt at forbrukeren får mulighet til å velge produkt etter energieffektivitet. (NVE, 2016b). Direktivet er innlemmet i EØS-avtalen, og er i Norge hjemlet i forskrift om miljøvennlig utforming av energirelaterte produkter. Flere av produktene som er omfattet av økodesigndirektivet er også omfattet av Energimerkedirektivet. Økodesigndirektivet setter krav til effektivitet, produksjon og utforming av produkter som belysning, EDB-utstyr, klimaanlegg, vifter og pumper, hvitevarer, elektrisk underholdningsutstyr samt mye mer. Direktivet stiller også krav til CE-merking av produkter. Økodesigndirektivet kan spille en stor rolle i utvikling i energibruk i bygninger i årene fremover da det er en indirekte driver for å redusere energiforbruket til elektriske apparater i byggene. Dersom kravene til tetthet i byggene fortsetter å stige, og energibehovet til romoppvarming går ned, vil det elspesifikke energibruket utgjøre en større andel av energiforbruket i Norske bygg. Effektiviteten til elspesifikk teknologi kan derfor ha stor relativ påvirkning på utviklingen i energibruket i framtiden.

2.5.8 Energimeldingen

I stortingsmeldingen «Kraft til endring – Energipolitikken mot 2030», ofte referert til som Energimeldingen (Meld St. 25, 2015-2016), ble det gitt en gjennomgang av status, perspektiver og politikk for innenlandsk energibruk og produksjon i årene frem mot 2030. Meldingen ble vedtatt i Stortinget i juni 2016 etter korrigerende på noen punkter. For energibruk i byggsektoren ble det vedtatt et mål om at energiforbruket i eksisterende bygningsmasse skal reduseres med 10 TWh i 2030 sammenlignet med dagens nivå. (Meld. St. 21, 2011–2012), og at reduksjonen i energibruk blant annet drives frem gjennom støtte fra Enova.

2.5.9 Støtteordninger og insentiver

I tillegg til de nevnte de politiske virkemidlene finnes det flere statsstøttede økonomiske tiltak og virkemidler for å øke energieffektiviteten i bygg.

Til forskning og utvikling gir for eksempel Innovasjon Norge og Norges Forskningsråd midler til prosjekter som fremmer innovasjon vedrørende energibruk i bygg. For eiere og brukere av bygg er støtteordningen fra Enova et av de viktigste økonomiske tiltakene for å fremme energieffektivisering i bygg. Enova er underlagt Olje- og energidepartementet og finansieres gjennom Energifondet som får inntekter fra påslag på nett-tariffen og bevilgninger fra statsbudsjettet. Enova ble opprettet i 2001 for å fremme omlegging til miljøvennlig energibruk og energiproduksjon. Siden etableringen har også Enova fått ansvaret for å formidle midler til omlegging av energi og energiøkonomiseringstiltak (Berg L. , 2012). Gjennom Enovatilskuddet kan eiere av bygg gis tilskudd ved energieffektiviseringstiltak som ikke er lovpålagt, blant annet gis det tilskudd ved oppgradering av bygningskroppen, omlegging av varme- og ventilasjonssystem, installasjon av lokal elektrisitetsproduksjon, installere varmestyringssystem, gjennomføre energirådgivning, samt utskiftning av oppvarmingsteknologi.

2.6 Framskriving av energibehov og energiforbruk i bygg i Norge

Det er utviklet flere modeller for framskriving av energibehov og energiforbruk for i husholdninger og tjenesteytende sektor, men hver av modellene har ulikt omfang, fokus, tidsramme og metode. En fullstendig litteraturstudie av alle modeller for framskriving av energibehov og energiforbruk i Norge går utenfor oppgavens omfang. De mest omfattende modellene og prosjektene i nyere tid der energibehovet i bygningsmassen er framskrevet er prosjektene EPISCOPE og CenSES-energiframskrivinger, og disse, i tillegg til en framskriving av elektrisitetsforbruket i forbindelse med utgivelse av energimeldingen er kort presentert her.

EPISCOPE

EPISCOPE er et EU-finansiert prosjektsamarbeid som utføres i et samarbeid av IFE, Institut Wohnen und Umwelt, Sintef og NTNU under prosjektledelse av Helge Brattebø ved NTNU. Prosjektet er en forlengelse av IFE-prosjektet TABULA og arbeider med å utvikle en felles metodikk for å beregne og framskrive energibruk i bygg for 16 land. I 2014 og 2015 ble det utgitt foreløpige resultater fra deres framskrivinger av energiforbruk i Norske husholdninger frem mot 2050. I denne framskrivingen ble det totale energiforbruket til oppvarming og ventilasjon i boliger framskrevet frem til 2050 i tre scenarioer. Det samlede energiforbruket til oppvarming og ventilasjon av boliger er her forventet å reduseres fra 35,8 TWh i 2015 til mellom 24,3 og 29,3 TWh i 2050 (Brattebø, O'born, Sandberg, Vestrum, & Sartori, 2015).

CenSES-Energiframskrivinger

I 2014 utarbeidet Institutt for energiteknikk (IFE) energiframskrivinger for Norge frem mot 2050 for sektorene husholdninger, tjenesteytende næringer, industri og transport (Rosenberg & Espegren, 2014) i regi av Centre for Sustainable Energy Studies (CenSES). I framskrivingen av energibehovet ble aktivitetsanalyse benyttet som metode, og energibehovet i modellen ble framskrevet ved å tallfeste drivere for arealet/aktiviteten og energiintensiteten for så å framskrive energibehovet i en modell i Excel. Energiforbruket ble framskrevet i modellen ved å bruke det framskrevne energibehovet som input i den norske TIMES-modellen. I referansebanen i CenSES-energiframskrivingene er det totale årlige energibehovet i bygningsmassen forventet å stige med 9,9 TWh i husholdningene og 4 TWh i næringsbyggene over perioden 2014-2050 (Rosenberg & Espegren, CenSES-energiframskrivinger mot 2050 (Rapportnummer IFE/KR/E-2014/003), 2014).

Energimeldingen

I forbindelse med utgivelse av Energimelding (Meld St. 25, 2015-2016) ble det totale, brutto elektrisitetsforbruket i husholdninger og tjenesteytende sektor framskrevet til 2030. I denne framskrivingen er totalt årlig elektrisitetsforbruk forventet å stige med omtrent 1,5 TWh i boligmassen frem mot 2030 i forhold til forbruket i 2014 (Meld St. 25, 2015-2016, s. 124)

3 Simuleringsverktøy for beregning energibruk i bygg

Behovet for å framskrive energiforbruk nasjonalt nivå har ført til at det har blitt utviklet flere forskjellige simuleringsverktøy for formålet. Med innføring av ny miljøpolitikk, samt ved endringer i befolkningen er det nødvendig å bruke modeller for kunne forutse hva slags virkning tiltakene og samfunnsutviklingen vil ha på det fremtidige energiforbruket. I arbeidet med å lage en nasjonal energibehovsmodell kan det være gunstig og tidsbesparende å bruke eksisterende programvare fremfor å utvikle en et nytt rammeverk for modelleringen. I dette kapittelet er ulike programvareverktøy for modellering av utvikling i energiforbruk og –behov i bygningsmassen vurdert.

Energibehovsmodeller klassifiseres gjerne som «top-down» og «bottom-up», avhengig av metoden som er benyttet for å bygge opp modellen. I en top-down modell ser man førts på energiforbruket i modellen som en helhet før man legger inn faktorer som kan påvirke energibehovet. I en bottom-up modell legger man først inn alle individuelle faktorer som kan påvirke behovet før disse til slutt slås sammen, grupperes og linkes sammen for å danne en modell. Fordelen med bruk av top-down modeller er at man trenger mindre statistisk data for å forme modellen, men dersom modellen blir mindre detaljert kan den også gi mindre nøyaktige resultater. Bottom-up modeller kan gjøre det enklere å identifisere virkningene av enkelttiltak, men krever mye mer statistisk grunnlag for å bygge opp modellen, og god statistikk er ikke alltid tilgjengelig (Soto & Jentsch, 2016).

Energibehovsmodeller kategoriseres gjerne som enten «statistiske» eller «byggningsfysike» modeller. Ved bruk av statistiske modeller beregnes energibehovet basert på statistikk, eksempelvis gjennom aktivitetsanalyse ved å studere utvikling i areal (m^2) og spesifikk energibruk ($kWh/m^2\text{år}$). Ved bruk av byggningsfysiske modeller beregnes energibehovet som en funksjon av de fysiske egenskapene til bygningsmassen, som isolasjonstykkelse, bygningstype og varmetilskudd fra utstyr, beboere og sollys, og energibehovet framskrives etter hvordan de tekniske faktorene endres over tid. Grunnet statistikken som må innhentes i statistiske bottom-up modeller kan modellene bli veldig detaljerte. Detaljerte modeller kan gi god forståelse av virkning til enkelttiltak, men resultatene blir ikke nødvendigvis bedre dersom statistikkgrunnlaget er usikkert, og kan om modellen er for detaljert kan det øke kalibreringstiden og simuleringstiden (Soto & Jentsch, 2016).

For å svare på problemstillingen i denne oppgaven er det nødvendig å benytte en bygningsenergimodell som kan framskrive utviklingen i årlig energibehov og energiforbruk i både husholdninger og tjenesteytende sektor frem til 2050. Det er utviklet mange ulike modeller for å framskrive energibehov og forbruk på nasjonalt nivå, men det er få kjente modeller som oppfyller alle disse kravene, og som er overførbare til norske forhold. For modellering av energibehovet og forbruket i boliger finnes det en rekke ulike modeller, eksempelvis REM, BSM, FfE-Gebäudemodell, ECCABS, CDEM og BREHOMES. Dette er statistiske og byggningsfysiske bottom-up modeller som er utviklet for å modellere energiforbruket i boliger i ulike land i Europa, men som er vurdert til å være overførbare til Norge ved noe tilpasning (Soto & Jentsch, 2016). Et annet mye brukt verktøy for framskrivning av energibehov og forbruk i boligmassen er TABULA, som er forløperen til EPISCOPE prosjektet (Brattebø, O'born, Sandberg, Vestrum, & Sartori, 2015). Dette er en byggningsfysisk modell utviklet for flere land, og bruker ulike bygningstypologier til å modellere boligmassen. Disse modellene er dog utilstrekkelige for å svare på oppgavens problemstilling da de kun kan benyttes til modellering av boligmassen, og ikke tjenesteytende sektor. Eksempler på kjente modeller som gir mulighet til å modellere energibehov i både boliger og tjenesteytende sektor på nasjonalt er MAED-2, LEAP og Medpro Model.

MAED-2, eller «Model for analysis of energy demand», er utviklet av IAEA (International Atomic Energy Agency). Modellen er designet for å evaluere hele energibehovet til et land over lengre perioder og er scenaristyrt. Man kan selv legge inn scenarier basert på antakelser om utvikling i sosial, økonomisk og teknologisk utvikling, men scenarioene er kategorisert etter om de er sosialøkonomiske eller tekniske. Modellen er ferdig inndelt i sektorene husholdninger, tjenesteyting, transport og industri, og man kan ikke selv bestemme underkategoriene eller teknologiene installert i byggene. Modellen gir mulighet for analyse av netto behov og levert energi, men ikke analyse av klimagassutslipp. (International Atomic Energy Agency, 2006)

LEAP, eller «Long-range Energy Alternatives Planning system», er utviklet av Stockholm Institute i Bosten, og er benyttet i 190 land og har flere enn 5000 brukere (Conolly, Lund, Mathiesen, & Leahy, 2009). LEAP er et scenariobasert verktøy som kan bruke både «bottom-up» og «top-down» tilnærming til å analysere virkningen av energipolitiske tiltak på nasjonal energiproduksjon, energibruk og klimagassutslipp og annen forurensing, i et ubegrenset antall simuleringsår. Brukeren definerer selv scenarioene, og bygger selv opp modellens struktur gjennom å bestemme hvilke sektorer, underkategorier og teknologier man ønsker å inkludere i modellen. Energibærere kan velges ut ifra en forhåndsbestemt liste (LEAP, 2016). Dette gir stor frihet for brukeren til å konstruere modellen, men kvaliteten på resultatene avhenger dermed mye av kvaliteten på statistikken som legges inn i referanseåret, og av brukerens kompetanse til å gjøre antakelser om utviklingen i framtiden (Soto & Jentsch, 2016).

MedPro Model er en bottom-up modell for langsiktig framskriving av levert energi, netto energibehov og utslipp i sektorene transport, industri, boliger og tjenesytende sektor. Modellen ligger på en web-basert plattform og framskriving av energibehovet for flere land og regioner er ferdig integrert i modellen. Modellen tilbyr 2 ferdigkonstruerte scenarier for hvert land, men gir tilgang til å tilpasse drivere for å analysere virkningen av driverne på energibehov og energiforbruket. Modellen har basisår i 2000 og 2008, og tilbyr framskriving mot 2030. Norge er ikke inkludert blant de implementerte landene per 2016, men kan implementeres ved bestilling. (Enerdata - Country Energy Demand Forecasts, 2016)

I CenSES-framskrivingene er det utviklet en egen modell for framskriving av energibehov i Excel. For å framskrive energiforbruket er det framskrevne energibehovet benyttet som inndata i den Norske TIMES-modellen. I TIMES kan energiforbruket, valg av oppvarmingsteknologier og energiproduksjonen bestemmes ved hjelp av optimering (Suganthi & Samuel, 2011). Ved å utvikle egen modell i Excel, eller benytte andre framskrivings modeller i Excel, vil man ha stor frihet og fleksibilitet til å utforme modellen slik at man kan få de nøyaktige resultatene man ønsker, men det kan være mer tidkrevende enn å benytte en eksisterende modell.

I prinsippet kunne man brukt ulike verktøy for å framskrive energibehovet i ulike sektorer, men det er ønsket å ha mulighet til å framskrive det totale energiforbruket i Norge i samme modell. Dette gjør at valget av ferdiglaget modell er begrenset. En sammenligning av de ulike modellene som gir mulighet for å framskrive energibehovet for flere sektorer er vist i Tabell 4.

Medpro er vurdert til å være et utilstrekkelig modellverktøy da simuleringsperioden er for kort, og modellen ikke gir mulighet til å implementere flere enn 2 scenarier. LEAP og MAED-2 er vurdert til å være gode modelleverktøy for formålet da de begge gir mulighet for å analysere energibehovet og energiforbruket i flere scenarier fram til minst 2050. Kun LEAP gir dog mulighet til å analysere utslipp knyttet til energiforbruk i bygg. Soto & Jentsch (2016) utførte en sammenlignende studie for å teste hvor nøyaktig ulike energibehovsmodeller kunne forutse utvikling i energibehovet i tyske husholdninger,

deriblant MAED-2 og LEAP. I tillegg til dette ble modellene testet for hvor overførbare de var til andre land enn landet de var utviklet for, og hvor sensitive modellene var for endring. Av alle de testede modellene i studien kom MEAD-2 og LEAP dårligst ut på testing av nøyaktighet i framskrivning av energibehov, med et avvik på henholdsvis 26 % og 34-50 % fra målt energibruk i framskrivingsperioden. Årsaken til at disse modellene har høyere avvik enn de øvrige kan være at de øvrige modellene analysert er modeller som kun kan benyttes for å analysere utvikling i energiforbruk i boligmassen, mens LEAP og MAED-2 er universelle modeller for analyse av hele det innenlandske forbruket, og LEAP og MAED-2 er dermed muligens mindre detaljerte enn de øvrige modellene som har et smalere fokusområde. Dette kan tyde på at spesialdesignede modellverktøy kan gi bedre resultater i framskrivinger av energiforbruk enn universelle modeller, men også at kvaliteten på statistikken og antakelsene som legges inn i modellene vil være avgjørende for kvaliteten på resultatene, ettersom MAED-2 og LEAP er bottom-up modeller med høyt detaljnivå (Soto & Jentsch, 2016). En av årsakene til at MEAD-2 har mindre avvik enn LEAP kan skyldes at MEAD-2 har en ferdigkonstruert oppbygning der brukeren skal legge inn statistisk data mens brukeren selv bestemmer modellkonstruksjonen i LEAP. På denne måten vil resultatene fra framskrivingene i LEAP avhenge av modellens oppbygning, og hvordan bygningsmassen er inndelt og hvilke teknologier som er inkludert. Fordelen med fri modellkonstruksjon er dog at det gir frihet til å gjøre modellen så detaljert en ønsker og hente ut spesifikke resultater.

Program	Universelt land	Nasjonal og regional analyse		Tidsramme scenario	Top down/ bottom up	CO ₂ - analyse	Scenarioer	Modellstruktur
		Nasjonal	regional					
LEAP	X	Begge	Begge	Ubegrenset	Begge	X	Uendelig	Fri
MAED-2	X	Begge	Begge	Ukjent	Bottom up	Nei	Ukjent	Bestemt
Medpro	Flere land	Nasjonal	Nasjonal	2030	Bottom up	X	2	Bestemt
Excel	X	Begge	Begge	Ubegrenset	Begge	X	Uendelig	Ubegrenset

Tabell 4: Oppsummering av ulike modellverktøy for framskrivning av energibehov i bygninger.

4 Modellering av bygningsmassens energiforbruk

Formålet med denne oppgaven er å bygge opp en modell i programverktøy LEAP som kan benyttes til å framskrive energibehovet i husholdninger og yrkesbygg i Norge frem mot 2050 for å studere hvordan energiforbruket i den norske bygningsmassen påvirkes ved ulike scenarioer og utviklingstrekk. Dette har innebært å bestemme modellens struktur slik at bygningskategorier, regioner, formålsdeling og teknologier er tilstrekkelig representert, og hvor resultater i modellen kan verifiseres mot tilgjengelig statistikk fra SSB. I dette kapitlet er metoden for å bygge opp denne modellen presentert.

4.1 Oppbygning av modellen

Det første steget i metodikken har vært å bestemme modellens rammer og utforming slik at modellen er detaljert nok til å svare på oppgavens problemstilling og gir muligheter til å utføre ønskede analyser, uten at modellen blir for komplisert slik at selve simuleringen eller oppbyggingen blir for tidkrevende. Disse rammene er presentert i de følgende avsnittene.

4.1.1 LEAP

Modellen for beregning av energiforbruk i husholdninger og yrkesbygg har blitt konstruert i programverktøyet LEAP. LEAP står for Long-range Energy Systems Alternatives Planning og er utviklet ved Stockholm Environmental Institute i Boston. LEAP er mye brukt til energiplanlegging på nasjonalt nivå og er hovedsakelig et verktøy for modellering av fremtidig energibehov og energibruk, men energiproduksjon, kostnader og miljøpåvirkning kan også enkelt modelleres i LEAP. Det er mulig å bruke flere typer analyse i LEAP, men for modellens formål har det blitt benyttet aktivitetsanalyse for å energibehov og energiforbruk i bygningsmassen.

For en norsk energibehovsmodell er det ønskelig å ha mulighet til å evaluere flere sektorer enn byggsektoren for å kunne lage en felles modell for all energibruk i Norge. Samtidig er det ønskelig å kunne dele modellen i flere regioner/klimasoner etter dagens elspot-områder. Selv om LEAP i sammenlignende studier over ulike programverktøy for framskrivning av energibehov i bygg viser minst nøyaktighet (Soto & Jentsch, 2016) har LEAP blitt vurdert å være et godt verktøy for formålet i denne oppgaven. LEAP er fleksibelt og resultatene avhenger kun av hvilken input brukeren selv legger inn i modellen. Det er derfor mulig å gjøre en energibehovsmodell i LEAP meget enkel eller meget detaljert. Hvis man tilpasser sin input til LEAP kan man få detaljert og god informasjon da det er få føringer for hvordan inputen skal legges inn. Modeller i LEAP bygges opp ved hjelp av en mappestruktur, der både input og output legges inn og hentes ut fra mappene. En forenklet oversikt hvordan modellen har blitt bygget opp i LEAP er vist i Vedlegg I.

4.1.2 Tidsperiode

Ved simulering i LEAP må basisåret, første simuleringsår og siste simuleringsår defineres. Basisåret i modellen er startåret, eller det siste året med kjent statistikk. I modellen har basisåret blitt valgt til 2014 da det er det siste året med fullstendig statistikk fra SSB for energiforbruk i Norge. Modellens tidsperiode har blitt satt til 2014-2050.

4.1.3 Segmentering av bygningstyper og aldersklasser

Bygningsmassen i modellen har blitt inndelt i sektorene «husholdninger» og «tjenesteytende næringer». Innenfor hver av sektorene har bygningsmassen blitt inndelt etter samme bygningskategorier som i NS 3031. Ved å dele inn bygningsmassen etter samme bygningskategorier som i NS 3031 kan resultatene fra modellen lettere sammenlignes med resultater fra andre framskrivinger av energibehovet. Det gjør også modelloppbygningen lettere, da man kan bruke standardverdier fra NS 3031 som inndata i modellen. I oppbygningen av modellen har det blitt vurdert at kun deler av bygningskategorien «Lett industribygning/verksteder» fra NS3031 skal bli inkludert i tjenesteytende sektor i modellen. Årsaken til dette er at alle lagerbygg og verksteder regnes som næringsbygg i NS3031, men det er usikkert hvorvidt energibruken i alle lagerbygg og verksteder registreres innen sektorene «tjenesteyting» eller «industri» i energivarebalansen til SSB (SSB, 2014b) som modellen har blitt kalibrert mot.

Det er flere alternativer for hvordan bygningsarealet i hver av bygningskategoriene kan grupperes etter alder og standard i en bygningsenergimodell. Et alternativ er å dele bygningsmassen inn etter den teknisk forskriften som var gjeldende ved byggenes konstruksjon (før 49, TEK 49, TEK 69, TEK 85, TEK 87, TEK 97, TEK 07, TEK 10, TEK 16 og fremtidige standarder) og etter hvilken grad byggene er rehabilitert. Da det dog mangler sikker statistikk over energibruk for bygg fordelt etter alle tekniske standarder, eller statistikk over i hvilken grad bygg i ulike aldersgrupper er rehabilitert, har det ikke blitt vurdert som hensiktsmessig å dele den eksisterende bygningsmasse inn i for mange aldersgrupper. En modell med mange aldersgrupper vil øke modellens kompleksitet, prosesseringstid, samt kalibreringsarbeid, uten at det nødvendigvis vil gi bedre resultater. Det har derfor blitt valgt å dele inn bygningsmassen i 5 ulike aldersgrupper i LEAP. Disse aldersgruppene er definert i Tabell 5.

	Aldersgruppe	Aldersgruppe LEAP	Byggeår
Konstruert før eller i modellens basisår	«Eldre»	«Eldre»	Før 2010
	«TEK7-TEK10»	«TEK7-TEK10e»	2010-2014
«TEK7-TEK10n»		2015-2018	
Konstruert etter modellens basisår	«TEK 15»	«TEK 15»	2018-2023
	«TEK 20»	«TEK 20»	Etter 2023

Tabell 5: Alderssegmentering av bygningsmassen i modellen.

Her er «Eldre» definert som eksisterende bygningsmasse bygget etter teknisk forskrift før TEK 07. I praksis vil dette omfatte alle bygg som er eldre enn 2010 da det antas en forsinkelse på 3 år fra ny teknisk innføres til de første byggene konstruert etter gitt forskrift er oppført. «TEK7-TEK10» er bygg bygget etter «dagens standard» i modellens basisår 2014, og er bygg som er konstruert etter teknisk standard TEK 07 eller TEK 10. Det er valgt å slå sammen disse to forskriftgruppene for å gjøre modellen mindre kompleks og fordi det er liten forskjell mellom energikravene i TEK7 og TEK10, samtidig som det er store forskjeller mellom energikravene til bygg i TEK 07 og tidligere tekniske forskrifter. «TEK7-TEK10»-gruppen er inndelt i to grupper i LEAP: TEK7-TEK10 bygg som eksisterte før modellens basisår («TEK7-TEK10e») og TEK7-TEK10-bygg som er konstruert etter modellens basisår («TEK7-TEK10n»). Dette er for å kunne skille mellom eksisterende og «ny» bygningsmasse i modellen. «TEK15» inkluderer bygg bygget etter bygningsstandard TEK10:16 (ofte referert til som TEK15), og inkluderer i praksis bygg oppført i perioden 2018-2023. I bygningsenergidirektivet II er det varslet at nær-nullenergibygg skal innføres som teknisk standard i 2020. Det er ikke sikkert hvorvidt dette vil bli implementert i Norge, men for å kunne simulere virkningen av dette har modellen blitt bygget opp slik at det vil innføres en ny bygningsstandard i 2020 som blir gjeldende ut modellens simuleringsperiode. Innholdet i TEK 20 har blitt definert i modellens scenarioer.

Bygningsmassen har dermed blitt segmentert i 13 bygningskategorier og 5 aldersgrupper i LEAP-modellen, som oppsummert i Tabell 6.

Sektor	Bygningskategori	Standard
Husholdninger	Småhus	Eldre – TEK7-TEK10e – TEK7-TEK10n - TEK15 – TEK20
	Boligblokk	Eldre – TEK7-TEK10e – TEK7-TEK10n - TEK15 – TEK20
Næringsbygg	Barnehage	Eldre – TEK7-TEK10e – TEK7-TEK10n - TEK15 – TEK20
	Kontorbygning	Eldre – TEK7-TEK10e – TEK7-TEK10n - TEK15 – TEK20
	Skolebygning	Eldre – TEK7-TEK10e – TEK7-TEK10n - TEK15 – TEK20
	Universitets- og høyskolebygning	Eldre – TEK7-TEK10e – TEK7-TEK10n - TEK15 – TEK20
	Forretningsbygg	Eldre – TEK7-TEK10e – TEK7-TEK10n - TEK15 – TEK20
	Sykehus	Eldre – TEK7-TEK10e – TEK7-TEK10n - TEK15 – TEK20
	Sykehjem	Eldre – TEK7-TEK10e – TEK7-TEK10n - TEK15 – TEK20
	Hotellbygning	Eldre – TEK7-TEK10e – TEK7-TEK10n - TEK15 – TEK20
	Idrettsbygning	Eldre – TEK7-TEK10e – TEK7-TEK10n - TEK15 – TEK20
	Kulturbygning	Eldre – TEK7-TEK10e – TEK7-TEK10n - TEK15 – TEK20
	Lett industri og verksteder	Eldre – TEK7-TEK10e – TEK7-TEK10n - TEK15 – TEK20

Tabell 6: Segmentering av bygningstyper og aldersklasser i modellen. På øverste nivå er bygningsmassen inndelt i sektorene «Husholdninger» og «Tjenesteyting». På nivået under er modellen inndelt i bygningskategorier fra NS3031, og disse er igjen inndelt i aldersgrupper.

4.1.4 Bygningsareal

Som diskutert i litteraturstudien i avsnittene 2.4.1.5 og 2.4.2 finnes det ikke sikre tall for det totale bygningsarealet i Norge. For å bestemme arealet i basisåret og i simuleringsårene har det blitt det valgt å benytte en framskrivning av bygningsmassen utført av NVE (Langseth, 2016), der utviklingen i totalt areal for alle bygningskategorier og tekniske standarder i perioden 2010-2050 har blitt beregnet. I deres framskrivning er arealsammensetningen i utgangsåret basert på Enovas «Potensial og barrierestudie» (Enova, 2012). Den fremtidige veksten i arealet har blitt framskrevet ved hjelp av en antatt riverate, historisk nybyggingsrate, og hovedalternativet fra SSBs befolkningsframskrivinger (SSB, 2016d).

Riveraten er vanskelig å fastsette da riving av bygg ikke registreres i et register i Norge. Riving av bygg har blitt modellert av NVE ved at byggene er gitt en alder for tidligst mulig riving, en gjennomsnittlig levealder, et spenn for når byggene vanligvis rives, en øvre alder for byggenes riving og en prosentandel av byggene som aldri rives. NVE har i sin modellering antatt at ingen yrkesbygg rives før de er 50 år og at de fleste rives mellom 85-115 års alder med en gjennomsnittlig rivealder på 100 år. Det er modellert med at 5 % av yrkesbygg «aldri» rives, dvs ikke rives i perioden 2010-2050. Rivingsratene for småhus er bestemt ved at de fleste småhus rives mellom 80-100 års alder, men tidligst ved 40-års alder.

NVE har ikke framskrevet arealet for bygningskategorien lett-industri/verksteder. Arealet for lett-industri og verksteder inkludert i modellen i basisåret, 2014, har blitt beregnet gjennom kalibrering i 4.2.1.2.

Basert på arealframskrivingene fra NVEs modellering har det samlede arealet for byggene i hver av bygningskategoriene og aldersgruppene i modellen i basisåret 2014 blitt beregnet til å være som vist i Tabell 7.

Bygningskategori	Beregnet areal 2014 [m ²]	Andel av arealet som tilhører gruppen «Eldre» i 2014	Andel av arealet som tilhører gruppen «TEK7-TEK10» i 2014
Småhus	225 149 431	84,6 %	15,4 %
Boligblokk	46 243 657	70,0 %	30,0 %
Barnehage	1 667 640	69,1 %	30,9 %
Skolebygning	14 785 051	90,0 %	10,0 %
Universitets- og høgskolebygning	2 640 636	89,2 %	10,8 %
Kontorbygning	28 448 484	92,4 %	7,6 %
Forretningsbygg	32 778 625	89,4 %	10,6 %
Hotellbygning	6 220 027	88,7 %	11,3 %
Sykehus	4 810 396	93,3 %	6,7 %
Sykehjem	5 487 136	86,7 %	13,3 %
Kulturbygning	3 118 104	90,3 %	9,7 %
Idrettsbygning	2 941 192	76,2 %	23,8 %
Lett industri, verksteder ¹	28 823 233	0	100 %

Tabell 7: Areal for bygningsmassen i 2014 fordelt på bygningskategorier basert på NVEs framskrivinger av bygningsmassens areal. Kolonnene til høyre viser andelen av bygningskategoriene som tilhører standard-gruppene «Eldre» og «TEK7-TEK10» i basisåret

I tillegg til at NVEs framskriving inneholder beregninger av totalt areal for hver av bygningskategoriene og aldersgruppene, er det også gjort beregninger av hvor stor andel av hver av disse gruppene der det har blitt gjennomført ENØK-tiltak og rehabilitering i modellen. Disse ratene har blitt benyttet i scenarioene til å bestemme en effektiviseringsrate for eksisterende bygningsmasse.

4.1.5 Formålsdeling og netto spesifikt energibehov i basisåret

Energibehovet i husholdningene og næringsbyggene har blitt delt inn etter følgende formål i modellen:

- Elektrisk utstyr
- Belysning
- Vifter og pumper
- Kjøling
- Oppvarming av varmt tappevann
- Oppvarming av rom og ventilasjonsluft

Dette er samme formålsdeling som benyttes i NS 3031, men postene 1a og 1b (romoppvarming og ventilasjonsvarme), 3a og 3b (vifter og pumper), og 6a og 6b (romkjøling og ventilasjonskjøling) fra NS3031 har blitt slått sammen. Denne formålsdelingen gjør at standardverdier fra NS 3031 kan benyttes i beregningene, og at resultatene fra modellen kan sammenlignes med resultater fra andre framskrivinger

¹ Arealet er ikke framskrevet for denne bygningskategorien, men bestemt under kalibrering av modellen. Ettersom arealet ikke er framskrevet er det heller ikke gjort noen beregninger av hvor stor andel av kategorien som er bygget før 2010 i modellens basisår, og hele arealet er derfor forenklet antatt å være bygget før 2010.

og studier som benytter samme formålsfordeling. Krav til bygningers energiytelse er gitt i teknisk forskrift. Som vist i kapittel 2.4.4.1 har Multiconsult på oppdrag av NVE beregnet formålsdelt spesifikt netto energibehov for de ulike bygningskategoriene konstruert etter minstekravene i TEK69, TEK 87, TEK 97, TEK07, TEK10, lavenergi klasse 2 og passivhus. Disse beregningene, samt standardverdier for NS3031, rammekrav for energibehov i TEK 15 (Berner, 2016) og NVEs arealmodell (Langseth, 2016) har blitt benyttet som grunnlag for å bestemme spesifikt formålsdelt energibehov for hver bygningskategori og aldersgruppe ved modellens startår. En mer fullstendig utgreiing av beregningen av netto spesifikt energibehov for hver av gruppene er inkludert i vedlegg IV.

Netto beregnet spesifikt energibehov for hver av bygningskategoriene og aldersgruppene ved modellens startår er vist i Vedlegg IV A (før kalibrering) og Vedlegg IV B (etter kalibrering).

4.1.6 Teknologier for oppvarming og kjøling

Til hver av de energikrevende formålene vil det være tilknyttet et antall teknologier. Teknologiene som har blitt knyttet til de ulike formålene i LEAP-modellen er vist i Tabell 8.

Til de elspesifikke formålene - det vil si vifter og pumper, belysning og elektrisk utstyr - har det kun blitt tilknyttet en teknologi kalt «elektrisitet» i LEAP-modellen. Denne er implementert inn med 100 % virkningsgrad, og omfatter alt elektrisk utstyr innenfor formålene. Denne forenklingen har blitt gjort da oppgavens tidsramme ikke har gitt rom til å utforske virkningen av endring i bruk av ulike elektriske teknologier i byggene.

Det har blitt inkludert flere teknologier til oppvarming og kjøling i modellen, som vist i tabellen. Hver av disse «teknologiene» representerer en rekke ulike teknologier med liknende virkemåte. «Direkte elektrisitet» inkluderer for eksempel elkjeler, panelovner og gulvvarme etc som drives av direkte elektrisitet med årsgjennomsnittlig varmeproduksjonsvirkningsgrad lavere enn 1. «Bio» inkluderer biokjeler og kaminer som benytter biomasse (pellets, flis etc.) eller biogass som fyringsmiddel. «Olje» inkluderer alle oppvarmingsteknologier der det benyttes fyringsolje eller fyringsparafin. «Gass» inkluderer alle oppvarmingsteknologier som benytter naturgass eller LPG. «Luft-luft varmepumper» er punktoppvarmingsteknologier som henter varme fra uteluften for å varme opp luft som tilføres rom i byggene. «Væske-luft varmepumper» henter varme fra berggrunn, grunnvann eller sjøvann. «Luft-væske varmepumper» henter varme fra uteluft eller ventilasjonsluft og distribuerer varmen gjennom et vannbårent varmedistribusjonssystem i byggene. «Annet» inkluderer alle teknologier som ikke kan representeres av de andre teknologigruppene, og virkningsgraden er for enkelhets skyld satt til 100 %.

To ulike teknologier har blitt knyttet til kjøling i byggene i modellen: kjølemaskin og fjernkjøling. «Kjølemaskin» omfatter i modellen alle elektriske kuldeanlegg i byggene, mens «fjernkjøling» omfatter kjøling levert fra fjernvarmeanlegg eller nærvarmeanlegg.

De årsgjennomsnittlige virkningsgradene, og varme- og kjøleproduksjonsfaktorene som har blitt knyttet til de ulike teknologiene i modellen er vist i tabellen. De årsgjennomsnittlige virkningsgradene til de ulike teknologiene har blitt satt lik virkningsgradene benyttet i den norske TIMES-modellen, og er beregnet etter verdier fra «Kostnadsrapporten» (NVE, 2015). Bruk av teknologier i byggene vil være knyttet til et forbruk av en energivare i LEAP. Energivarene som har blitt knyttet til bruk av de ulike teknologiene i modellen er også vist i tabellen.

Formål	Teknologi	Energivare knyttet til energibruk i LEAP-modell	Årsgjennomsnittlig virkningsgrad/COP for småhus	Årsgjennomsnittlig virkningsgrad/COP for andre
Elektrisk utstyr	Elektrisitet	Elektrisitet	100 %	100 %
Belysning	Elektrisitet	Elektrisitet	100 %	100 %
Vifter og pumper	Elektrisitet	Elektrisitet	100 %	100 %
Oppvarming av rom og ventilasjonsluft	Direkte elektrisitet	Elektrisitet	98 %	98 %
	Bioenergi	Bio	72 %	77,3 %
	Termiske solpaneler	Elektrisitet	900 %	900 %
	Olje	Olje	92 %	92 %
	Gass	Gass	100 %	100 %
	Varmepumpe væske-væske	Elektrisitet	290 %	290 %
	Varmepumpe luft-luft	Elektrisitet	200 %	200 %
	Varmepumpe luft-væske	Elektrisitet	240 %	270 %
	Fjernvarme	Fjernvarme	99 %	99 %
	Ved	Ved	78,8 %	78,8 %
Annet	Elektrisitet	100 %	100 %	
Oppvarming av varmt tappevann	Direkte elektrisitet	Elektrisitet	98 %	98 %
	Bioenergi	Bio	72 %	77,3 %
	Termiske solpaneler	Elektrisitet	900 %	900 %
	Olje	Olje	92 %	92 %
	Gass	Naturgass	100 %	100 %
	Varmepumpe væske-væske	Elektrisitet	290 %	290 %
	Varmepumpe luft-væske	Elektrisitet	240 %	270 %
	Fjernvarme	Fjernvarme	99 %	99 %
Annet	Elektrisitet	100 %	100 %	
Kjøling	Fjernvarme	Fjernvarme	99 %	99 %
	Kjølemaskin	Elektrisitet	400 %	400 %

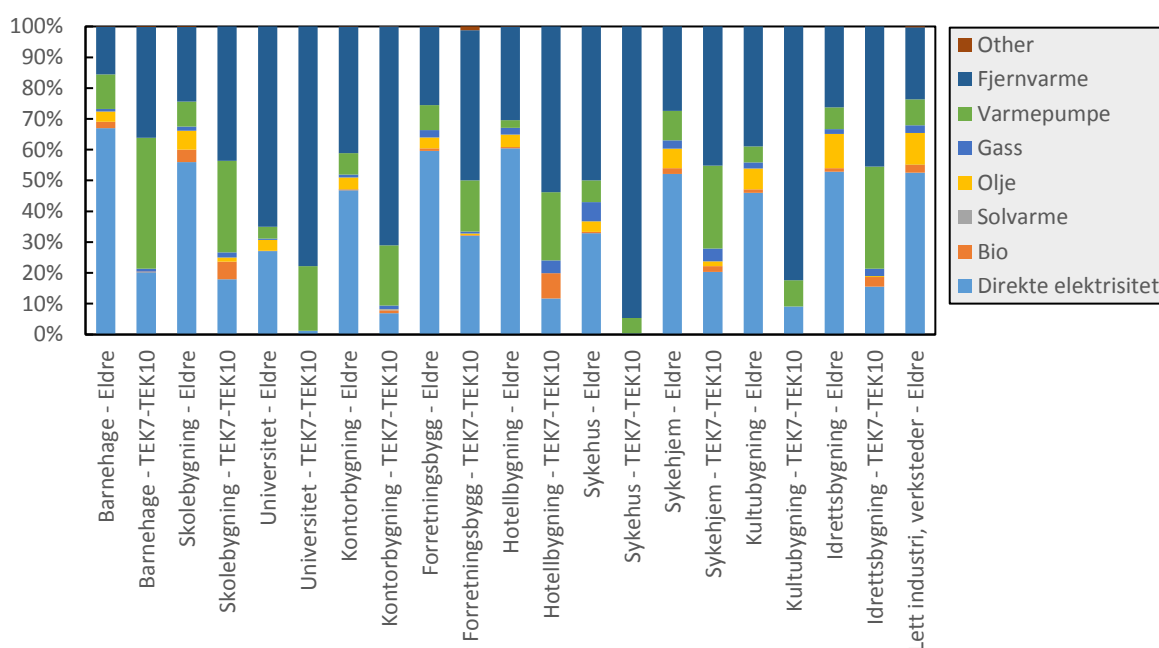
Tabell 8: Oversikt over teknologier tilknyttet de ulike formålene i LEAP-modellen og hvilke energivarer og virkningsgrader (NVE, 2015) som er tilknyttet teknologiene.

4.1.6.1 Andeler for oppvarmingsteknologier i yrkesbygg ved modellens startår

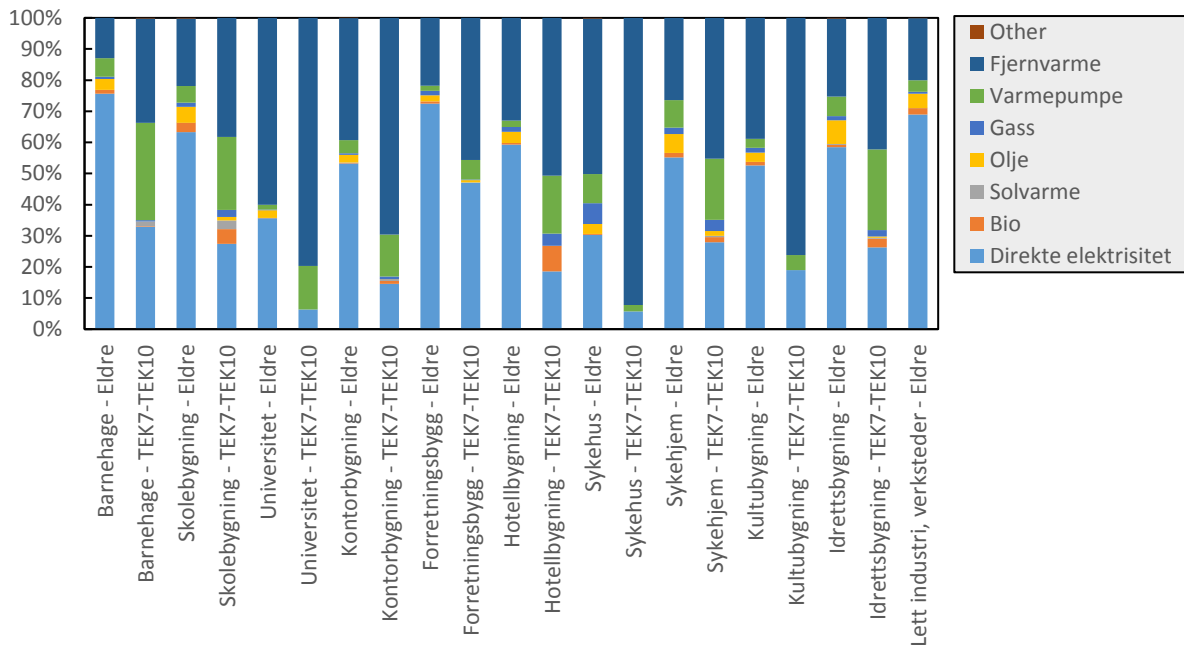
Data fra den norske energimerkedatabasen har blitt benyttet til å bestemme andelen oppvarmingsbehovet i yrkesbygg som dekkes av de ulike oppvarmingsteknologiene. Som presentert i avsnitt 2.5.4.2 ble det ved innføring av Bygningsenergidirektivet (2002/91/EF) bestemt at alle medlemsland skulle opprette et energimerkesystem for boliger og yrkesbygg. Det norske energimerkesystemet ble opprettet i 2010, og det foreligger i dag et krav om at alle nye bygg, eksisterende bygg som selges eller leies ut, samt yrkesbygg over 1000 m² skal energimerkes (NVE, 2014c). Det foreligger også et krav et at yrkesbygg og nye boliger skal energimerkes av eksperter som oppfyller gitte kompetansekrav. Dette har ført til at energimerkedatabasen inneholder mye statistikk over beregnet energiforbruk og teknologibruk i bygg. Dokka et. al (2011) har vurdert datakvaliteten i energimerkedatabasen som akseptabel for nye boliger og yrkesbygg, men meget lav for eldre boliger da disse kan energimerkes ved egenmelding av eier. Registrering av energimerking av yrkesbygg gjøres enten direkte i energimerkesystemet, eller ved import av XML-data fra energiberegninger utført i Simien eller annen godkjent energiberegningsprogramvare. XML-importerte energiattester inneholder detaljert informasjon om byggenes fysiske utforming og alder, samt andelen av energibehovet til romoppvarming og oppvarming av varmt tappevann som blir varmet opp med de følgende teknologiene: direkte elektrisitet, bio, olje, gass, fjernvarme, termisk solvarme, varmpumpe og annet. «Annet» inkluderer her vedfyring og spillvarme mm. XML-registrerte energiattester fra energimerkedatabasen har blitt benyttet som datagrunnlag for å bestemme andelen av energibehovet i yrkesbygg som dekkes av ulike

oppvarmingsteknologiene ved modellens basisår. En detaljert beskrivelse av hvordan XML-registrerte energiattester fra energimerkedatabasen har blitt benyttet til å beregne andelen av oppvarmingsteknologier som benyttes til å dekke energibehovet til oppvarming av varmt tappevann og rom/ventilasjonsvarme i yrkesbyggene i modellens basisår er beskrevet i Vedlegg V.

Analysene av dataen fra energimerkedatabasen viser at andelen av oppvarmingsbehovet som dekkes av de ulike oppvarmingsteknologiene i modellens basisår før kalibrering for hver av bygningskategoriene og aldersgruppene er som vist i Figur 22 og Figur 23. Resultatene viser at direkte elektrisitet, fjernvarme og varmepumper er de teknologiene som benyttes til å dekke det meste av oppvarmingsbehovet i yrkesbyggene i modellens basisår. Andelen av energibehovet som dekkes ved hjelp av direkte elektrisitet og olje er lavere for «TEK7-TEK10»-bygg enn «Eldre»- bygg. De «TEK7-TEK10» byggene der oljefyring er installert er mest sannsynlig eldre bygg som har gjennomgått en helrenovering etter 2010 som har blitt registrert med nytt byggeår ved registrering i energimerkesystemet.



Figur 22: Andeler av det totale energibehovet til oppvarming av rom og ventilasjonsluft i yrkesbygg som er dekket av ulike oppvarmingsteknologier for hver av bygningskategoriene og aldersgruppene i modellens basisår. Datagrunnlaget for modellen er hentet fra energimerkedatabasen og er vist i Vedlegg V E.



Figur 23: Andeler av det totale energibehovet til oppvarming av varmt tappevann i yrkesbygg som er dekket av ulike oppvarmingsteknologier for hver av bygningskategoriene og aldersgruppene i modellens basisår. Datagrunnlaget for modellen er hentet fra energimerkesystemer og er vist i Vedlegg V F..

4.1.6.2 Andeler av oppvarmingsteknologier i boliger i modellens basisår

Da de fleste boliger er energimerket ved hjelp av egenrapportering, uten å rapportere hvor store andeler av energibehovet som er dekket av ulike oppvarmingsteknologier, har energimerkedatabasen blitt vurdert som utilstrekkelig for å vurdere hvor stor andel av oppvarmingsbehovet i boliger som dekkes av de ulike oppvarmingsteknologiene i modellens basisår. Antakelser fra Lindberg (2016) av hvor mye av det totale oppvarmingsbehovet i norske boliger som ble dekket ved hjelp av ulike oppvarmingsteknologiene i 2012 har i stedet blitt benyttet som grunnlag for å bestemme andelen av oppvarmingsbehovet som er dekket av de ulike teknologiene i modellens basisår. Disse antakelsene er vist i Tabell 9. «Annet» inkluderer i disse antakelsene fjernvarme, bioenergi, gassovn, og andre relevante teknologier for oppvarming i boliger.

I modellen ble alt «annet» forbruk satt som «fjernvarme» og «bioenergi» i modellen før kalibrering. Det ble forenklet antatt at andelene av oppvarmingsbehovet som dekkes av de ulike teknologiene i basisåret er likt for boligblokker og småhus i modellen, at «TEK7-TEK10»-boligene ikke benytter olje til oppvarming (men i stedet benyttet direkte elektrisitet), og at vedfyring kun benyttes til oppvarming av rom og ventilasjonsvarme.

På bakgrunn av disse antakelsene har andelene av oppvarmingsbehovet som dekkes av de ulike oppvarmingsteknologiene i boligene før kalibrering blitt beregnet til å være som vist i Tabell 9.

	Total oppvarming		Oppvarming av rom og ventilasjonsluft		Oppvarming av varmt tappevann	
	Datagrunnlag, Lindberg (2012)	Eldre	TEK7-TEK10	Eldre	TEK7-TEK10	
Direkte el.	66 %	66,0 %	68,0 %	74,0 %	74,0 %	
Varmepumpe	17 %	17,0 %	17,0 %	17,0 %	17,0 %	
Vedovn/peis	8 %	8,0 %	8,0 %	-	-	
Oljeovn	2 %	2,0 %	0,0 %	2,0 %	2,0 %	
Bio	-	1,0 %	1,0 %	1,0 %	1,0 %	
Termiske solpaneler	-	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	
Gass	-	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	
Fjernvarme	-	6,0 %	6,0 %	6,0 %	6,0 %	
Annet ²	7 %	-	-	-	-	

Tabell 9: Antatte andeler av oppvarmingsbehovet i boliger som dekkes ved hjelp av ulike oppvarmingsteknologier for hver av aldersgruppene i modellens basisår før kalibrering av modellen. Antakelser fra (Lindberg, 2016) er benyttet som grunnlag for å bestemme teknologiandelene.

4.1.6.3 Andeler for varmpumpeteknologier

Energimerkedatabasen gir kun informasjon om hvor mye av oppvarmingsbehovet som dekkes av varmpumper i yrkesbyggene, men ikke informasjon om hvilke varmpumpetyper som benyttes i byggene, og til hvilken grad. For å fordele andelen av oppvarmingsbehovet som dekkes av varmpumper på de ulike varmpumpetyperne luft-luft, luft-vann og væske-vann (som er teknologiene implementert i modellen) har det blitt benyttet en modell utviklet av Norsk Varmepumpeforening (NOVAP) og NVE.

NOVAP fører statistikk over varmpumper solgt i Norge, sortert etter typene «luft/luft», «luft/væske», «Væske-væske», «ventilasjonsvarmpumpe» og «VRF/VRV» (luft-luft varmpumpe med mer avansert styring og regulering), samt etter effektklassene «mindre enn 10 kW», «10-20 kW», «21-50 kW», «51-100 kW», «101-500 kW», «501-1000 kW» og «større enn 1000 kW». Årlig varmproduksjon er beregnet for de ulike varmpumpetyperne i varmpumpemodellen ved hjelp av antatt middeffekt for varmpumpene i de ulike klassene og brukstid for de ulike varmpumpetyperne hentet fra (NVE, 2015). Det har forenklet blitt antatt at ventilasjonsluftvarmpumper og VRF/VRV-varmpumper er luft-luft varmpumper, da de bruker liknende teknologi og har samme brukstid som luft-luft varmpumper, samt at utgjør kun en liten andel av varmproduksjonen med varmpumper i Norge. Ved hjelp av disse antakelsene har andelen av varmproduksjonen fra varmpumper som er i bruk i Norge som stammer fra de ulike varmpumpetyperne «luft-luft», «luft-væske» og «væske-væske» blitt beregnet som vist i Tabell 10

Andel av årlig varmproduksjon fra varmpumper		Luft- luft	Luft-Væske	Væske-væske
		Husholdninger	86,3%	5,3%
Yrkesbygg		26,4%	15,5%	52,6%

Tabell 10: Beregnet andel av total årlig varmproduksjon fra varmpumper i husholdninger og yrkesbygg som dekkes av de ulike varmpumpeteknologiene. (NVE & NOVAP, 2016)

Med utgangspunkt i Tabell 10, varmpumpetypenes COP, og beregnet netto spesifikt behov til oppvarming for hver av bygningskategoriene og aldersgruppene, har andelene av varmproduksjonen

² Alle teknologier foruten elektrisitet og vedfyring, blant annet fjernvarme, bioenergi, gassovn etc.

fra varmpumper til oppvarming i bygg som stammer fra de ulike varmpumpetyperne blitt beregnet som vist i Tabell 11. Beregningene bak andelen er vist i vedlegg VI.

Andel av oppvarmingsbehovet som dekkes av varmpumpe					
	Oppvarming rom og ventilasjonsluft			Oppvarming av varmt tappevann	
	Luft-luft	Væske-væske	Luft-væske	Væske-væske	Luft-væske
Småhus	92,4 %	4,8 %	2,8 %	63,5 %	36,5 %
Boligblokk	98,9 %	0,7 %	0,4 %	63,5 %	36,5 %
Barnehage	26,9 %	58,5 %	14,6 %	80,1 %	19,9 %
Skolebygning	27,6 %	58,0 %	14,4 %	80,1 %	19,9 %
Universitetsbygning	26,3 %	59,0 %	14,7 %	80,1 %	19,9 %
Kontorbygning	26,4 %	59,0 %	14,7 %	80,1 %	19,9 %
Forretningsbygg	28,2 %	57,5 %	14,3 %	80,1 %	19,9 %
Hotell	30,3 %	55,8 %	13,9 %	80,1 %	19,9 %
Sykehus	30,3 %	55,8 %	13,9 %	80,1 %	19,9 %
Sykehjem	30,5 %	55,7 %	13,9 %	80,1 %	19,9 %
Kulturbygning	26,6 %	58,8 %	14,6 %	80,1 %	19,9 %
Idrettsbygning	33,1 %	53,6 %	13,3 %	80,1 %	19,9 %
Lett industri, verksteder	25,7 %	59,5 %	14,8 %	80,1 %	19,9 %

Tabell 11: Beregnet andel av oppvarmingsbehovet som dekkes av varmpumpe fordelt på hver av varmpumpeteknologiene i alle bygningskategorier.

I NVE og NOVAPs modell er det fremtidige salget av varmpumper fremskrevet frem til 2030. Framskrivningene viser at det vil være liten endring i andelen av varmpumpetyperne som selges og dermed også oppvarmingsbehovet som dekkes av de ulike varmpumpetyperne frem mot 2030.

4.1.6.4 Andeler for kjøleteknologier

I modellen benytter byggene enten kjølemaskin eller fjernkjøling til kjøling av rom og ventilasjonsluft. Det er ikke oppgitt i energimerkedatabasen hvilke teknologier byggene benytter til kjøling. For å gjøre et anslag over andelen av kjølebehovet i yrkesbyggene som dekkes av de ulike kjøleteknologiene har det blitt tatt utgangspunkt i andelen av oppvarmingsbehovet i hver av bygningskategoriene og aldersgruppene som dekkes av fjernvarme i modellens basisår og SSB-rapporten «Fjernvarme og fjernkjøling i Norge» (Aanensen & Fediryshyn, 2014). Ved hjelp av forholdet mellom levert fjernkjøling og fjernvarme i 2012 fra rapporten, samt forholdet mellom netto behov til kjøling og oppvarming, har andelen av kjølebehovet som dekkes av fjernkjøling og kjølemaskin i modellens basisår blitt grovt beregnet for hver av bygningskategoriene og aldersgruppene som vist i Vedlegg VII A.

4.1.7 Annet forbruk i husholdninger og tjenesteytende sektor

Utover bygningenes energiforbruk til formålene oppvarming, kjøling og elspesifikke formål, inkluderer modellen også en framskrivning energibruk i fritidsboliger, samt energibruk til maskiner i husholdningene og tjenesteytende sektor. Det finnes lite informasjon og statistikk over energiforbruk i fritidsboliger i dag, og heller ikke statistikk over formålsfordelingen og historisk utvikling i energiforbruk i fritidsboligene (Hill, Simonsen, & Aall, 2011). SSB har i sin energivarebalanse antatt et konstant forbruk av elektrisitet, ved og gass i fritidsboligene de siste årene, og dette er grunnene til at energiforbruket i fritidsboliger utgangspunktet er skilt ut fra øvrige de husholdningene i modellen.

I SSBs energivarebalanse er det knyttet et forbruk av bensin og diesel til husholdningene og tjenesteytende sektor (SSB, 2015a). Det er nærliggende å tro at dette benyttes i husholdningsmaskiner og maskiner i tjenesteytende næring, for eksempel i gressklippere og nødaggater.

Forbruket av energivarer til andre formål enn det som dekkes av bygningsmodellens formålsfordeling og som har blitt inkludert i modellen er vist i Tabell 12.

	Ved og avlut [GWh]	Gass [GWh]	Elektrisitet [GWh]	Mellomdestillater og bensin [GWh]	Totalt [GWh]
Fritidsboliger	1000	100,7	2141	-	3241,7
Husholdningsmaskiner	-	-	-	200,3	200,3
Tjenestemaskiner	-	-	-	1005,2	1005,2

Tabell 12: Energibruk i fritidsboliger, husholdningsmaskiner og tjenestemaskiner i modellen i basisåret. Maskinene inkluderer ikke transportmidler, eller bygg og anleggsmaskiner (SSB, 2015a).

4.1.8 Utslipp

Som vist i litteraturstudien i avsnitt 2.3 beregnes utslipp knyttet til energiforbruk i bygg ved hjelp av utslippsfaktorer. I 2014 var utslippene knyttet til energibruk i bygg beregnet å være 1,3 millioner tonn CO₂-ekvivalenter (SSB, 2015b).

LEAP gir mulighet for å implementere både energiforbruk og energiproduksjon i modellen. Det har derfor blitt valgt at systemgrensen for utslipp går ved bygningene, og at kun lokal energiproduksjon i bygget skal har blitt koblet til utslipp i modellen. Det vil si at bioenergi, ved, olje, parafin og gass som skaper energi ved forbrenning i byggene har blitt koblet til utslippsfaktorer, mens utslippene fra produksjon av elektrisitet og fjernvarme ikke har blitt knyttet til energibruken i byggene.

Det har blitt valgt å ta utgangspunkt i anbefalte CO₂-faktorer fra NS-EN 15603 til å beregne utslippene slik det er anbefalt i NS-3031 (Standard Norge, 2014). Ved å anta at det for bioenergi benyttes CO₂-faktor for spon/flis (da det ikke er anbefalt faktorer for pellets eller biogass i standarden), og at det for fyringsparafin benyttes samme utslippsfaktor som for olje, vil beregnede utslipp fra energivarebalansen (SSB, 2015a) gi omtrent like mye utslipp som det som er oppgitt i SSBs utslippsstatistikk (SSB, 2015b) dersom utslippsfaktorene kalibreres opp med 6,3 %. De kalibrerte CO₂-faktorene som har blitt benyttet som utslippsfaktorer i modellen og er vist i Tabell 13.

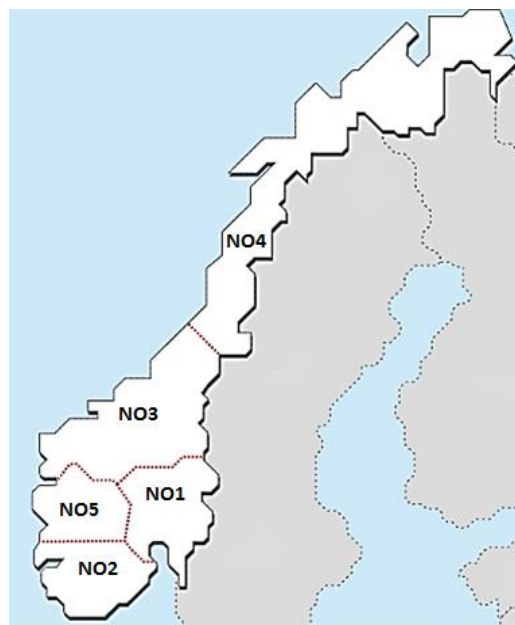
	CO ₂ -faktor NS-EN 15603 [kg/MWh]	CO ₂ -faktor benyttet i modellen [kg/MWh]
Olje/Parafin	330	350,9
Gass	277	294,7
Bio (flis)	4	4,3
Ved	14	14,9

Tabell 13: Utslippsfaktorer knyttet til forbruk av energivarer til oppvarming benyttet i modellen.

4.1.9 Regioner

Modellen har blitt inndelt i regioner tilsvarende Elspot/Elbas-prisområdene. Med en inndeling etter kraftprisområdene kan modellen benyttes til å gjøre egne analyser for utviklingen i kraftetterspørselen i regionene. Per september 2016 er Norge inndelt i 5 kraftprisområder som vist i Figur 24.

Det har blitt antatt at det totale bygningsarealet i Norge er fordelt på hver av regionene etter andelen av innbyggere i Norge som er bosatt i regionene, som vist i Tabell 14. Dette er en forenkling da det i realiteten eksempelvis vil være ulikt areal for kontorbygg per innbygger fra en region til en annen, da sysselsettingen vil variere mellom regionene. Forenklingen har blitt gjort fordi det ikke finnes god nok data for alle bygg og deres beliggenhet i Norge til å gjøre mer korrekte antakelser om hvordan arealet for de ulike bygningskategoriene er fordelt på regionene.



Figur 24: Elspot-prisområder per september 2016 (Statnett, 2016). Norge er som vist inndelt i kraftprisområdene Sør-øst Norge (NO1), Sørvest-Norge (NO2), Midt-Norge (NO3), Nord-Norge (NO4) og Vest-Norge (NO5).

Region	Innbyggere bosatt i region	Andel av innbyggere i Norge bosatt i region	Andel av totalt bygningsareal
NO1	2 120 869	42 %	42 %
NO2	1 241 987	24 %	24 %
NO3	706 209	14 %	14 %
NO4	481 495	9 %	9 %
NO5	558 496	11 %	11 %
Totalt	5 109 056	-	-

Tabell 14: Andel av befolkning og totalt bygningsareal fordelt på kraftprisområdene i 2014. (SSB, 2016e)

Da årsgjennomsnittlig temperatur varierer mellom de ulike regionene har det blitt valgt å behandle regionene som separate klimasoner. Det har derfor blitt benyttet forholdstall for å korrigere energibehovet til rom og ventilasjonsoppvarming i de ulike regionene, slik at energibehovet i byggene avhenger av byggenes klimasone. Dersom temperaturkorrigeringstallet i en region er 1,1 er netto spesifikt energibehov til byggene i regionen 10 % høyere enn landsgjennomsnittet. Temperaturkorrigeringsfaktorene for hver av regionene i modellen har blitt beregnet i Vedlegg VIII og er vist i Tabell 15.

Region	Temperaturkorrigeringsfaktor k
NO1	1,005
NO2	0,781
NO3	1,104
NO4	1,319
NO5	1,062

Tabell 15: Temperaturkorrigeringsfaktor for korrigering av netto energibehov til oppvarming av rom og ventilasjonsluft i de ulike regionene.

4.2 Simulering

Som presentert i kapittel 3 framskrives energibruk i bygg som regel ved hjelp av en statistisk modell eller byggt teknisk modell. I denne oppgaven har det blitt valgt å konstruere en statistisk modell med utvikling som baserer seg på aktivitetsanalyse for å framskrive energibehovet og energiforbruket i den norske bygningsmassen. Ved bruk av aktivitetsanalyse beregnes det årlige energiforbruket eller det årlige energibehovet i bygg som et produkt av en energiintensitet og et årlig aktivitetsnivå, som vist i Formel 10a og b.

Formel 10a og b

$$\text{Årlig energiforbruk} = \text{Årlig aktivitetsnivå} * \text{Energiintensitet}$$

$$\text{Årlig energibehov} = \text{Årlig aktivitetsnivå} * \text{Energiintensitet}$$

I modellen er «energiintensiteten» for husholdninger og næringsbygg spesifikt energibruk eller energibehov (enhet kWh/m²år) mens det «årlige aktivitetsnivået» er bygningsarealet (m²). Totalt årlig energiforbruk i husholdninger og næringsbygg er summen av årlig levert energi til hver av regionene modellen er inndelt i. Dette er vist i Formel 11.

Formel 11

$$E_{\text{levert, totalt}} = \sum_{i=1}^5 E_{\text{levert, totalt, NO}_i}$$

Der

$E_{\text{levert, totalt}}$ er årlig energiforbruk i husholdninger og næringsbygg i Norge.

$E_{\text{levert, totalt, NO}_i}$ er årlig energiforbruk i husholdninger og næringsbygg i region NO_i, $i \in [1,2,3,4,5]$.

Det totale årlige energiforbruket i hver region er summen av det årlige energiforbruket for hver bygningskategori i regionen, som vist i Formel 12.

Formel 12

$$E_{\text{levert, totalt, NO}_i} = \sum_b^B E_{\text{levert, b, NO}_i}$$

Der

$E_{\text{levert, b, NO}_i}$ er årlig energiforbruk i bygningskategori b i region NO_i.

$b \in$ [småhus, boligblokker, barnehage, skole, universitet, kontor, forretningsbygg, hotell, sykehus, sykehjem, kulturbygg, idrettsbygg, lett industri]

Det årlige forbruket i bygningsmassen i hver bygningskategori er en sum av det årlige forbruket av energi til hver av de ulike formålene presentert i avsnitt 4.1.5. Dette er vist i Formel 13

Formel 13

$$E_{\text{levert } ,b,NO_i} = E_{\text{levert } l,b,NO_i} + E_{\text{levert } fanp,b,NO_i} + E_{\text{levert } eq,b,NO_i} + E_{\text{levert } C,b,NO_i} + E_{\text{levert } H,b,NO_i} + E_{\text{levert } W,b,NO_i}$$

Der

$E_{\text{levert } l,b,NO_i}$ er årlig levert energi til belysning i bygg i bygningskategori b i region NOi.

$E_{\text{levert } fanp,b,NO_i}$ er årlig levert energi til vifter og pumper i bygg i bygningskategori b i region NOi.

$E_{\text{levert } eq,b,NO_i}$ er årlig levert energi til elektrisk utstyr i bygg i bygningskategori b i region NOi.

$E_{\text{levert } C,b,NO_i}$ er årlig levert energi til kjøling i bygg i bygningskategori b i region NOi.

$E_{\text{levert } H,b,NO_i}$ er årlig levert energi til oppvarming av rom og ventilasjonsluft i bygg i bygningskategori b i region NOi.

$E_{\text{levert } W,b,NO_i}$ er årlig levert energi til oppvarming av varmt tappevann i bygg i bygningskategori b i region NOi.

Som vist i Formel 1 beregnes levert energi ved hjelp av netto energibehov og en systemvirkningsgrad for systemet. På samme måte er levert energi til hvert formål i byggene produktet av netto spesifikt energibehov og bygningsarealet dividert på systemvirkningsgraden. Byggene i hver bygningskategori er inndelt i ulike aldersgrupper som vist i avsnitt 4.1.3. Totalt årlig energiforbruk til formålet «belysning» for hver bygningskategori i hver region, er produktet av netto energibehov til belysning til byggene i de ulike aldersgruppene og andel av byggene i hver aldersgruppe, multiplisert med bygningsarealet for bygningskategorien og andelen av befolkningen bosatt i regionen, som vist i Formel 14.

Formel 14

$$E_{\text{levert } l,b,NO_i} = \sum_s (a_{s,b} \cdot E_{l,nd,b,s}) \cdot A_{\text{total},b} \cdot p_{NO_i}$$

Der

$a_{s,b}$ er andelen av arealet for bygningskategori b som er av aldersgruppe s.

$s \in [\text{eldre bygg, TEK7-TEK10e, TEK7-TEK10n, TEK 15, TEK 20}]$.

$E_{l,nd,b,s}$ er netto spesifikt energibehov til belysning for bygningskategori b av standard s oppgitt i kWh/m²år.

$A_{\text{total},b}$ er totalt areal for bygningskategori b oppgitt i m².

p_{NO_i} er andelen av befolkningen bosatt i region NOi.

Levert energi til vifter og pumper, og elektrisk utstyr for hver bygg i hver bygningskategori i region i beregnes på samme måte som for belysning, og er vist i henholdsvis Formel 15 og Formel 16.

Formel 15

$$E_{\text{levert fanp},b,NO_i} = \sum_s^S (a_{s,b} \cdot E_{\text{fanp},nd,b,s}) \cdot A_{\text{totalt},b} \cdot p_{NO_i}$$

Der

$E_{\text{fanp},nd,b,s}$ er netto spesifikt energibehov til vifter og pumper for bygningskategori b av standard s oppgitt i kWh/m²år.

Formel 16

$$E_{\text{levert eq},NO_i} = \sum_s^S (a_{s,b} \cdot E_{\text{eq},nd,b,s}) \cdot A_{\text{totalt},b} \cdot p_{NO_i}$$

Der $E_{\text{eq},nd,b,s}$ er netto spesifikt energibehov til elektrisk utstyr for bygningskategori b av standard s oppgitt i kWh/m²år

Levert energi for kjøling avhenger totalt netto energibehov til kjøling samt andel av kjølebehovet dekkes med de ulike kjøleteknologiene i modellen som vist i Formel 17.

Formel 17

$$E_{\text{levert c},b,NO_i} = \sum_s^S \left(a_{s,b} \cdot E_{c,nd,b,s} \sum_t^T \frac{T_{c,t,s,b}}{\eta_{c,t,b}} \right) \cdot A_{\text{totalt},b} \cdot p_{NO_i}$$

Der

$E_{c,nd,b,s}$ er netto spesifikt energibehov til kjøling av bygg av bygningskategori b og standard s oppgitt i kWh/m²år.

$\eta_{c,t,b}$ er årsgjennomsnittlig kjølefaktor for kjøleteknologi t.

$T_{c,t,s,b}$ er andelen av det oppvarmede bygningarealet for bygg av bygningskategori b og standard s som benytter kjøleteknologi t til rom- og ventilasjonskjøling.

Levert energi til oppvarming av varmt tappevann avhenger av det totale netto energibehovet og oppvarmingsteknologiene benyttet, og beregnes som vist i Formel 18.

Formel 18

$$E_{\text{levert w},b,NO_i} = \sum_s^S \left(a_{s,b} \cdot E_{w,nd,b,s} \sum_t^T \frac{T_{w,t,s,b}}{\eta_{w,t,b}} \right) \cdot A_{\text{totalt},b} \cdot p_{NO_i}$$

Der

$E_{w,nd,b,s}$ er netto spesifikt energibehov til oppvarming av varmt tappevann i bygg av bygningskategori b og standard s oppgitt i kWh/m²år.

$T_{W,t,s,b}$ er andelen av det oppvarmede bygningarealet for bygg av bygningskategori b og standard s som benytter oppvarmingsteknologi t til oppvarming av varmt tappevann.

$\eta_{W,t,b}$ er årsgjennomsnittlig produksjonsvarmefaktor eller virkningsgrad for oppvarmingsteknologi t benyttet i bygningskategori b til oppvarming av varmt tappevann.

Levert energi til oppvarming rom og ventilasjonsvarme beregnes på samme måte som levert energi til oppvarming av tappevann, men er justert med en temperaturfaktor for hver region, som vist i Formel 19.

Formel 19

$$E_{\text{levert } H,b,NO_i} = \sum_s \left(a_{s,b} \cdot E_{H,nd,b,s} \sum_t \frac{T_{H,t,s,b}}{\eta_{H,t,b}} \right) \cdot A_{\text{totalt},b} \cdot k_{NO_i} \cdot p_{NO_i}$$

Der

$E_{H,nd,b,s}$ er netto spesifikt energibehov til oppvarming av rom og ventilasjonsluft i bygg av bygningskategori b og standard s oppgitt i kWh/m²år.

$T_{H,t,s,b}$ er andelen av det oppvarmede bygningarealet for bygg av bygningskategori b og standard s som benytter oppvarmingsteknologi t til oppvarming av rom og ventilasjonsluft.

$\eta_{H,t,b}$ er årsgjennomsnittlig produksjonsvarmefaktor eller virkningsgrad for oppvarmingsteknologi t benyttet i bygningskategori b til oppvarming av rom og ventilasjonsluft.

k_{NO_i} er en faktor for å korrigere netto energiforbruk til oppvarming av rom og ventilasjonsvarme i region NO_i (der i er mellom 1 og 5) etter temperatur.

Som vist i 4.1.6 vil levert energi til byggene være knyttet til en energivare. Totale utslipp for hele landet er produktet av det totale forbruket av energivarer målt i levert energi og utslippsfaktoren knyttet til energivaren, som vist i Formel 20.

Formel 20

$$m_{CO_2} = \sum (E_{\text{levert ,totalt},v} C_{\text{del},v})$$

Der

m_{CO_2} er vekten av utslipp målt i CO₂-ekvivalenter, oppgitt i kg.

$E_{\text{levert ,totalt},v}$ er levert energi med energivare v oppgitt i MWh. v ∈ [elektrisitet, olje, naturgass, bio, ved, fjernvarme, annet].

$C_{\text{del},v}$ er CO₂-faktor for energivare i oppgitt i kg/MWh.

4.3 Kalibrering

Energivarebalansen (SSB, 2015a) for Norge gis ut av SSB hvert år og inneholder en oversikt over alt innenlandsk forbruk av energivarer som benyttes som industrivarer og i energiproduksjon i Norge. Energivarebalansen er sortert etter sektor og bransje. Dokka, et al (2011) har vurdert energivarebalansen til SSB til å gi god statistikk for energiforbruk i boliger, men at statistikken for energiforbruket i næringsbyggene er mer usikker. På bakgrunn av dette har det blitt det valgt å kalibrere det modellerte energiforbruket i husholdningene mot energivarebalansen, mens det modellerte energiforbruket i yrkesbygg har blitt kalibrert mot både energivarebalansen og målte verdier i yrkesbygg hentet fra NVE-rapporten «Energibruk i yrkesbygg» (Langseth et. al., 2016). For å kalibrere det modellerte energiforbruket mot energivarebalansen har energivarebalansen blitt temperaturkorrigert. Den temperaturkorrigerede energivarebalansen fra 2014 er vist Tabell 16.

	Fyringsolje/ fyringsparafin [GWh]	Ved/bio [GWh]	Gass [GWh]	Elektrisitet [GWh]	Fjernvarme [GWh]	Sum [GWh]
Husholdninger	997,3	4 970,1	50,8	38 172,3	1 115,0	45 305,6
Næringsbygg	1 987,5	476,6	498,8	25 037,7	3 440,4	31 440,9

Tabell 16: Temperaturkorrigert energivarebalanse for husholdninger (ekskludert fritidsboliger og husholdningsmaskiner) og næringsbygg (ekskludert tjenestemaskiner) i 2014. Temperaturkorrigerende av energivarebalansen (SSB, 2015a) er vist i Vedlegg IX.

4.3.1 Kalibrering av energibruk i husholdninger

En sammenligning av rapportert energiforbruk i husholdningene fra energivarebalansen i 2014 (ekskludert energiforbruk i fritidsboliger og husholdningsmaskiner), og det totale modellerte energiforbruket til husholdningene før og etter kalibrering er vist i Tabell 17.

Før kalibrering var det totale modellerte energiforbruket i husholdningene 120 GWh for høyt i forhold til rapportert energiforbruk i energivarebalansen. Det modellerte forbruket av gass, fyringsolje, ved og bio var for lavt i forhold til energivarebalansen, mens det modellerte forbruket av fjernvarme og elektrisitet var for høyt. Dette var som forventet ettersom den totale andelen av oppvarmingsbehovet som dekkes av andre teknologier enn elektrisitet, ved og olje ble satt til fjernvarme før kalibrering som vist i avsnitt 4.1.6.2. Dette ble justert ved å korrigere ned andelen av energibehovet til oppvarming som ble dekket av fjernvarme og elektrisitet i basisåret i modellen, og ved å justere opp andelen av energibehovet som ble dekket av olje (kun i «eldre»-bygg), gass og bio. Etter at denne justeringen hadde blitt utført økte den totale differansen mellom energiforbruket i modellen og energiforbruket i energivarebalansen. Årsaken til dette er at forbrenningsteknologier har lavere virkningsgrader enn fjernvarme og direkte elektrisitet/varmepumper, og at behovet for levert energi dermed øker med en økning i forbruk av forbrenningsvarer. Dette tyder på at husholdningene i modellen i utgangspunktet hadde et for høyt netto energibehov til oppvarming. Dette stemmer overens med studiene presentert i 2.2 der det er vist at eldre bygg (med høyt forventet energibruk) oftere bruker mindre energi enn det som er beregnet. Netto oppvarmingsbehov i småhusene og boligblokkene i gruppen «eldre» ble derfor justert ned til 97,9 % av opprinnelig behov.

Etter kalibrering har differansen mellom totalt modellert energiforbruk i husholdningene og Energivarebalansen blitt 5,9 GWh, med et avvik for hver av energivarene på mindre enn 2 %.

Spesifikt netto formålsdelt energibehov for hver av bygningskategoriene og aldersgruppene etter kalibrering er vist i Vedlegg IV B. Andelen av oppvarmingsbehovet til rom- og ventilasjonsvarme og

varmt tappevann som dekkes av ulike oppvarmingsteknologier etter kalibrering er vist i Vedlegg V G - H

	Fyringsolje/ fyringsparafin [GWh]	Ved/bio [GWh]	Gass [GWh]	Elektrisitet [GWh]	Fjernvarme [GWh]	Sum [GWh]
Energivarebalansen (EVB)	997,3	4 970,1	50,8	38 172,3	1 115,0	45 305,6
Modell	796,6	3 694,4	0,0	38 594,7	2 376,6	45 462,3
Differanse modell-EVB	-200,9	-1 312,0	-50,8	422,4	1 261,6	120,2
Modell kalibrert	993,5	4 940,5	50,2	38 207,9	1 119,4	45 311,5
Differanse modell(kalibrert)-EVB	-4,0	-29,5	-0,6	35,6	4,4	5,9

Tabell 17: Den temperaturkorrigerede energivarebalansen for forbruk i husholdningene (ekskludert energi til fritidsboliger og husholdningsmaskiner, (SSB, 2014b)) sammenlignet med forbruk av energivarer i modellen før og etter kalibrering i basisåret 2014.

4.3.2 Kalibrering av energibruk i yrkesbygg

En sammenligning av rapportert energiforbruk i næringsbyggene fra energivarebalansen i 2014 (ekskludert energiforbruk i maskiner), og det totale modellerte energiforbruket til næringsbygg før og etter kalibrering er vist i Tabell 18.

Å kalibrere det modellerte energiforbruket i næringsbygg mot kun energivarebalansen er krevende. Ikke bare er datakvaliteten i energivarebalansen for yrkesbygg og industribygg vurdert til å være usikker av Dokka, et al (2011), men underkategoriseringen av tjenesteytende sektor i energivarebalansen er vag, og det er usikkert i hvilken grad energiforbruk i bygningskategorien «lett industri og verksteder» regnes med som tjenesteyting eller industri, utifra kategoriseringen i energivarebalansen. Ved å sette arealet for gruppen «lett industri og verksteder» likt beregnet areal for bygningsgruppen fra (Enova, 2016) ble energiforbruket i modellen alt for stort i forhold til energivarebalansen. For at energiforbruket i modellen skulle være på samme nivå som energivarebalansen ble 67 % av det beregnede arealet for «lett industri og verksteder» inkludert i modellen.

	Fyringsolje/ fyringsparafin [GWh]	Ved/bio [GWh]	Gass [GWh]	Elektrisitet [GWh]	Fjernvarme [GWh]	Sum [GWh]
Energivarebalansen (EVB)	1 987,5	476,6	498,8	25 037,7	3 440,4	31 440,9
Modell	985,9	323,1	345,8	22 002,6	5 414,5	29 071,8
Differanse modell-EVB	-1 001,6	-153,5	-153,0	-3 035,1	1 974,1	-2 369,1
Modell kalibrert	1 977,9	472,1	475,3	25 041,0	3 446,2	31 412,5
Differanse modell(kalibrert)-EVB	-9,6	-4,5	-23,5	3,3	5,8	-28,4

Tabell 18: Den temperaturkorrigerede energivarebalansen for forbruk i tjenesteytende sektor (ekskludert energi tjenestemaskiner (SSB, 2014b)) sammenlignet med forbruk av energivarer i modellen før og etter kalibrering i basisåret 2014.

På grunn av usikkerhetene i energivarebalansen for tjenesteytende sektor har det modellerte energiforbruket i tjenesteytende sektor blitt modellert mot både Energivarebalansen og målte verdier for formålsfordelt energiforbruk i yrkesbygg. En sammenligning av modellert gjennomsnittlig spesifikt energibehov og energiforbruk for hver av bygningskategoriene, og målt spesifikt energiforbruk for de samme bygningskategoriene er vist i Figur 25.

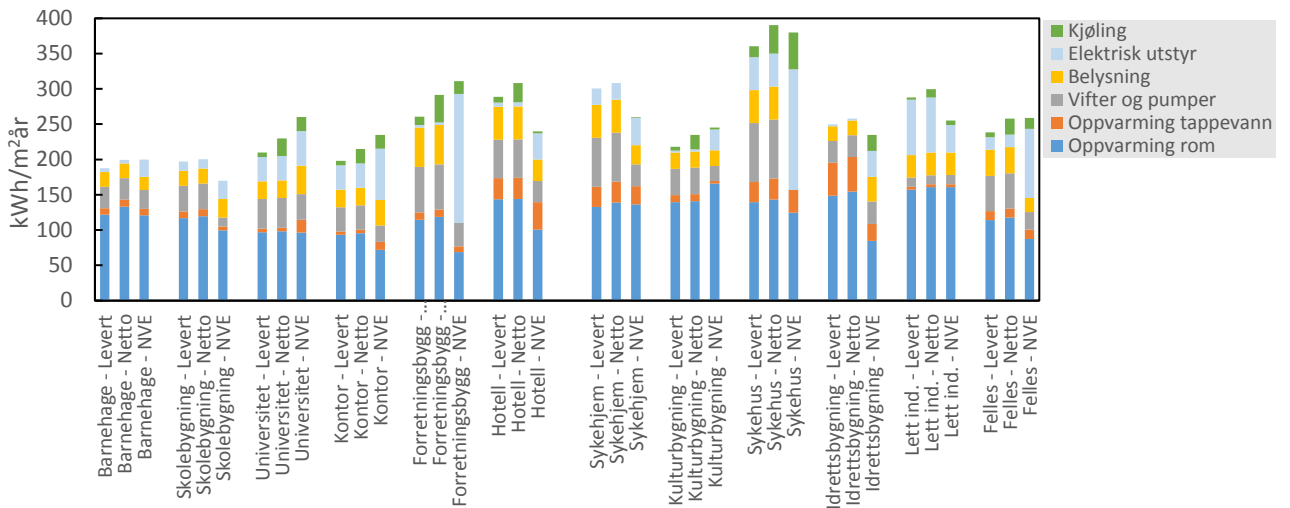
Det ble valgt å ikke kalibrere modellert spesifikt energibehov i idrettsbyggene mot målte verdier, da den målte formålsfordelingen i studien er basert på et gjennomsnitt av fem veldig forskjellige idrettsbygg med svært ulik formålsdeling og energiforbruk (svømmehall, skatepark, to flerrukshaller og en ishall), og det er usikkert hvorvidt dette er et representativt gjennomsnittet av idrettsbygg i Norge. For bygningskategorien «hotell» ble kun spesifikt energibehov til kjøling kalibrert mot målte verdier, til tross for at det modellerte spesifikke energiforbruket er høyere enn det målte spesifikke energiforbruket fra Langseth et. al (2016). Dette ble gjort fordi «hotell» er oppført som en egen post i energivarebalansen, og energiforbruket til «hotell» i energivarabalansen er høyere enn det modellerte energiforbruket til «hotell». Det ble dermed vurdert som usikkert hvorvidt det er ville gi best resultater å kalibrere energiforbruket til bygningskategorien «hotell» mot målte verdier fra Langseth et. al. (2016) eller mot energiforbruket i energivarebalansen.

For de øvrige bygningskategoriene i modellen der modellert levert energi til «oppvarming av rom og ventilasjonsluft» var høyere enn de målte verdiene for levert energi til «oppvarming til rom og ventilasjonsluft» ble netto energibehov til formålet nedjustert for aldersgruppen «eldre». Denne justeringen ble kun utført for eldre bygg da det er vist i 2.2 at eldre bygg som regel bruker mindre energi til oppvarming enn prosjektert, mens nye bygg bruker mer. Ved justering av elspesifikt forbruk ble kun «elektrisk utstyr» kalibrert. Dette ble gjort fordi det er få bygg som har formålsdelt måleutstyr for elektrisk forbruk, og at det derfor ikke har vært mulig å skille ut de ulike elspesifikke formålene fra elektrisitetsforbruket i studiene av Langseth et. al (2016).

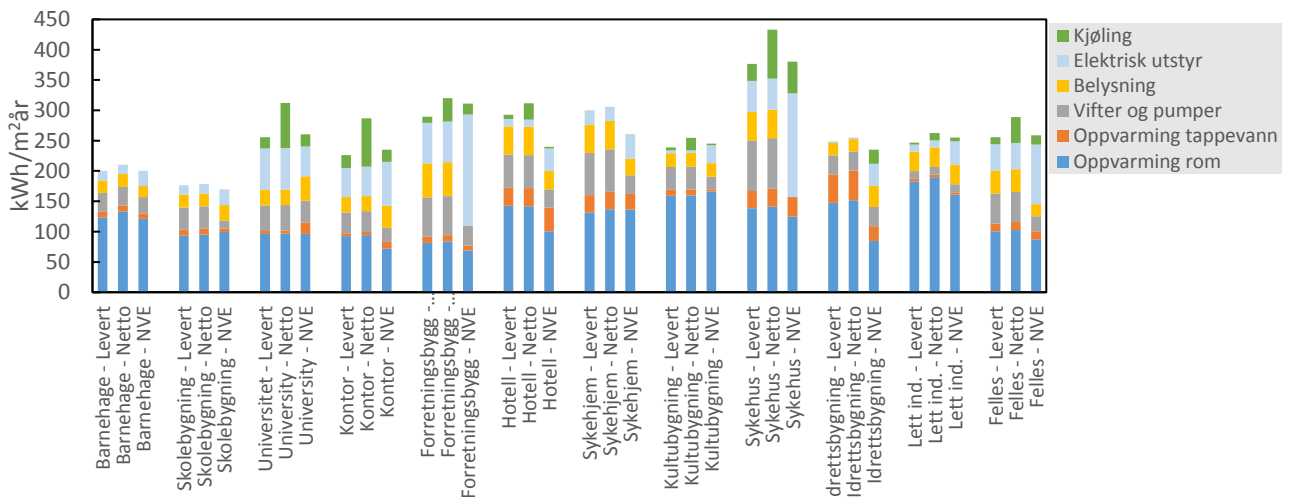
I noen av byggene var modellert levert energi til kjøling mye lavere enn målt energiforbruk til kjøling. Årsaken til dette kan ha vært at kjølefaktoren for kjølemaskinene er for høy, at andelen av kjølebehovet som dekkes av fjernkjøling i modellen var for lav, eller at modellert netto kjølebehov i modellen var for lavt. Kun netto behov til kjøling ble dog kalibrert.

I tillegg til at netto formålsdelt energibehov ble justert var det også behov for å justere andelene av oppvarmingsbehovet som ble dekket av de ulike oppvarmingsteknologiene. I likhet med for boliger var forbruket av fjernvarme i modellen for høyt sammenlignet med energivarebalansen før kalibrering, mens forbruket av de øvrige energivarene var for lavt. På grunn av dette ble andelene av oppvarmingsbehovet som ble dekket av fjernvarme justert ned for noen av bygningskategoriene, mens andelene som ble dekket av de øvrige teknologiene ble justert opp.

Kalibreringen av netto energibehov førte til at det resulterende gjennomsnittlige netto formålsdelte energibehovet og energiforbruket i hver av bygningskategoriene har blitt kalibrert til verdiene vist i Figur 26. Det resulterende spesifikke formålsdelt energibehovet for hver av bygningskategoriene og aldersgruppene etter kalibreringen er vist i Vedlegg IV B. Andelene av oppvarmingsbehovet til rom- og ventilasjonsvarme og varmt tappevann som dekkes av ulike oppvarmingsteknologier etter kalibrering er vist i Vedlegg V G – H.



Figur 25: Sammenligning av gjennomsnittlig formålsdelt energiforbruk og energibehov til hver av bygningskategoriene i modellen i basisåret FØR kalibrering og målte verdier fra Langseth (2016). Her er de målte verdiene i rapporten til Langseth et. al. Merket som «NVE», mens spesifikt netto energibehov fra modellen er merket som «netto» og spesifikt levert energi fra modellen er merket som «levert». Gruppen «Felles» er det arealvæktede snittet for alle bygningskategoriene (foruten lett industri og verksteder).



Figur 26: Sammenligning av gjennomsnittlig formålsdelt energiforbruk og energibehov til hver av bygningskategoriene i modellen i basisåret ETTER kalibrering og målte verdier fra Langseth (2016). Her er de målte verdiene i rapporten til Langseth et. al. Merket som «NVE», mens spesifikt netto energibehov fra modellen er merket som «netto» og spesifikt levert energi fra modellen er merket som «levert». Gruppen «Felles» er det arealvæktede snittet for alle bygningskategoriene (foruten lett industri og verksteder).

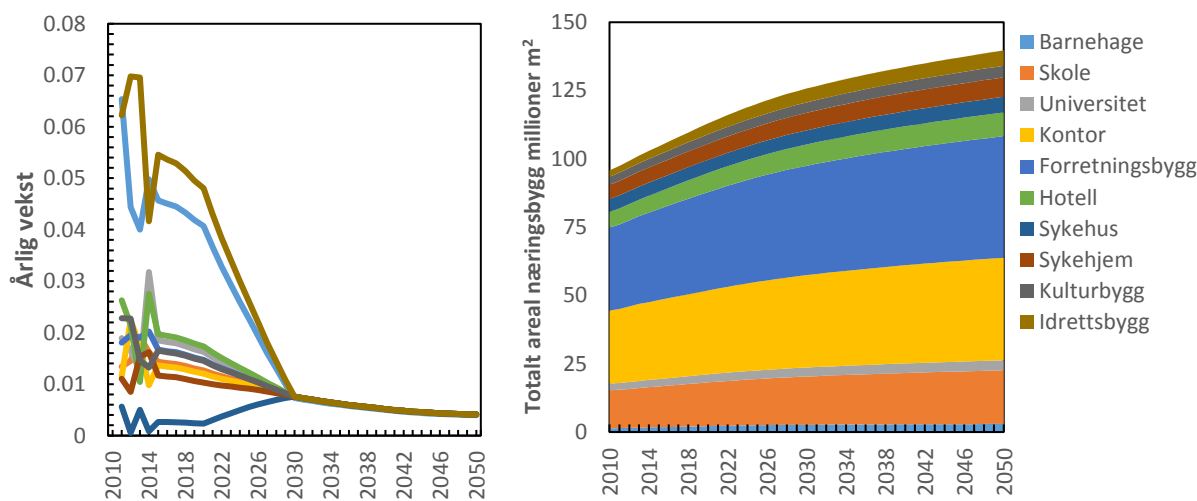
4.4 Scenarioer

Som vist i 4.2 drives utviklingen i energibehovet og energiforbruket i modellen frem av utviklingen av modellens aktivitet – bygningsarealet - og modellens intensitet - spesifikt energibehov/energiforbruk. Som vist i litteraturstudien vil det være en rekke ulike drivere og indirekte drivere som påvirker utviklingen i intensiteten og aktiviteten. På grunn av modellens kompleksitet og oppgavens tidsbegrensning har dog det ikke latt seg gjøre å identifisere og modellere alle de viktigste driverne for utvikling i energibehov og energiforbruk for hver av bygningskategoriene, eller relasjonen mellom disse driverne. Det har derfor blitt valgt å utføre framskrivningene i modellen i tre hovedscenarioer der aktivitetsutviklingen er lik for alle scenarioene, mens intensitetsutviklingen har blitt drevet av utvikling i ulike direkte drivere og mekanismer i hvert av scenarioene. Hvordan aktivitetsutviklingen og intensitetsutviklingen for hver av scenarioene i modellen har blitt bestemt er presentert i de følgende avsnittene.

4.4.1 Aktivitetsutvikling

For å kunne sammenligne tiltak og virkemidler i de ulike scenarioene har det blitt valgt at aktivitetsutviklingen, eller utviklingen i bygningsmassens areal, vil være lik for alle scenarioene i modellen. Framskrivningen av totalt bygningsareal, hvor store andeler av arealet aldersgruppene utgjør, og hvor mye av arealet som er rehabilitert gjennom simuleringsperioden har blitt hentet fra NVEs modell for framskrivning av bygningsarealet (Langseth, 2016).

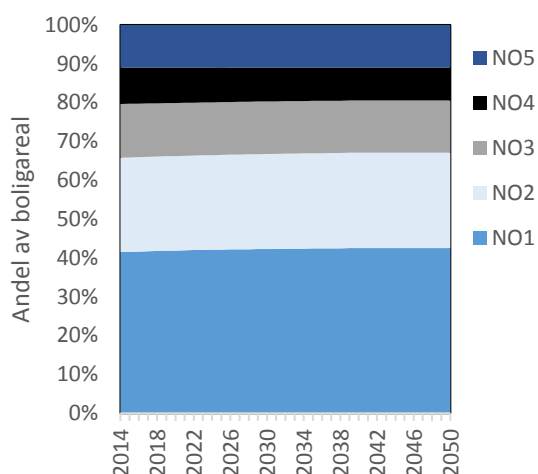
De viktigste direkte driverne for utvikling av bygningsarealet i modellen er befolkningsveksten og historisk vekst. Utvikling i husholdningsstørrelsen og andelen av befolkningen som er bosatt i boligblokker og småhus har blitt hentet fra framskrivningene Sandberg, et. al. (2016) beskrevet i 2.4.1.3 og 2.4.1.4. Det har forenklet blitt antatt at 100 % av befolkningen er bosatt i private husholdninger, og at dette ikke vil endre seg over perioden. Veksten i arealet for hver av bygningskategoriene har blitt bestemt av rivingsratene og nybyggingsratene beskrevet i avsnitt 4.1.4. Unntaket er veksten i arealet for bygningskategorien «Lett industri, verksteder» som ikke er fremskrevet i NVEs arealutviklingsmodell. For denne gruppen har det blitt antatt at arealet vil vokse i takt med befolkningsveksten. Disse faktorene vil sammen bidra til en positiv vekst i hele simuleringsperioden for alle bygningskategorier som vist i Figur 27a. Den positive veksten vil føre til at det totale modellerte boligarealet vil øke fra 267,8 millioner m² i 2014 til 380 millioner m² i 2050, og at arealet for næringsbyggene vil vokse som vist i Figur 27b. Den framskrevne utviklingen i arealet for hver av bygningskategoriene i modellen er oppsummert i Vedlegg X.



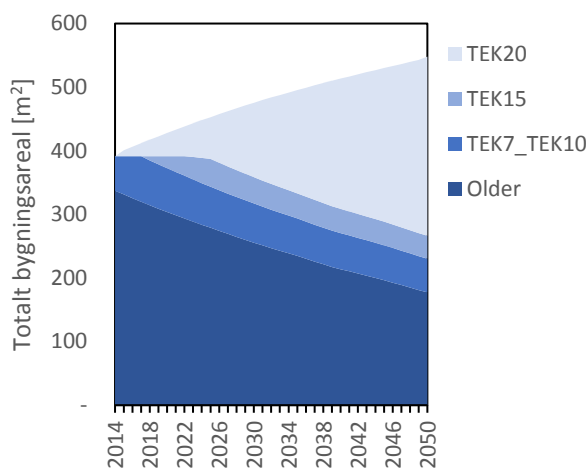
(a)

(b)

Figur 27a og b: Årlig vekst i bygningsareal (a) og samlet utvikling i totalt bygningsareal for simuleringsperioden (b) for hver av bygningskategoriene av yrkesbygg. (Langseth, Modell for framskrivning av bygningsareal i hver bygningskategori basert på Enovas potensial og barrierestudie., 2016)



Figur 28: Andel av totalt bygningsareal er lokalisert i hver av de fem regionene i modellen over simuleringsperioden. Basert på utvikling beskrevet i avsnitt 2.4.3.



Figur 29: Utvikling i totalt bygningsareal i modellen fordelt på aldersgrupperne.

Andelene av bygningsarealet som er lokalisert i hver av regionene har blitt bestemt av andelen av befolkningen som er bosatt i hver av regionene (basert på utviklingen beskrevet i 2.4.3), som vist i Figur 28 Tabell 27. I løpet av perioden vil bygningsarealet i region NO1 og NO2 vokse raskere enn de øvrige regionene. Dette gjør at andelen av det totale bygningsarealet som er lokalisert i NO1 og NO2 vil vokse, mens andelene i de andre regionene vil synke noe.

Utviklingen i alderssammensetningen av bygningsmassen har blitt bestemt av NVEs modell for framskriving av bygningsmassens areal.

Alderssammensetningen av bygningsmassen vil være ulik for hver av bygningskategoriene gjennom simuleringsperioden, men felles for alle kategorier er det at ettersom eldre bygg rives og nye bygg oppføres vil eldre bygg utgjøre en stadig mindre andel av bygningsmassen, mens nye bygg utgjør en stadig større. Utviklingen i det totale bygningsarealet fordelt på de ulike aldersgruppene er vist i Figur 29. Frem mot 2050 vil aldersgruppen «TEK 20», som inkluderer alle bygg oppført etter 2023, utgjøre en stadig større andel av bygningsarealet.

4.4.2 Intensitetsutvikling

Det er har blitt bygget opp tre hovedscenarier i modellen for utviklingen i energiintensiteten (spesifikt energibehov og energiforbruk). I praksis kommer endringen i spesifikt energibehov og energiforbruk i bygningsmassen til å påvirkes av en rekke ulike drivere i perioden 2014-2050. Modellen har dog en såpass detaljert oppbygning når det gjelder representasjon av bygningskategorier og aldersgrupper at modellen vil bli for kompleks dersom utviklingen i for mange drivere skal modelleres. Det har derfor blitt valgt å formulere scenarioene og utviklingen i energibehovet og energiforbruket ved hjelp av utvikling i tre ulike scenariomekanismer. Disse er:

1. *Valg av teknisk standard TEK 20*
Valg av teknisk forskrift i 2020, og dermed gjennomsnittlig netto formålsdelt energibehov for byggene i aldersgruppen «TEK 20»
2. *Energieffektivisering*
Vekstrate for endring i netto spesifikt energibehov i byggene gjennom rehabilitering og effektivisering.
3. *Valg av oppvarmingsystemer i byggene*
Endring i oppvarmingsystemer i eksisterende bygg og valg av oppvarmingsystem i nye bygg.

I scenarioene vil hver av mekanismene slå ut på enten lavt, referanse- eller høyt tiltaksnivå. De ulike tiltaksnivåene for hver av scenariomekanismene er kort beskrevet i Tabell 19.

Tiltaksnivå	Valg av teknisk standard TEK 20 SXX	Energieffektivisering X SX	Valg av oppvarmingsteknologier XXS
L - lavt	TEK 15 forblir standard for alle nye bygg ut simuleringsperioden.	Ingen endring i spesifikt netto energibehov i noen av bygningskategoriene eller aldersgruppene.	Ingen endring i oppvarmingsteknologier i eksisterende bygningsmasse etter startåret. Nye bygg benytter kun «direkte elektrisitet» til oppvarming.
R - referanse	Lavenergiklasse 2	Middels nivå på rehabilitering av bygningsmassen.	Olje fases ut som oppvarmingsteknologi i eksisterende bygg og erstattes av elektrisitet og varmepumper.
H - høyt	Nær nullenergibygg	Nesten alle bygg rehabiliteres til passivhusstandard i løpet av simuleringsperioden.	Olje og gass fases ut som oppvarmingsteknologier i eksisterende bygg og erstattes med varmepumper. I nye bygg dekkes nesten hele oppvarmingsbehovet av varmepumper.

Tabell 19: Oppbygning av scenarioene bestemmes av tre ulike scenariomekanismer: valg av teknisk standard for TEK 20, energieffektivisering og valg av oppvarmingsystem.

Scenarioene i modellen har blitt navngitt etter tiltaksnivåene for hver av scenariomekanismene. Scenarioet «LRH» vil for eksempel ha lavt tiltaksnivå for valg av TEK 20, referansetiltaksnivå for energieffektivisering og høyt tiltaksnivå for valg av oppvarmingsteknologier. De tre hovedscenarier som har blitt konstruert i modellen er: Referansescenarioet (RRR) der alle mekanismene er på referansenivå, lavtiltaksscenarioet (LLL) der alle mekanismene er på lavtiltaksnivå og høyttiltaksscenarioet (HHH) der alle mekanismene er på høyttiltaksnivå. I de følgende avsnittene er hver av hovedscenarioene mer detaljert beskrevet.

4.4.3 Referansescenarioet (RRR)

I referansescenarioet har utviklingen i energiintensiteten blitt bestemt av vedtatt politikk og hva som er vurdert til å være sannsynlig utvikling i energieffektivisering. Tiltaksnivået for hver av scenariomekanismene er på referansenivå.

Valg av teknisk bygningsstandard i TEK 20 – Referansenivå (R)
Lavenergibygg klasse 2 velges som teknisk standard i TEK20

I referansenivået for mekanismen «valg av teknisk bygningsstandard i 2020» har det blitt valgt at lavenergibygg klasse 2 skal innføres som ny teknisk standard for bygg fra 2020. Det er vedtatt at Norge skal innføre nær nullenergibygg som ny teknisk standard fra 2020 (Det kongelige miljøverndepartement, 2011-2012), men det er usikkert hvordan nær nullenergibygg vil defineres i Norge og om det vil foreligge krav til lokal energiproduksjon i byggene i standarden. Det har blitt valgt et såpass konservativt nivå på teknisk standard for TEK 20 i referansealternativet da passivhusstandarden ikke ble valgt et ved innføring av ny teknisk standard TEK 15 til tross for at det i bygningsenergidirektivet av 2010 ble bestemt at passivhusstandarden skulle innføres som ny teknisk standard (The European Parliament and the Council of the European Union, 2003). Resulterende spesifikt formålsdelt energibehov for hver av bygningskategoriene i aldersgruppen «TEK 20» i året standarden innføres er vist i Vedlegg IV B.

Energieffektivisering – Referansenivå (R)

I referansescenarioet for energieffektivisering vil byggene rehabiliteres på middels nivå. I NVEs modell for framskriving av bygningsmassens areal er det lagt inn en rate for når byggene gjennomfører ENØK-tiltak og rehabiliteringstiltak. Byggene vil i løpet av sin levetid undergå ENØK-tiltak og/eller bli rehabilitert maksimalt en gang. I noen bygg vil det aldri gjennomføres energieffektiviserende tiltak. Når det gjennomføres ENØK-tiltak eller rehabilitering i byggene i modellen vil energibehovet til oppvarming i byggene reduseres med henholdsvis 7 % og 15% i forhold til byggets opprinnelige energibehov. Dersom det både gjennomføres ENØK-tiltak og rehabilitering i et bygg vil energibehovet reduseres med 20 %. Sammensetningen av i aldersgruppene «eldre» og «TEK7-TEK10» vil endres over simuleringsperioden ettersom de eldste og mindre energieffektive byggene i gruppene rives før de yngste. Dette fører til en naturlig energieffektivisering av bygningsmassen i disse aldersgruppene.

For elektrisk utstyr er det enighet om at omfanget av elektrisk utstyr i flere av bygningskategoriene sannsynligvis vil øke i årene som kommer, men at disse apparatene vil bli mer energieffektive enn de er i dag. Det er derimot usikkert hvilken av disse trendene som vil ha størst påvirkning på energiforbruket. I analysen av trender og drivere for kontorbygg er det forventet at energibruken til elektrisk utstyr vil flate ut (NVE, 2013), som i prinsippet betyr en reduksjon i spesifikt forbruk for elektrisk utstyr ettersom kontorarealet er forventet å stige som sett i 3.4.1. I husholdningene og forretningsbyggene er det forventet at omfanget av hvitevare øke. Energieffektiviseringspotensialet i hvitevarer er dog vurdert å være stort, og det er dermed forventet et noe redusert forbruk i energibruk til i husholdningene (Hill, Simonsen, & Aall, 2011) (NVE, 2014a). I undervisningsbygg er det forventet en økning i energibruk til elektrisk utstyr (NVE, 2014b). For de øvrige bygningskategoriene er det usikkert om omfanget av elektrisk utstyr eller energieffektiviseringen av utstyret vil ha størst påvirkning på energiforbruket. På grunn usikkerheten i økningen i omfanget av utstyr og energibesparelspotensialet, har det blitt antatt at for alle scenarioene at det ikke vil skje noen endring i spesifikk energibruk til elektrisk utstyr over simuleringsperioden. Det har også blitt antatt at ikke være noen endring i netto oppvarmingsbehov til tappevann da tappevannsforbruket vil være konstant over simuleringsperioden. Det har også blitt antatt

at det ikke bli noen endring i energibehovet til vifter, pumper og kjøling i eksisterende bygningsmasse. For å oppnå større reduksjoner i energibehovet til ventilasjon og kjøling kreves det å gjøre store restaureringer i ventilasjonsanlegget, som er veldig dyrt og arbeidskrevende, og det skjer dermed ingen energieffektivisering av ventilasjonsanleggene i eksisterende bygg i referansescenarioet (Sandberg, Sartori, & Brattebø, 2014).

Potensialet i å redusere energiforbruket til belysning har blitt antatt å være stort. Sannsynligvis vil ikke lysbehovet øke mer i byggene, men med utvikling av nye teknologier (som LED og høyeffektive lysstoffrør) og styringssystemer for belysning vil energibehovet til belysning reduseres. I referansescenarioet vil dermed energibehovet til belysning i aldersgruppene «TEK10_TEK7» og «eldre» gå mot energiforbruket i TEK 15 bygg frem mot 2023 som tilsvarer en reduksjon på totalt på 20 % i energibehov til belysning. Videre har det blitt antatt at energibehovet i belysning vil reduseres til halvparten av 2023-nivå mot 2050 grunnet teknologiutvikling.

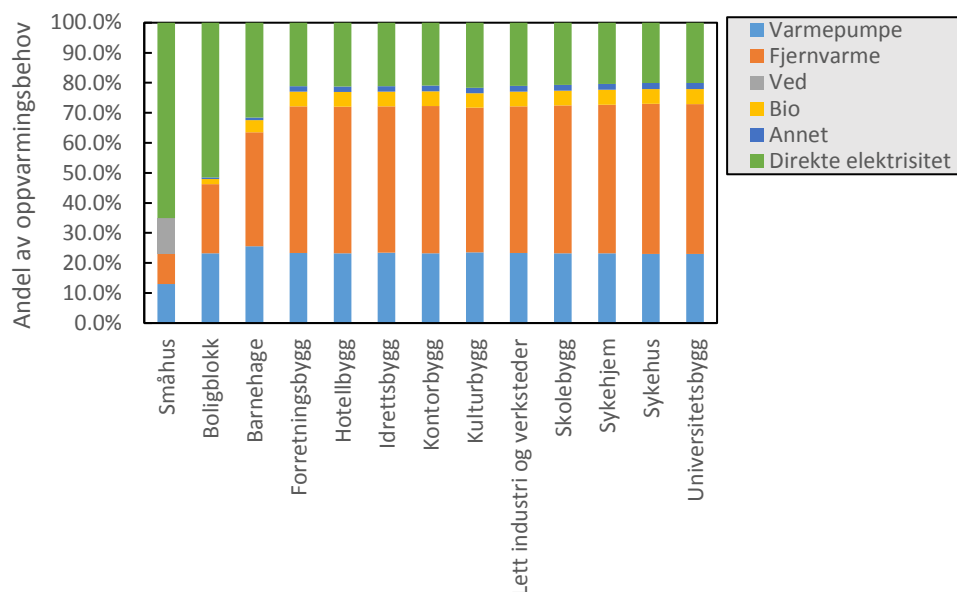
Valg av oppvarmingssystem – Referansenivå (R) *Utfasing av oljekjel i 2020*

For framskrivning av energiforbruk i bygningsmassen bør det gjøres økonomiske optimeringsanalyser av hvilke oppvarmingssystemer som vil velges i fremtiden. Modellen utviklet i denne oppgaven er først og fremst en energibehovsmodell. Det har dog blitt inkludert tre alternativer for scenariomekanismen «valg av oppvarmingsteknologi» i modellen for å illustrere mulig utvikling i energiforbruket. Kun eksisterende teknologier har blitt vurdert som valgmuligheter for oppvarmingsteknologier i fremtiden.

For valg av oppvarmingssystem i eksisterende bygningsmasse på referansenivået har det blitt tatt utgangspunkt i at Miljødirektoratets tiltak for å redusere klimagassutslipp fra byggsektoren; «*Utfasing av oljefyring i boliger og som grunnlast i yrkesbygg*» og «*Utfasing av oljefyring som spisslast i yrkesbygg*» (Miljødirektoratet, 2015) oppfylles. Dette tiltaket har også blitt fremmet av regjeringen blant annet i Energimeldingen (Meld St. 25, 2015-2016). Scenarioet innebærer at all oppvarming med olje- og parafinfyrr i eksisterende bygningsmasse fases ut mot 2020 og at 40 % av det energibehovet som tidligere ble dekket av oljefyr i byggene vil bli dekket av varmepumpe, mens det øvrige behovet vil bli dekket av direkte elektrisitet.

For nye bygg i aldersgruppene «TEK15» og «TEK20» har valget av oppvarmingssystem blitt basert på beregninger fra Magnussen (2015) for å se hvilke oppvarmingssystemer som vil bli valgt i byggene ved innføring av TEK10:16 som ny bygningsstandard med krav til fleksibelt oppvarmingssystem for yrkesbygg over 1000 m², samt beregninger fra energimerkedatabasen (Energimerkesystemet, 2016). De beregnede andelene av oppvarmingsbehovet som dekkes av de ulike oppvarmingsteknologiene i byggene som tilhører aldersgruppene «TEK 15» og «TEK 20» i referansescenarioet er vist i Figur 30.

Varmepumpene i nye bygg vil også ha samme fordeling mellom de ulike typene som for eksisterende bygg som beregnet i avsnitt 4.1.6.3, men det har blitt antatt at varmepumpene i nye bygg vil ha 10 % høyere COP en varmepumpene i eksisterende bygg grunnet nyere teknologi.



Figur 30: Beregnet andel av totalt oppvarmingsbehov i bygg som tilhører aldersgruppene «TEK 15» og «TEK 10» som vil dekkes av ulike oppvarmingsteknologier beregnet basert på (Magnussen, 2015) og (Energimerkesystemet, 2016)

4.4.4 Lavtiltaksscenarioet (LLL)

I lavtiltaksscenarioet (LLL) har alle scenariomekanismene blitt satt til lavt nivå slik at den aktive energieffektiviseringen av bygningsmassen stanser. Formålet med lavtiltaksscenarioet er å simulere det øvre ytterpunktet for energibruk i bygningsmassen som oppstår dersom aktivitetsutviklingen forblir den samme som for de øvrige scenarioene, men ingen tiltak iverksettes.

Valg av teknisk bygningsstandard i TEK 20 – Lavtiltaksnivå (L)

Teknisk standard for bygningers energibruk oppdateres ikke etter 2015

I lavtiltaksscenarioet innføres det ikke ny teknisk standard i 2020, men energikravene til nye bygg forblir som energikravene satt i TEK10:16 (TEK 15) ut simuleringsperioden.

Energieffektivisering – Lavtiltaksnivå (L)

Det skjer ingen energieffektivisering av bygningsmassen og teknologiene i byggene gjennom aktive tiltak (dvs gjennom rehabilitering, ENØK-tiltak, utskiftning av eksisterende systemer, endring i bruk og drift, installasjon av styringssystemer i eksisterende bygg etc.) i lavtiltaksscenarioet. Det vil dog forekomme naturlig energieffektivisering av bygningsmassen ettersom de eldste byggene i bygningsmassen rives, mens nyere bygg med lavere energibehov oppføres slik at bygningsmassens gjennomsnittlige energiytelse forbedres.

Valg av oppvarmingssystem – Lavtiltaksnivå (L)

Kun direkte elektrisitet i nye bygg, ingen endring i eksisterende bygg

For eksisterende bygningsmasse ved starten av simuleringen, det vil si bygg som tilhører aldersgruppene «Eldre» og «TEK7-TEK10», vil det ikke skje noen endringer i installerte oppvarmingsteknologier i løpet av simuleringen.

I alle nye bygg, det vil si bygg som tilhører aldersgruppene «TEK15» og «TEK20», vil det totale oppvarmingsbehovet dekkes av direkte elektrisitet.

4.4.5 Høytiltaksscenarioer (HHH)

I høytiltaksscenarioet (HHH) har alle scenariomekanismene blitt satt til høyt nivå slik at det maksimale potensialet for energieffektivisering av bygningsmassen oppnås. Høytiltaksscenarioet har blitt inkludert for å illustrere ytterpunktet for utvikling i reduksjon av energiforbruket i bygningsmassen dersom aktivitetsutviklingen blir som framskrevet for de øvrige scenarioene.

Valg av teknisk bygningsstandard i TEK 20 – Høytiltaksnivå (H)

Nær nullenergibygg velges som ny bygningsstandard i 2020

I scenarioet med høyt tiltaksnivå for fremtidig bygningsstandard har nær nullenergibygg blitt valgt som ny standard i 2020 i tråd med bygningsenergidirektivet 2010/31/EU. Det har blitt valgt å benytte definisjonen til Seljom et. al. (2016) for nær nullenergibygg som presentert i 2.5.5 i scenarioet. De har definert nær nullenergibygg som passivhus med lokal årlig solcelleproduksjon som tilsvarer byggets årlige energibehov til elspesifikke formål (belysning, elektrisk utstyr, vifter og pumper). Det vil si at lokal produksjon i fra solcellepaneler i hvert bygg må være så høy at energibalansen i Formel 21 oppnås.

Formel 21

$$(E_{eq,nd,b,passiv} + E_{fanp,nd,b,passiv} + E_{l,nd,b,passiv}) - E_{PV,b,passiv} = 0$$

Der

$E_{eq,nd,b,passiv}$ er årlig spesifikk netto energibehov til elektrisk utstyr i passivhus av bygningskategori b.

$E_{fanp,nd,b,passiv}$ er årlig spesifikk netto energibehov til vifter og pumper i passivhus av bygningskategori b.

$E_{l,nd,b,passiv}$ er årlig spesifikk netto energibehov til belysning i passivhus av bygningskategori b.

$E_{PV,b,passiv}$ er årlig spesifikk lokal elektrisitetsproduksjon ved solcellepaneler i passivhus i bygningskategori b.

Resulterende formålsdelt netto energibehov og produksjon for «TEK 20»-bygg i høytiltaksscenarioet er vist i Vedlegg IV B.

Energieffektivisering – Høytiltaksnivå (H)

Drastisk rehabilitering av bygningsmassen

I høytiltaksscenarioet vil det skje en drastisk rehabilitering av bygningsmassen for å illustrere det maksimale potensialet for energieffektivisering. For boliger i aldersgruppen «eldre» vil 50 % av arealet

rehabiliteres slik at energibehovet til oppvarming av rom og ventilasjonsluft blir på samme nivå som for passivhusstandarden innen 2050, mens det resterende arealet vil rehabiliteres med samme rate som i referansescenarioet. Alle yrkesbygg og nyere boliger rehabiliteres slik at energibehovet til oppvarming blir på samme nivå som for bygg konstruert etter passivhusstandarden frem mot 2050.

Ettersom bygningsmassen vil gjennomgå store renovasjoner har det også blitt antatt at det også ventilasjonssystemene i noen av yrkesbyggene i eksisterende bygningsmasse vil gjennomgå reovering, slik at spesifikt energibehov til vifter, pumper og kjøling i byggene som tilhører aldersgruppen «eldre» vil reduseres med 0,5 % årlig.

I likhet med i referansescenarioet vil energibehovet til belysning i eksisterende bygg i basisåret («TEK10_TEK7»- bygg og «eldre»- bygg) reduseres med totalt 20 % frem mot 2023 grunnet effektivisering og installasjon av styringssystemer. Etter dette vil energibehovet til belysning reduseres kraftig slik at det spesifikke energibehovet til belysning i byggene i 2050 er en tredjedel av energibehovet i 2050.

I likhet med i referansescenarioet har det blitt antatt at det ikke vil skje endringer i energibehovet til oppvarming av varmt tappevann eller elektrisk utstyr.

Valg av oppvarmingssystem – Høytiltaksnivå (H)

Utfasing av olje og gass i 2020. Oppvarming i nye bygg dekkes av varmepumper.

I høytiltaksscenarioet vil det totale energibehovet til oppvarming av varmt tappevann, og 90 % av energibehovet til oppvarming av rom og ventilasjonsluft i alle nye bygg som tilhører aldersgruppene «TEK 15» og «TEK 20» dekkes av varmepumper. Det øvrige energibehovet vil dekkes av direkte elektrisitet. I eksisterende bygg vil ikke bare olje, men også gass fases ut som oppvarmingsteknologier innen 2020. Det totale oppvarmingsbehovet i byggene som tidligere ble dekket av olje og gass vil bli dekket av varmepumper.

Det har blitt antatt at varmepumpene i nye bygg vil ha 10 % høyere COP en varmepumpene i eksisterende bygg grunnet nyere teknologi.

4.4.6 Framskrivning av energibehov til andre formål

Framskrivningen av energibehov til fritidsboliger og maskiner har blitt satt likt for alle scenarioene.

Det har blitt valgt å gjøre en forenklet antakelse om at fritidsboligenes popularitet vil holdes konstant og at arealet av fritidsboliger vil vokse i takt med befolkningsveksten i simuleringene. Det har også blitt antatt at det ikke vil være noen endringer i fordeling av energivarer i fritidsboligene gjennom simuleringsperioden.

For husholdningsmaskiner og tjenestemaskiner har det blitt antatt at forbruket i simuleringsårene vil være konstant gjennom simuleringsperioden, da det ikke er kjent hvilke teknologier som benytter drivstivstoffet oppgitt i Energivarebalansen og hvorvidt disse teknologiene vil være relevante i fremtiden.

5 Resultater

I dette kapittelet er resultatene fra framskrivinger av energibehov, energiforbruk og utslipp knyttet til energiforbruket i den Norske bygningsmassen frem mot 2050 presentert. Energiforbruket og energiforbruket i bygningene har blitt modellert og framskrevet ved hjelp av LEAP-modellen beskrevet i forrige kapittel. Framskrivingene av energibehovet og energiforbruket er utført for tre hovedscenarier: referansescenariet, lavtiltaksscenarioet og høytildaksscenarioet.

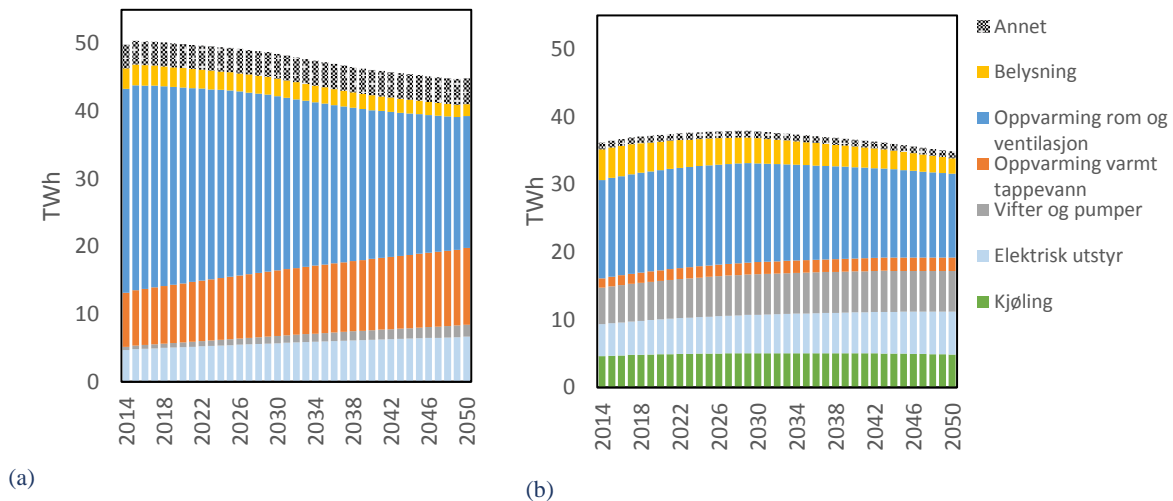
5.1 Resultater for referansescenarioet (RRR)

I referansescenarioet er utviklingen i energiintensiteten bestemt av vedtatt politikk og hva som er vurdert til å være sannsynlig utvikling i energieffektivisering av bygningsmassen. Tiltaksnivået for hver av scenariomekanismene i scenarioet er på referansenivå. Dette innebærer at all bruk av fyringsolje til oppvarming fases ut i perioden 2015-2020, at «lavenergiklasse 2» velges som er ny bygningsstandard fra 2020, og at de fleste av byggene vil i løpet av sin levetid vil gjennomgå ENØK-tiltak og/eller rehabilitering som fører til en reduksjon i byggets energibehov til romoppvarming. Disse tiltakene fører til at det totale årlige energiforbruket i bygningsmassen i scenarioet vil reduseres med 6,7 TWh over simuleringsperioden. Utvikling i totalt årlig energibehov og energiforbruk i husholdningene og tjenesteytende sektor i referansescenarioet er vist i Figur 31a og b, og i 32a og b.

Det totale boligarealet i referansescenarioet vil øke med omtrent 42 % over perioden i forhold til arealet i 2014. Energieffektivisering av boligmassen fører likevel til at det totale energibehovet i husholdningene vil flate ut, og gradvis reduseres fra 49,8 TWh i 2014 til 44,8 TWh i 2050 i referansescenarioet. Den framskrevne reduksjonen i det totale energibehovet til husholdninger skyldes hovedsakelig at gjennomsnittlig spesifikt energibehov til oppvarming av rom og ventilasjonsluft i boligmassen vil reduseres ved at eldre, mer energikrevende bygg erstattes av nybygg med lavere energibehov til oppvarming, samt at byggene gjennomgår rehabilitering og ENØK-tiltak som reduserer oppvarmingsbehovet i boligene. Denne effektiviseringen fører til at det spesifikke energibehovet til rom- og ventilasjonsoppvarming for boligmassen reduseres kraftig over simuleringsperioden - fra 112 kWh i 2014 til 51,3 kWh i 2050. Også det gjennomsnittlige spesifikke energibehovet til belysning i boligene vil mer enn halveres, men ettersom belysning i utgangspunktet utgjør en mindre andel av det totale energibehovet i husholdningene, vil endringen i energibehov til belysning ha mindre påvirkning på den totale endringen i energibehovet i boligmassen enn nedgangen i energibehov til romoppvarming. Det spesifikke energibehovet til oppvarming av varmt tappevann og elektrisk utstyr i bygningsmassen vil ikke endres over perioden, og det totale energibehovet til disse formålene vil derfor øke grunnet økt boligareal. Det totale energibehovet til vifter og pumper i boligmassen vil øke, både på grunn av veksten i boligarealet, men også fordi kravet til ventilering i boliger er strengere for boliger oppført etter 2010 enn i eldre bygg, slik at gjennomsnittlig spesifikt energibehov til vifter og pumper i boligene øker. Utviklingen i formålsdelt spesifikt energibehov i boligene i referansescenarioet er vist i Vedlegg XI A.

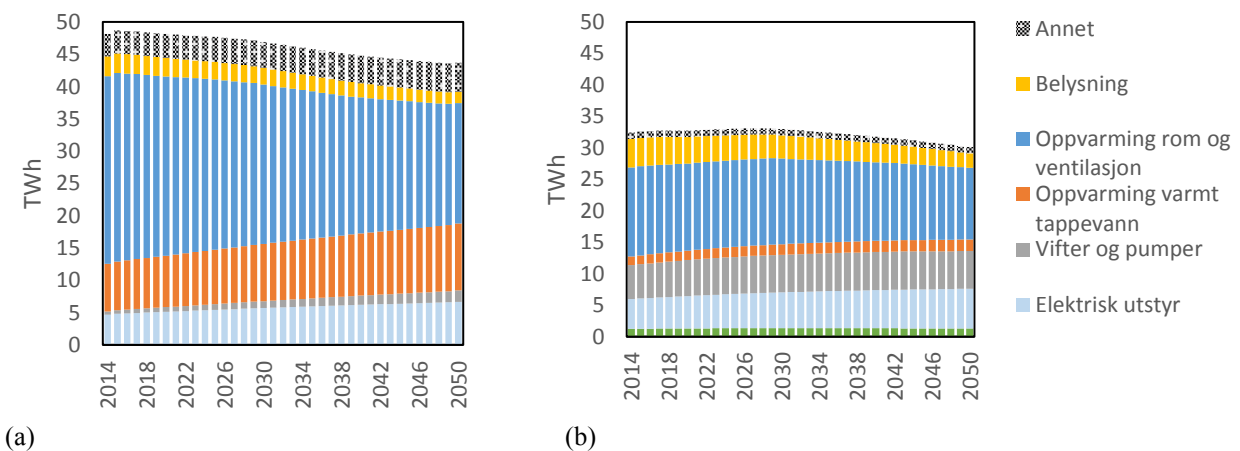
Utvikling i totalt årlig energibehov i tjenesteytende sektor i referansescenarioet vil følge de samme trendene som utvikling i energibehovet i husholdningene, men det samlede energibehovet for alle yrkesbygg vil øke frem helt frem mot 2030 før den årlige veksten i energibehovet blir negativ. Det totale energibehovet i tjenesteytende sektor i 2050 vil være redusert til 1,2 TWh lavere enn i 2014 grunnet reduksjon i gjennomsnittlig spesifikt energibehov. Som for husholdningene er det reduksjon av gjennomsnittlig spesifikt energibehov til oppvarming som er den viktigste årsaken til reduksjonen i totalt

energibehov, men reduksjon i gjennomsnittlig spesifikt behov til belysning og ventilasjon i yrkesbyggene vil også være avgjørende for den totale reduksjonen i energibehov i næringsbyggene i referansescenarioet da disse formålene utgjør en større andel av det totale energibehovet i næringsbyggene enn i husholdningene. Utviklingen i formålsdelt spesifikt energibehov i boligene er vist i Vedlegg XI B.



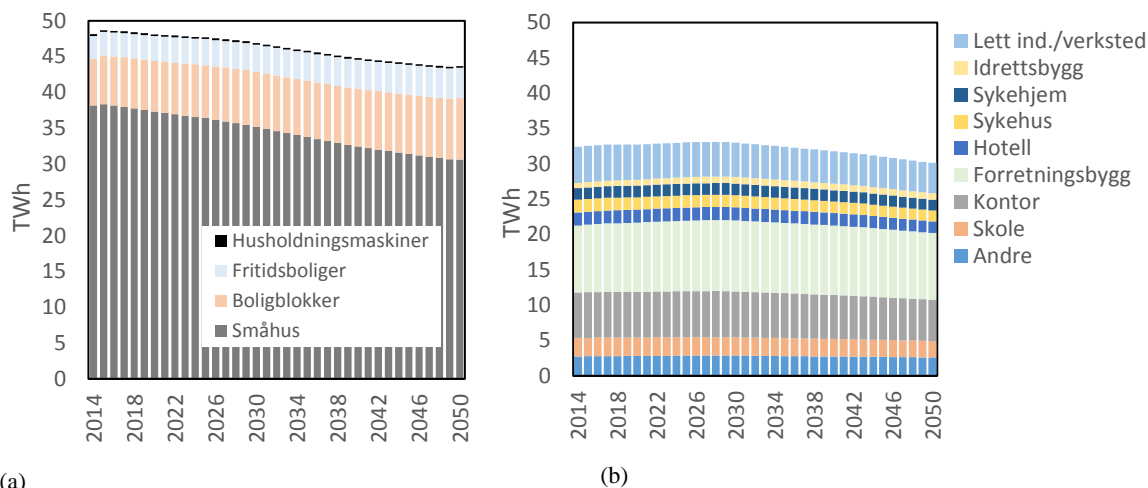
Figur 31a og b: Total årlig formålsdelt energibehov for husholdningssektoren (a) og tjenesteytende sektor (b). «Annet» inkluderer energibehovet til fritidsboliger (da energibehovet til fritidsboliger ikke er formålsfordelt) og husholdningsmaskiner for husholdningene, og energibehov til maskiner for tjenesteytende sektor.

Utvikling i årlig energiforbruk i husholdningene og tjenesteytende sektor i referansescenarioet er vist i henholdsvis Figur 32a og b. Utviklingen i energiforbruket avhenger av energibehovet og valg av kjøle- og oppvarmingsteknologier i byggene. Det elspesifikke forbruket er antatt å ha en virkningsgrad på 100 % og dermed vil levert energi til disse formålene følge samme utvikling som det totale energibehovet til formålene i modellen. I referansescenarioet vil energiforbruket i husholdningene være mellom 1,2 og 1,8 TWh - eller omtrent 3 % lavere enn energibehovet over hele perioden. Dette skyldes at varmepumper, som har en varmeproduksjonsvirkningsgrad større enn 1, benyttes til å dekke en betydelig andel av oppvarmingsbehovet i boligene slik at den gjennomsnittlige virkningsgraden til oppvarmingssystemene i boligene blir på over 1. I tjenesteytende sektor er forskjellen mellom det årlige energibehovet og energiforbruket på mellom 4-4,9 TWh, eller i snitt 14,9 % over simuleringsperioden. Dette skyldes både at varmepumper benyttes til å dekke en betydelig andel av energibehovet til oppvarming i yrkesbyggene, men også i stor grad at byggene i flere av de ulike bygningskategoriene av næringsbygg har et betydelig kjølebehov som i de fleste tilfeller dekkes ved hjelp av kjølemaskiner med en årskjølefaktor på 4, slik at energiforbruket til kjøling blir betydelig lavere enn energibehovet.



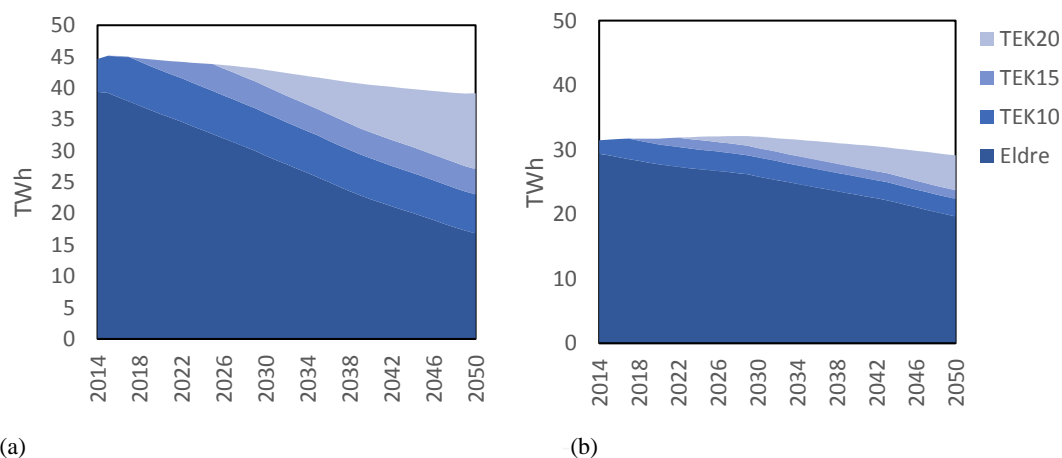
Figur 32a og b: Totalt årlig formålsdelt energiforbruk i referansescenarioet for henholdsvis husholdninger (a) og tjenesteytende næringer (b). «Annet» inkluderer her energiforbruk til fritidsboliger og maskiner.

Som vist i Figur 33a og b vil totalt årlig energiforbruk utvikle seg ulikt i de ulike bygningskategoriene på grunn av forskjeller i arealutvikling, teknologivalg og netto behov. For husholdninger vil det totale energiforbruket i småhus reduseres med nesten 20 % over simuleringsperioden, mens det samlede energiforbruket og –behovet i boligblokkene vil øke med en tredjedel. Dette skyldes at flere flytter til leiligheter, noe som fører til en mye større arealvekst for boligblokker enn for småhus. For næringsbyggene vil det totale energiforbruket til alle bygningskategoriene, foruten idrettsbyggene og forretningsbyggene, reduseres. I forretningsbyggene skyldes dette sannsynligvis at det meste av energibehovet er elspesifikt behov som ikke vil reduseres over simuleringsperioden, og den framskrevne reduksjonen i oppvarmingsbehovet vil derfor ikke utgjøre en forskjell som er stor nok til at det kan kompensere for det økte arealet.



Figur 33a og b: Utvikling i totalt energiforbruk for husholdninger (a) og tjenesteytende sektor(b) fordelt etter bygningskategori. «Andre» inneholder energiforbruket til tjenestemaskiner, barnehager og kulturbygg.

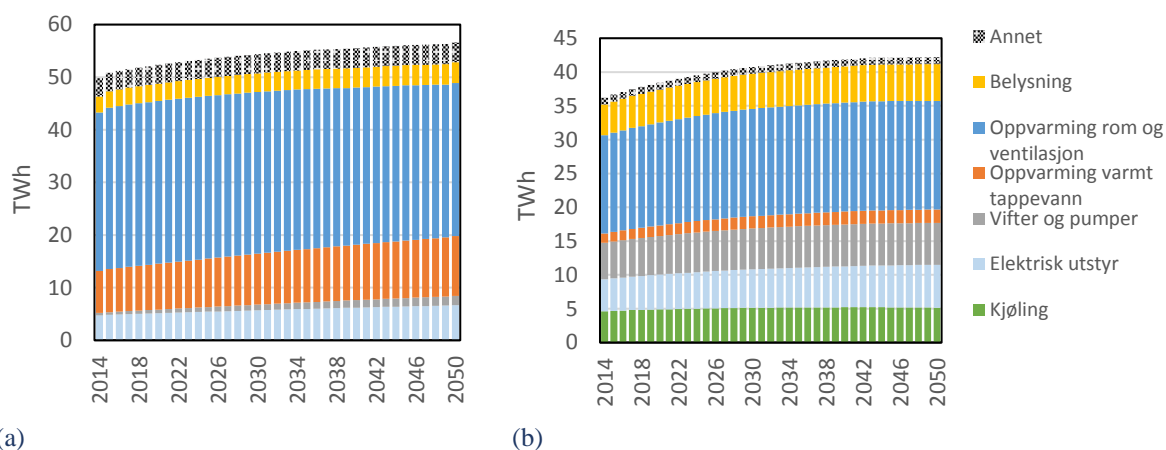
Energiforbruket for byggene i de ulike aldersgruppene vil også endres over simuleringsperioden, som vist i Figur 34a og b for henholdsvis boliger og næringsbygg. Energiforbruket i gruppen «eldre» vil reduseres mye over perioden på grunn av nedgang i gruppens areal grunnet riving, at gruppen i snitt blir med energieffektiv når de eldste byggene rives og grunnet rehabilitering av bygningsmassen. Etter 2023 vil byggene i gruppen «TEK20» stå for en stadig større andel av energiforbruket, men til tross for at omtrent halvparten av bygningsarealet i 2050 består av «TEK 20»-bygg vil energiforbruket i «TEK20»-bygg kun utgjøre 25,6 % av det totale energiforbruket i 2050 da spesifikt energiforbruk er lavere for «TEK 20»-bygg enn for bygg fra de øvrige aldersgruppene.



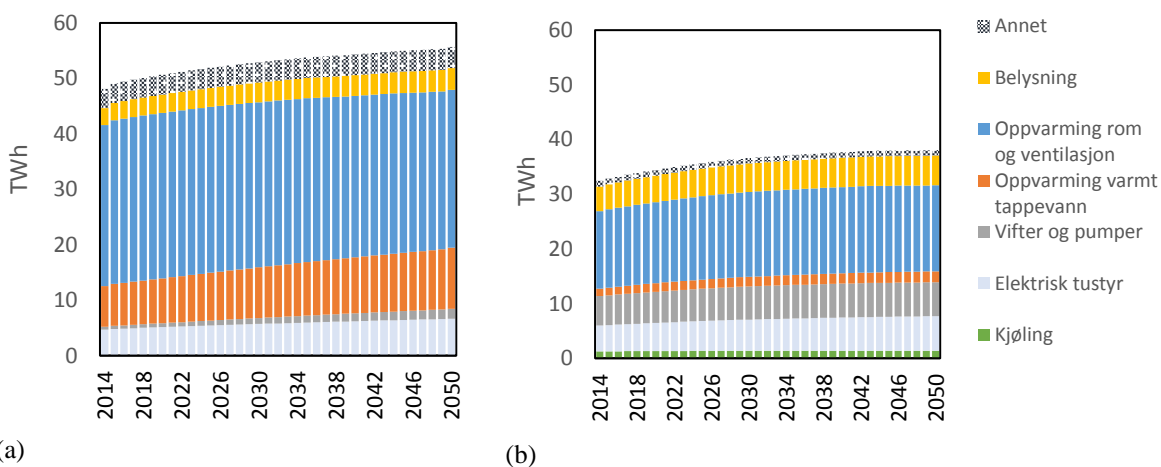
Figur 34a og b: Utvikling i totalt energiforbruk i boliger (a) og næringsbygg(b) fordelt etter aldersgruppe.

5.2 Resultater for lavtiltaksscenarioet (LLL)

I lavtiltaksscenarioet (LLL) skjer det ingen aktiv energieffektivisering av bygningsmassen. Scenarioet beskriver utviklingen i energibehovet i den norske bygningsmassen dersom aktivitetsutviklingen forblir som i referansealternativet, men det ikke gjøres noen tiltak for å begrense den totale veksten i energibehovet i bygningsmassen, og det totale oppvarmingsbehovet i nye bygg kun dekkes av direkte elektrisitet. Riveraten og nybyggingsraten vil være lik i lavtiltaksscenarioet som i de øvrige scenarioene. Dette fører til at selv om det ikke skjer aktive tiltak for å redusere energiforbruket og –behovet i bygningsmassen, vil det likevel forekomme passiv energieffektivisering av bygningsmassen ved at de eldste og minst energieffektive byggene rives, og nye, mer energieffektive bygg oppføres, slik at gjennomsnittlig spesifikt energibehov for de fleste formål i bygningsmassen reduseres. Ettersom det totale bygningsarealet er forventet å øke mye, og nye bygg fortsatt vil ha et relativt høyt spesifikt energibehov, vil det totale energibehovet og energiforbruket i husholdningene og tjenesteytende sektor øke i lavtiltaksscenarioet, som vist i Figur 35a og b og i Figur 36a og b. Det totale energibehovet i husholdningene er forventet å øke fra 48,1 TWh i 2014 til 55,7 TWh i 2050. Det totale energibehovet i tjenesteytende sektor er forventet å øke fra 32,4 TWh i 2014 til 38,1 TWh i 2050. Det samlede energiforbruket i sektorene er forventet å øke med 14 TWh. Det totale årlige energiforbruket er forventet å øke for alle formål, foruten energiforbruk til romoppvarming i boligene. Dette skyldes både den naturlige energieffektiviseringen, og at det er forventet at flere vil flytte fra småhus til boligblokker. Totalt energiforbruk i bygningsmassen er forventet å øke mest for formålene «elektrisk utstyr» og «vifter og pumper».



Figur 35a og b: Utvikling i total årlig formålsdelt energibehov for husholdningene (a) og tjenesteytende sektor (b) i lavtiltaksscenarioet (LLL). «Annet» inkluderer energibehovet til fritidsboliger og maskiner

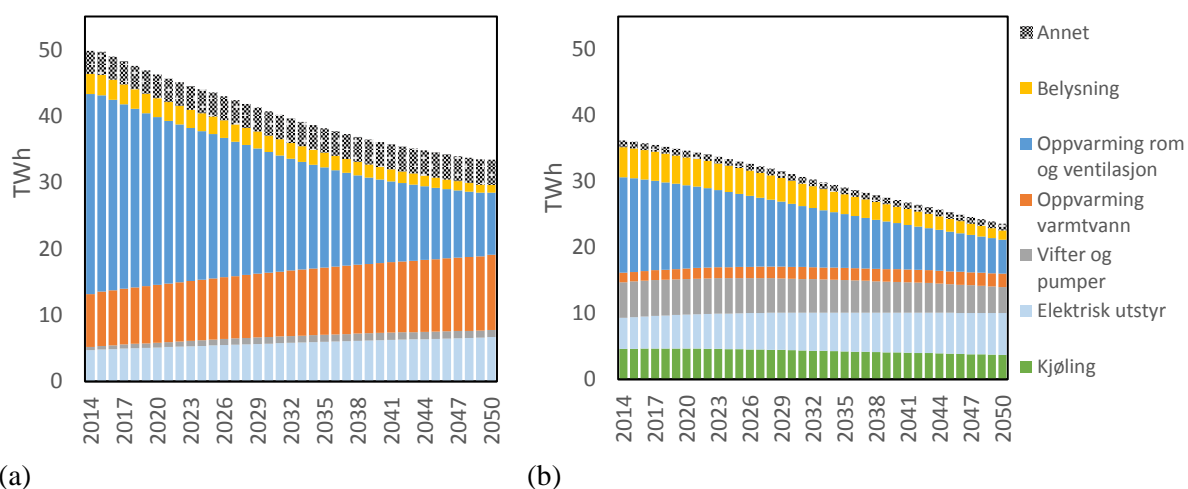


Figur 36 a og b: Utvikling i total årlig formålsdelt energiforbruk for husholdningene (a) og tjenesteytende sektor (b) i lavtiltaksscenarioet (LLL). «Annet» inkluderer energibehovet til fritidsboliger og maskiner

5.3 Resultater for høytiltaksscenarioet (HHH)

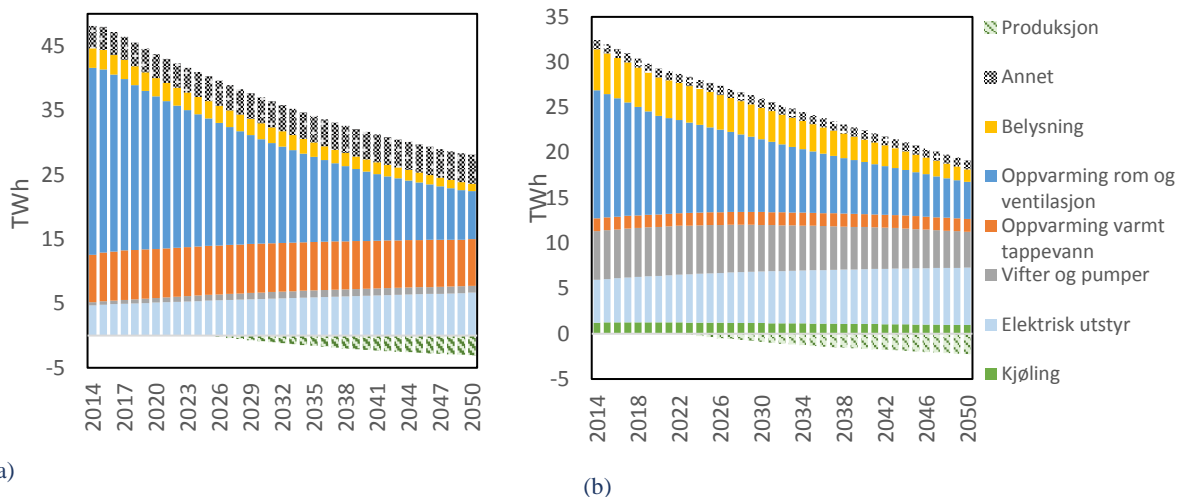
I høytiltaksscenarioet (HHH) vil alle scenariomekanismene være på høyt nivå slik at bygningsmassen energieffektiviseres til maksimalt potensiale. Høytiltaksscenarioet representerer utviklingen som vil føre til minimalt energibehov i modellen dersom aktivitetsutviklingen er lik som i de øvrige scenarioene. I scenarioet vil store deler av bygningsmassen rehabiliteres til passivhusstandard i løpet av simuleringsperioden, både olje og gass vil fases ut som oppvarmingsteknologier, det totale oppvarmingsbehovet i nye bygg vil dekkes av varmepumper, og ny bygningsstandard fra 2020 er nær nullenergibygg.

I høytiltaksscenarioet skjer det en voldsom reduksjon i energibehovet allerede fra startåret i modellen. Selv om bygningsarealet er forventet å vokse mye vil energieffektiviseringen være så høy at energibehovet synker med hele 16,4 TWh i husholdningene og 12,6 TWh i tjenesteytende sektor over simuleringsperioden, som vist i henholdsvis Figur 37a og b. Endringen skyldes at eksisterende bygg erstattes med nye, mer energieffektive bygg, men også at eksisterende bygningsmasse rehabiliteres meget høy grad.



Figur 37a og b: Utvikling i total årlig formålsdelt energibehov for husholdningene (a) og tjenesteytende sektor (b) i høytiltaksscenarioet (HHH). «Annet» inkluderer energibehovet til fritidsboliger og maskiner

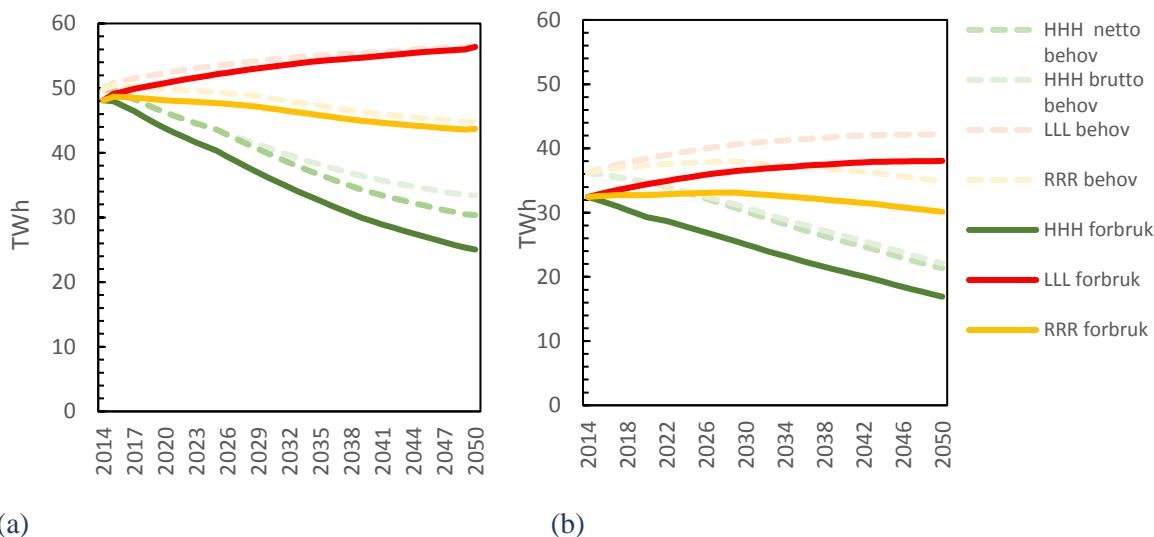
I høytiltaksscenarioet vil det årlige netto energiforbruket i bygningsmassen reduseres enda mer over simuleringsperioden enn det årlige netto energibehovet – fra 48,1 til 24,4 TWh i husholdningene, og fra 32,4 til 16,9 TWh tjenesteytende sektor som vist i henholdsvis Figur 38a og b. Dette skyldes både at nesten det totale oppvarmingsbehovet i nye bygg vil bli dekket av varmepumper, men også at alle nye bygg etter 2023 vil ha lokal spesifikk energiproduksjon lik det elspesifikke energibehovet i bygget. Nødvendig årlig energiproduksjon for å dekke det elspesifikke energibehovet i «TEK 20»-bygg i 2050 vil være omtrent 3 TWh i boligene og 2,2 TWh i næringsbyggene.



Figur 38a og b: Utvikling i total årlig formålsdelt energiforbruk og nødvendig energiproduksjon for å dekke energibehovet til elspesifikt forbruk i nye bygg for husholdningene (a) og tjenesteytende sektor (b) i høytiltaksscenarioet (HHH). «Annet» inkluderer energibehovet til fritidsboliger og maskiner

5.4 Sammenligning av energibehov og energiforbruk i scenarioene

I modellen representerer referansescenarioet (RRR) sannsynlig utfall, og lavtildaksscenarioet (LLL) og høytildaksscenarioene (HHH) ytterpunktene for utvikling i energibehov og energiforbruk dersom man antar at aktivitetsutviklingen blir som framskrevet i 4.4.1, og det ikke skjer noen endringer i klimaet, brukervaner eller tilgang på teknologier. Utviklingen i totalt energibehov og energiforbruk i husholdningene og tjenesteytende sektor for de tre scenarioene er sammenlignet i Figur 39a og b, og i Tabell 20.



Figur 39a og b: Oppsummert utvikling for totalt energibehov og energiforbruk for alle scenarioer i husholdningene (a) og tjenesteytende sektor (b). «Netto energibehov» betyr her energibehovet før lokal produksjon er trukket fra, mens «brutto energibehov» betyr her energibehovet etter at produksjonen er trukket fra. Energiforbruket er energiforbruket etter at lokal produksjon er trukket fra.

			Verdi [TWh]			Endring i forhold til 2014	
			2014	2030	2050	2030	2050
Husholdninger	RRR	Netto behov	49,8	48,5	44,9	-2,6 %	-9,8 %
		Netto forbruk	48,1	46,9	43,7	-2,5 %	-9,1 %
	LLL	Netto behov	49,8	54,4	56,6	9,2 %	13,7 %
		Netto forbruk	48,1	53,3	56,4	10,8 %	17,3 %
	HHH	Netto behov	49,8	40,7	33,4	-18,3 %	-32,9 %
		Netto forbruk	48,1	36,2	25,0	-24,7 %	-48,0 %
Tjenesteytende	RRR	Netto behov	36,2	37,9	34,9	4,6 %	-3,6 %
		Netto forbruk	32,4	33,0	30,1	1,7 %	-7,1 %
	LLL	Netto behov	36,2	40,8	42,2	12,6 %	16,6 %
		Netto forbruk	32,4	36,6	38,1	12,8 %	17,4 %
	HHH	Netto behov	36,2	30,2	21,6	-16,5 %	-40,7 %
		Netto forbruk	32,4	25,1	17,0	-22,7 %	-47,5 %

Tabell 20: Totalt netto energibehov og energiforbruk fordelt på sektor for hver av de tre hovedscenariene i årene 2014, 2030 og 2050 oppgitt i verdi og endring i forhold til verd i 2014.

Årlig netto energibehov vil være høyere enn årlig netto energiforbruk for hver bygningskategoriene, i alle år, og for alle scenarioene. Årsaken til dette er at systemvirkningsgraden for oppvarmings- og kjølesystemene er over 1 for alle bygningskategoriene i alle scenarioene, ettersom varmpumper benyttes til å dekke en betydelig andel av oppvarmingsbehovet og kjølemaskin dekker nesten det totale kjølebehovet i bygningsmassen.

Det er enorme forskjeller mellom det framskrevne energiforbruket og energibehovet i bygningsmassen i slutten av simuleringsperioden i de ulike scenarioene. I lavtiltaksscenarioet (LLL) er det framskrevne energibehovet til bygningsmassen i 2050 hele 43,8 TWh høyere enn det framskrevne energibehovet til bygningsmassen i 2050 høyttiltaksscenarioet (HHH). Dette tyder på at tiltak som blir gjort i bygningsmassen kan enorm innvirkning på energibehovet, og samtidig at usikkerheten i fremtidig energiforbruk er stor. I lavtiltaksscenarioet (LLL) vil det samlede energibehovet og forbruket øke med 7 og 9 % i 2050 i forhold til i forbruket i 2014. I høyttiltaksscenarioet (HHH) vil forbruket synke til nesten halvparten av forbruket i 2014. I referansescenarioet vil det totale forbruket synke med 8,3 % i forhold til forbruket i 2014.

5.5 Sammenligning av forbruk av energivarer

Forbruket av ulike energivarer i bygningsmassen vil variere med valg av oppvarmings- og kjøleteknologier og bygningsmassens energibehov. Forbruket av energivarer vil i høy grad bestemmes av pris, og for å framskrive faktisk energiforbruk og forbruk av energivarer, bør det derfor gjøres en optimaliseringsanalyse med energibehovet i scenarioene som input som tar hensyn til priser på energivarer og investeringskostnader for teknologiene. Oppvarmingssystemet som satt i scenarioene er satt som de er for å belyse ytterpunkter i mulig energiforbruk i modellen.

Det totale modellerte energiforbruket fordelt på ulike energivarer i husholdningene og tjenesteytende sektor i årene 2014, 2030 og 2050 er vist i henholdsvis Tabell 21 og Tabell 22 for alle scenarioene. I referansealternativet vil forbruket av elektrisitet og ved reduseres over simuleringsperioden, og bruk av olje fases ut i 2020. Naturgassforbruket vil øke noe i husholdningssektoren grunnet økt forbruk i fritidsboligene, men reduseres i næringsbyggene. Det samlede fjernvarmeforbruket i bygningsmassen i referansescenarioet vil øke fra 5,5 TWh til 6,1 TWh over perioden. Økningen skyldes at flere bygg kobles til fjernvarmenettet, ettersom fjernvarme benyttes til å dekke en betydelig andel av oppvarmingsbehovet i nye bygg. Forbruket av bioenergi vil øke noe i næringsbyggene, men reduseres noe i yrkesbyggene.

I lavtildaksscenarioet (LLL) og høytildaksscenarioet (HHH) vil energiforbruket til alle energivarer foruten elektrisitet og naturgass reduseres over simuleringsperioden. Dette skyldes at nye bygg i disse scenarioene kun benytter elektrisitet til oppvarming slik at forbruket av de øvrige energivarene reduseres når eldre bygg med andre oppvarmingssystemer rives. Dette er dog usannsynlige valg av oppvarmingsteknologier i disse scenarioene, og innebærer blant annet at bruken av fjernvarme reduseres selv om det foreligger planer for utvidelse av fjernvarmenettet. I virkeligheten kommer flere nye bygg sannsynligvis til å kobles til fjernvarmenettet slik at bruk av fjernvarme i bygningsmassen øker.

Energivarer	Energiforbruk [GWh]							Endring 2014 og 2050		
	2014	2030			2050			RRR	LLL	HHH
	Alle	RRR	LLL	HHH	RRR	LLL	HHH			
Elektrisitet	39 762	39 632	45 325	31 212	36 747	49 785	21 791	-7,6 %	25,2 %	-45,2 %
Naturgass	150	157	163	118	157	168	133	4,7 %	12,0 %	-11,3 %
Fyringsolje	980	0	880	0	0	660	0	-100,0 %	-32,7 %	-100,0 %
Ved	4059	3831	3959	2775	3830	3446	1942	-5,6 %	-15,1 %	-52,2 %
Fjernvarme	1105	1550	1018	680	2178	783	353	97,1 %	-29,1 %	-68,1 %
Biobrensel	1832	1495	1688	1128	990	1298	586	-46,0 %	-29,1 %	-68,0 %
SUM	47 888	46 664	53 033	35 913	43 900	56 140	24 805	-8,3 %	17,2 %	-48,2 %

Tabell 21: Forbruk av energivarer i boligene i 2014, 2030 og 2050 i de ulike scenarioene.

Energivarer	Energiforbruk [GWh]							Prosentvis endring 2014 og 2050		
	2014	2030			2050			RRR	LLL	HHH
	Alle	RRR	LLL	HHH	RRR	LLL	HHH			
Elektrisitet	25 059	27 035	29 070	21 459	24 305	31 175	14 500	-3,0 %	24,4 %	-42,1 %
Naturgass	475	446	480	0	335	429	0	-29,5 %	-9,7 %	-100,0 %
Fyringsolje	1 978	0	1 987	0	0	1 799	0	-100,0 %	-9,0 %	-100,0 %
Fjernvarme	3 446	3 973	3 572	2 291	3 947	3 217	1 247	14,5 %	-6,6 %	-63,8 %
Bio	472	540	485	309	541	442	168	14,6 %	-6,4 %	-64,4 %
SUM	31 430	31 994	35 594	24 059	29 128	37 062	15 915	-7,3 %	17,9 %	-49,4 %

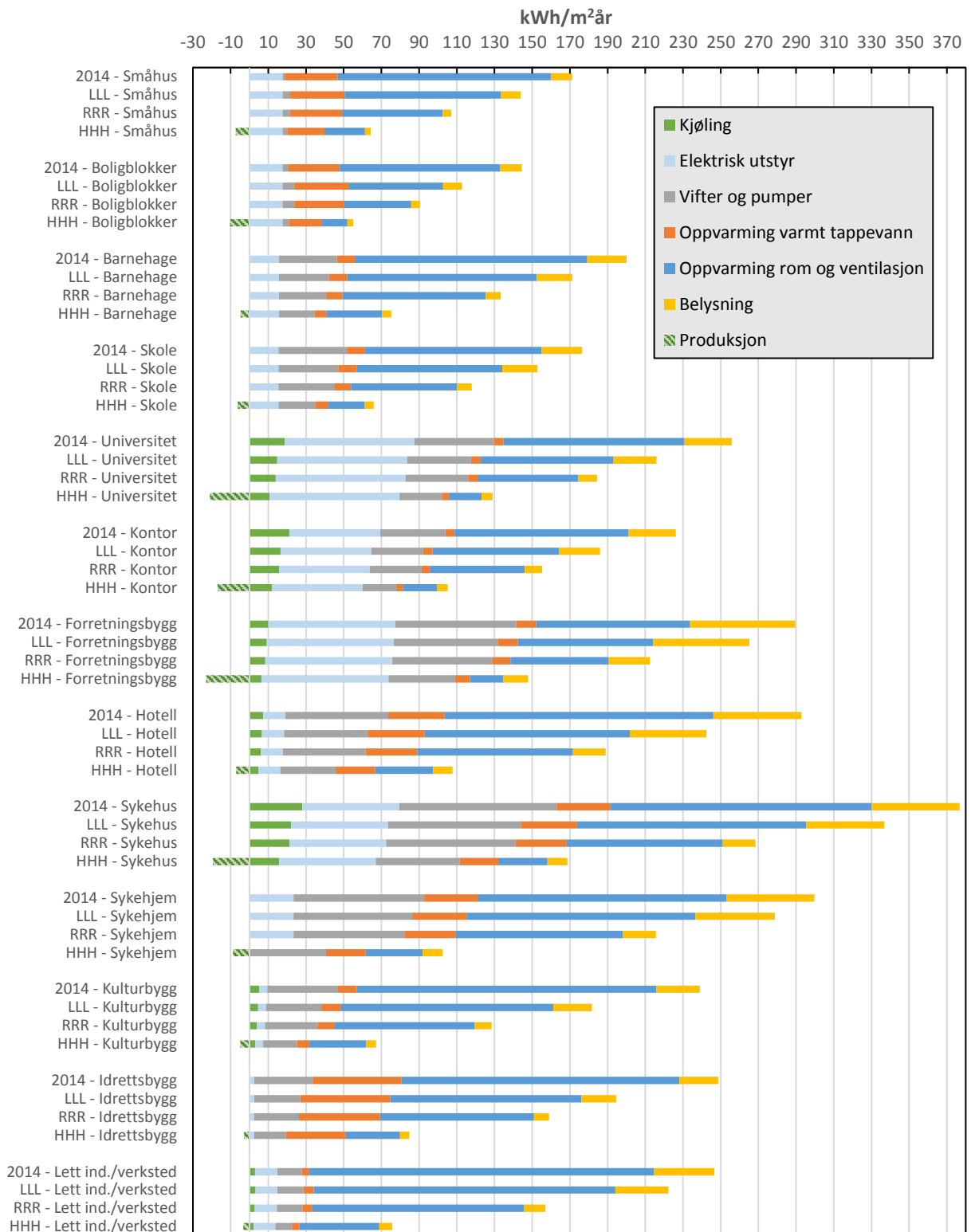
Tabell 22: Forbruk av energivarer i næringsbyggene i 2014, 2030 og 2050 i de ulike scenarioene.

5.6 Utvikling i formålsdelt energibruk i bygningskategoriene

Utover endringen i det totale energiforbruket og behovet i bygningsmassen, vil også formålsfordelingen i hver av bygningskategoriene endres over simuleringsperioden. En sammenligning av det modellerte spesifikke formålsdelte energiforbruket i de ulike bygningskategoriene i 2014 og det modellerte formålsfordelte behovet i hvert av scenarioene i 2050 er vist i Figur 40.

I referansealternativet (RRR) og lavtiltaksscenarioet (LLL) vil netto spesifikt energiforbruk ventilasjon i boliger øke, mens energiforbruket til oppvarming av rom og ventilasjonsluft, kjøling og belysning reduseres for alle bygningskategorier som tidligere nevnt ettersom eldre og mindre energieffektive bygg rives, og nye, mer energieffektive bygg av TEK15-standard oppføres. Reduksjonene vil være høyere i referansescenarioet enn i lavtiltaksscenarioet grunnet aktiv energieffektivisering av bygningsmassen gjennom perioden.

I høytildaksscenarioet vil bygg oppført etter 2023 ha lokal spesifikk elektrisitetsproduksjon lik det elspesifikke energibehovet. Det er sykehusene og forretningsbyggene som kommer til å ha den høyeste spesifikke energiproduksjon i 2050 i høytildaksscenarioet. Dette skyldes at disse byggene har et høyt spesifikt energibehov til formålene elektrisk utstyr, belysning og ventilasjon. For alle bygningskategorier og scenarioer skyldes er den største forandringen i energiforbruket at energiforbruket til oppvarming av rom og ventilasjonsluft reduseres kraftig. I høytildaksscenarioet vil den aller største relative reduksjonen i energiforbruk i forhold til forbruk i 2014 skje i boligblokker, sykehjem og lett industri og verksteder da dette er bygningskategorier der oppvarmingsbehovet utgjorde en stor andel av energibehovet i modellens basisår.



Figur 40: Spesifikt formålsdelt energiforbruk og energiproduksjon i 2014 og 2050 for hver av bygningskategoriene i hver av scenarioene

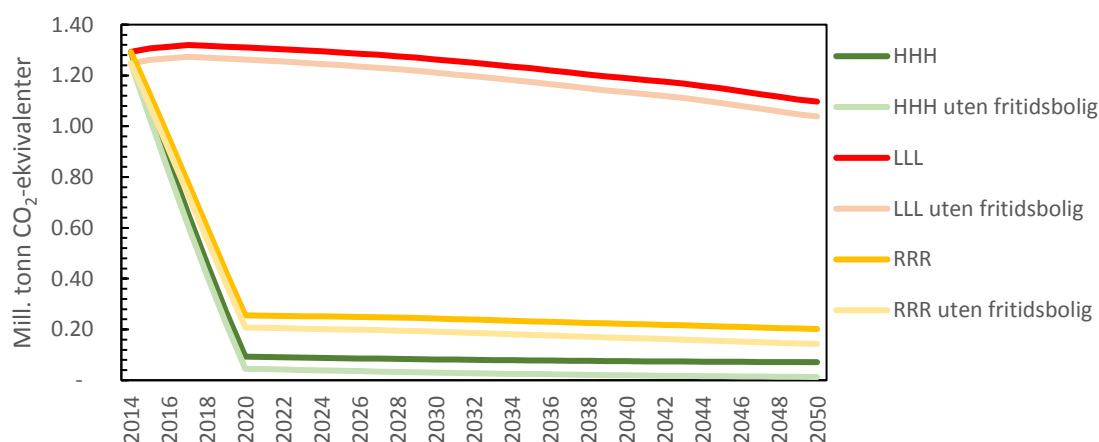
5.7 Utslipp

Utvikling i totale årlige utslipp knyttet til oppvarming i bygningsmassen over simuleringsperioden for de tre hovedscenarierne er vist i Figur 41. I basisåret er utslippene knyttet til oppvarming i bygningsmassen beregnet til å være omtrent 1,3 millioner tonn CO₂-ekvivalenter ved utslippstidspunktet (SSB, 2015b).

I referansescenariot (RRR) vil de årlige utslippene reduseres til 0,26 mill. tonn CO₂-ekvivalenter i 2020. Denne nedgangen skyldes at all fyring med olje og parafin forbyes i scenariot, og oppvarmingsbehovet som tidligere ble dekket av fyringsolje i stedet dekkes av direkte elektrisitet og varmepumper. De resterende utslippene knyttet til oppvarming av bygningsmassen i referansescenariot kommer fra forbruk av ved, bio og naturgass. Utslippene i referansescenariot vil fortsette å synke i perioden 2020-2050. Dette skyldes at bygningsmassen effektiviseres og samlet energibehov til oppvarming av rom reduseres. Det meste av utslippsreduksjonen i referansescenariot (76 %) i perioden 2020-2050 skyldes nedgang i bruken av naturgass grunnet redusert oppvarmingsbehov, og at eldre bygg som bruker med naturgass til oppvarming enn rives.

I høytiltaksscenarioet (HHH) fases både olje, parafin og naturgass ut som oppvarmingsteknologier frem mot 2020 (foruten om i fritidsboliger der det fortsatt vil benyttes noe naturgass). I dette scenariot vil bygningsmassen, sett bort ifra fritidsboligene, bli såkalt «klimanøytral» i 2020, det vil si at det ikke benyttes fossile brenslere til oppvarming. Biobrensel og vedfyring har relativt lave utslippsfaktorer forhold til fossile brenslere. Utfasingen av fossile brenslere og energieffektivisering av bygningsmassen fører til at de årlige utslippene knyttet til oppvarming i bygningsmassen reduseres til 0,09 millioner tonn CO₂-ekvivalenter (0,04 sett bort i fra fritidsboliger) i 2020 og 0,07 millioner tonn CO₂-ekvivalenter (0,01 sett bort i fra fritidsboliger) i 2050.

I lavtildaksscenarioet (LLL) er det i utgangspunktet ingen endring i andelen av oppvarmingsbehovet som dekkes av de ulike oppvarmingsteknologiene i eksisterende bygningsmasse, og alle nye bygg etter 2018 kun bruker direkte elektrisitet til oppvarmingen. Utslippene knyttet til oppvarming av bygningsmassen i lavtildaksscenarioene vil reduseres fra 1,3 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i 2014 til 1,1 millioner tonn CO₂-ekvivalenter (1,04 uten fritidsboliger) i 2050 grunnet riving av eksisterende bygg som benytter ulike forbrenningsteknologier. Ettersom alle nye bygg kun bruker elektrisitet til oppvarming i lavtildaksscenarioet og høytildaksscenarioet er utslippene uavhengige av hvilken teknisk standard som innføres for nye bygg. I referansescenariot vil utslippene reduseres *noe* dersom passivhusstandarden eller nær netto nullenergibygg innføres som ny byggtknisk standard fra 2020, ettersom det vil føre til en reduksjon i spesifikt romoppvarmingsbehov, men det er valg av oppvarmingsteknologi som har mest å si for hvor store utslippene knyttet til oppvarming av bygg blir.



Figur 41: Utvikling i årlige utslipp knyttet til oppvarming av energiforbruk i boliger over simuleringsperioden i de tre hovedscenarierne.

6 Diskusjon

Resultatene fra framskrivningene av energibehovet og energiforbruket i modellen kan ikke etterprøves innenfor rammene av oppgaven, og virkningen av indirekte drivere er ikke knyttet til utviklingen av energibehovet i modellen. I dette kapittelet vil det derfor diskuteres hvor stor påvirkning de enkelte direkte driverne har på utvikling av energibehovet i modellen, hvilke tiltak som vil være nødvendige å gjennomføre for å nå politiske energieffektiviseringsmål, hvilken effekt politiske vedtak kan ha på energibehovet, og hvordan resultatene fra modellen er sammenlignet med resultatene fra andre kjente energiframskrivninger.

6.1 Sensitivitet

Modellens scenarioer er bygget opp av vekstfaktorer og drivere som påvirker utviklingen i energibehovet og energiforbruket i større og mindre grad, og flere av disse vekstfaktorene er usikre. I Tabell 23 og Tabell 24 er det vist hvordan energiforbruket i referansescenarioet for henholdsvis husholdningene og tjenesteytende sektor vil endre seg dersom de enkelte scenariomekanismene eller andre parametere blir endret.

Aktivitetsutviklingen er lik for alle scenarioene i modellen. Utviklingen i areal er modellert ved hjelp av en nybyggingssrate, rivingsraten, personer per husholdning og befolkningsveksten mm. Hvordan befolkningsveksten utvikler seg i fremtiden vil ha mye å si for utvikling av bygningsarealet og dermed også det totale energibehovet. Den fremtidige befolkningsveksten er samtidig usikker. SSB har framskrevet befolkningsvekst i flere alternativer (SSB, 2016b). I modellen er middelalternativet for befolkningsveksten fra disse framskrivningene benyttet. Dersom befolkningsveksten blir lav, men energiintensiteten og de øvrige driverne forblir som i referansescenarioet, vil energiforbruket i husholdningene i 2050 bli 11,5 % lavere enn framskrevet i referansescenarioet med middels befolkningsvekst. Dersom det blir høy befolkningsvekst vil det framskrevne energiforbruket i 2050 øke med 15,7 % i forhold til i referansescenariet, og totalt årlig energiforbruk i 2050 vil dermed øke i forhold til forbruket i 2014 i stedet for å reduseres. Befolkningsveksten er dermed meget betydelig for utvikling i energibehovet, men også et usikkert element.

Dersom olje ikke fases ut i 2020, og alle nye bygg kun bruker direkte elektrisitet til å dekke oppvarmingsbehovet (oppvarmingsteknologier scenario «L»), vil det påvirke energiforbruket i referansescenario noe, men ikke i høy grad. I referansescenarioet benyttes det mye direkte elektrisitet, fjernvarme og bioenergi/ved til oppvarming, og dette er teknologier som har en årsgjennomsnittlig varmefaktor lavere enn 1. Derfor vil ikke forskjellen i totalt energiforbruk bli veldig stor selv andelen av oppvarmingsbehovet som dekkes av varmepumper i referansescenarioet blir redusert. Totalt energiforbruk i bygningsmassen i 2050 vil øke med omtrent 2 TWh (i underkant av 3 % økning) i forhold til i referansescenarioet dersom «lavtiltaksalternativet» velges for oppvarmingssystemet i bygningsmassen. Dersom både olje og gass fases ut mot 2020, og varmepumper benyttes til å dekke nesten hele oppvarmingsbehovet i nye bygg (scenario «H» for oppvarmingsteknologier) vil energiforbruket i bygningsmassen reduseres med omtrent 15 TWh over simuleringsperioden. Denne endringen tilsvarer en reduksjon på 14,2 % i husholdningene og 6,7 % i tjenesteytende sektor i forhold til referansebanen. En stor økning i varmepumper kan derfor føre til en betydelig reduksjon i energiforbruket.

I referansescenarioet vil både spesifikt netto energibehov til belysning, og totalt energibehov til belysning i bygningsmassen reduseres. Denne reduksjonen kan forklares som en effekt av installasjon av styringssystemer i eksisterende bygningsmasse og overgang til mer energieffektive belysningsteknologier. Uten denne effektiviseringen av belysningen vil energiforbruket i 2050 fortsatt være lavere enn energiforbruket i 2014, men det totale energiforbruket i bygningsmassen vil øke med 10,4 % i næringsbyggene og 5,1 % i husholdningen i forhold til i referansescenarioet. Effektiviseringen av belysning vil ha mer å si for næringsbyggene enn for husholdningene ettersom de fleste

næringsbyggene har et høyere spesifikt energibehov til belysning enn boligene. Dersom det er «høyt tiltaksnivå» på effektivisering av belysning kan det totale energiforbruket i referansescenarioet i 2050 i næringsbygg reduseres med ytterligere 10,1 %, da det samlede energibehovet til belysning i tjenesteytende sektor er høyt. Energiforbruket i boliger kan reduseres med 1,6 % i forhold til i referansescenarioet.

Effekten av rehabilitering av bygningsmassen har en enda større påvirkning på det samlede energiforbruket i bygningsmassen enn effektivisering av lyset. Dette skyldes nok at det meste av energibehovet i bygningsmassen er oppvarmingsbehov. Uten rehabilitering av bygningsmassen vil det totale energiforbruket i 2050 stige med 14,7 % i forhold til i referansescenarioet. Dette skyldes først og fremst at til en del av byggene i aldersgruppen «eldre» har et meget høyt oppvarmingsbehov i modellens basisår, men at det er fortsatt en del av disse byggene som enda ikke har gjennomgått rehabilitering. En del av «TEK7-TEK10»-byggene og «TEK 15»-byggene vil også rehabiliteres i løpet av simuleringsperioden, og dette senker det totale energibehovet til oppvarming. Dersom rehabiliteringen skjer på «høyt tiltaksnivå» vil energiforbruket reduseres med omtrent 18 % i forhold til referansebanen i 2050 ettersom nesten hele bygningsmassen rehabiliteres til passivhusnivå.

Effekten av valg av ny standard vil ikke observeres før etter 2023. Dersom standarden ikke strammes inn til lavenergistandard (lavt tiltaksnivå for TEK20) vil energiforbruket i hele bygningsmassen i 2050 øke med omtrent 4,5 % i forhold til i referansenivået. Dersom passivhusstandarden velges vil energiforbruket i 2050 reduseres med i underkant av 7 % i 2050 i forhold til referansen. Dersom nær nullenergibygg, slik det er definert av Seljord et. al. (2016) innføres som ny standard i 2020 vil totalt netto energiforbruk i bygningsmassen i 2050 reduseres med omtrent 14 % i forhold til referansen. Forskjellen vil altså være er dobbelt så stor ved innføring av netto nullenergibygg som ved innføring av passivhusstandard, til tross for totalt at energibehov, sett bort fra lokal energiproduksjon, i bygningsmassen vil være det samme. Effekten av innføring av nær netto nullenergibygg som TEK 20 standard er videre diskutert i neste delkapittel.

Scenario	Energiforbruk [GWh]			Endring i forhold til RRR	
	2014	2030	2050	2030	2050
RRR	48 125	46 544	43 013	0,00%	0,00%
Lav befolkningsvekst		44 128	38 072	-5,20%	-11,50%
Høy befolkningsvekst		48 663	49 755	4,60%	15,70%
RRL – Ikke utfasing olje, kun dir, el nye bygg		47 165	44 173	1,30%	2,70%
RRH – Utfasing olje og gass, kun VP nye bygg		43 806	36 899	-5,90%	-14,20%
Ingen rehabilitering av bygningskroppen		50 969	50 761	9,50%	18,00%
H-rehabilitering av bygningskroppen		39 726	35 457	-14,60%	-17,60%
Uten effektivisering av belysning		47 510	45 209	2,10%	5,10%
H-effektivisering av belysning		46 390	42 320	-0,30%	-1,60%
LRR – TEK15 forblir standard i TEK20,		46 882	45 078	0,70%	4,80%
Passivbygg som standard TEK 20		46 065	40 009	-1,00%	-7,00%
NNE som standard i TEK 20		45 195	36 948	-2,90%	-14,10%

Tabell 23: Sensitivitetsanalyse for enkelte av driverne for utvikling i energiforbruk i husholdningene.

Scenario	Energiforbruk [GWh]			Endring i forhold til RRR	
	2014	2030	2050	2030	2050
RRR	32 435	33 000	30 133	0,00%	0,00%
RRL – oppvarmingssystem L		33 775	31 045	2,30%	3,00%
RRH – oppvarmingssystem H		31 440	28 044	-4,70%	-6,90%
Ingen rehabilitering av bygningskroppen		34 089	33 185	3,30%	10,10%
H-rehabilitering av bygningskroppen		28 597	24 466	-13,30%	-18,80%
Uten effektivisering av belysning		34 482	33 270	4,50%	10,40%
H-effektivisering av belysning		34 089	33 185	3,30%	10,10%
LRR – TEK15 forblir standard i TEK20,		33 217	31 266	0,70%	3,80%
Passivbygg som standard TEK 20		32 582	28 207	-1,30%	-6,40%
NNE som standard i TEK 20		31 677	25 970	-4,00%	-13,80%

Tabell 24: Sensitivitetsanalyse for enkelte av driverne for utvikling i energiforbruk i tjenesteytende sektor.

6.2 Effekt av innføring av nær nullenergibygg som byggeteknisk standard i 2020

I bygningsenergidirektivet (2010/31/EU) foreligger det krav om at nær netto nullenergi skal innføres som ny teknisk bygningsstandard for nye bygg i EU-land i 2020, og at hvert land selv skal definere standarden. Det er som tidligere nevnt usikkert hvordan denne standarden vil defineres i Norge og om det vil foreligge krav til lokal energiproduksjon i byggene i standarden. For å svare på hvilken innvirkning innføring av nær netto nullenergibygg vil ha på utvikling i energiforbruk i bygningsmassen, er det antatt at nær netto nullenergibygg-standarder følger definisjonen til Seljom et. al. (Presentert i avsnitt 2.5.5). Dette innebærer at nær netto nullenergibygg defineres som passivhus med lokal årlig spesifikk energiproduksjon lik årlig spesifikt netto behov til elspesifikke formål. I modellen har nær nullenergibygg-standarder kun påvirkning på spesifikt netto energibehov og produksjon. I realiteten er det sannsynlig at den nye bygningsstandarder også vil inkludere nye krav til valg av oppvarmingsteknologier og oppvarmingssystemer, slik det for eksempel foreligger krav om fleksible oppvarmingssystemer i store bygg i TEK 10 og TEK10:16 (Byggeteknisk forskrift (TEK10), 2016, ss. §14-4).

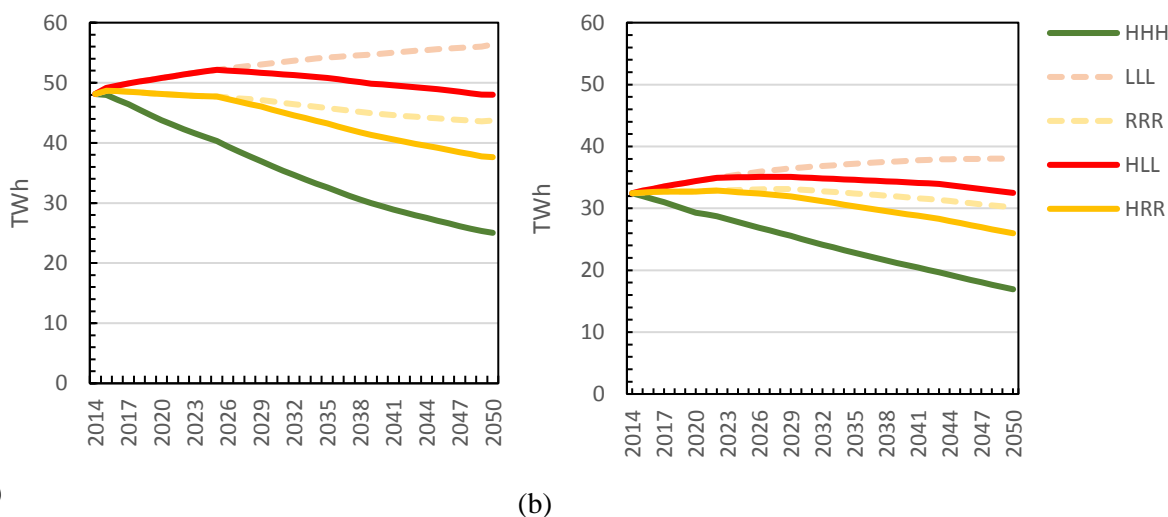
Som vist i 6.1 vil det samlede energiforbruket i bygningsmassen i 2050 reduseres med 14,7 % i forhold til i referansescenarioet dersom nær netto nullenergibygg innføres som ny standard i 2020 (HRR-scenarioet). I Figur 42a og b er det vist hvordan det årlige energiforbruket i henholdsvis husholdningene og tjenesteytende sektor vil utvikle seg i høyt tiltaksscenarioet (HHH), og i lav tiltaksscenarioet og referansescenarioet dersom nær netto nullenergibygg innføres som ny standard i 2020 (merket som henholdsvis scenario HLL og HRR).

Dersom nær netto nullenergibygg velges som ny teknisk standard i 2020 i referansescenarioet, vil det samlede energibehovet i husholdninger og tjenesteytende sektor reduseres fra 86 TWh i 2014 til 69 TWh i 2050. Dette tilsvarer en reduksjon i det totale årlige energibehovet i 2050 på 13,3 % i forhold til i referansescenarioet. Totalt energiforbruk i sektorene vil reduseres fra 80,6 TWh i 2014 til 62,9 TWh i 2050. I det opprinnelige referansescenarioet er det framskrevet at det totale årlige energiforbruket i bygningsmassen vil reduseres med 6,7 TWh i 2050 i forhold til forbruket i 2014. Dersom nær nullenergibygg velges som ny bygningsstandard i 2020 er denne reduksjonen i energiforbruket framskrevet til å bli 17,7 TWh – hele 11 TWh mindre enn i referansescenarioet. Effekten av å innføre en ambisiøs nær netto nullenergibygg-standard som ny bygningsstandard i 2020 kan derfor ha meget

stor påvirkning på det totale energiforbruket og energibehovet i husholdninger og tjenesteytende sektor i de kommende årene.

Dersom nær netto nullenergibygg innføres som ny teknisk standard i lavtiltaksscenarioet (HLL) vil energiforbruket fortsette å øke mot 2023 grunnet økt bygningsareal og at all aktiv energieffektivisering er stoppet. Etter 2023 vil de første nær netto nullenergibyggene oppføres, og dermed vil veksten i energiforbruket avta ettersom gammelt bygningsareal erstattes av nytt, og meget energieffektivt areal. Det totale energiforbruket i sektorene vil ha negativ vekst i perioden 2023 til 2050, noe som fører til at energiforbruket i 2050 blir omtrent like høyt som energiforbruket i 2014. Innføring av nær netto nullenergibygg som ny bygningsstandard vil derfor ikke være tilstrekkelig for å redusere det energiforbruket i bygninger i forhold til dagens forbruk dersom aktivitetsutviklingen blir som framskrevet, og det ikke gjøres andre energieffektiviserende tiltak i bygningsmassen.

Forskjellen i redusert energiforbruk i høytildaksscenarioet og referansescenarioet med nær netto nullenergibygg som ny TEK 20 (HRR) vil fortsatt være meget stor. Dette tyder på at forskjellen i den totale reduksjonen i årlig energiforbruk i høytildaksscenarioet og referansescenarioet ikke hovedsakelig skyldes valg av teknisk standard i 2020, men at de andre scenariomekanismene også har stor påvirkning på den kraftige reduksjonen i energiforbruket i høytildaksscenarioet.



Figur 42a og b: Utvikling av energiforbruket i scenarioene HHH, RRR og LLL og scenarioene LLL og RRR dersom netto nullenergibygg hadde blitt innført som teknisk standard for bygg i TEK 20 (henholdsvis navngitt HLL og HRR). Resultatene er vist for husholdninger (a) og tjenesteytende sektor (b) hver for seg.

6.3 Hvordan kan effektiviseringsmålet fra Energimeldingen oppnås

I Energimeldingen (Meld St. 25, 2015-2016) er det satt et mål om at energiforbruket i den eksisterende bygningsmassen skal reduseres med 10 TWh innen 2030 i forhold til dagens nivå. Dette er et uklart mål da det ikke er spesifisert når målsetningen skal gjelde fra, og hvorvidt det med «eksisterende bygningsmasse» menes bygg som er oppført før målsetningen trer i kraft, eller om det gjelder den totale bygningsmassen i 2030. Da det per desember 2016 ikke finnes statistikk for det totale energiforbruket i bygningsmassen i 2016 er det ikke mulig å studere på forskjellen mellom energiforbruket i 2016 og 2030. På grunn av dette er det valgt å se på hvordan energiforbruket i den eksisterende bygningsmassen kan reduseres med 10 TWh i 2030 i forhold til energiforbruket i 2014.

Da ordlyden i målsetningen gir rom for fortolkning, har følgende analyser blitt utført:

1. Hvordan det totale årlige energiforbruket i den eksisterende bygningsmassen som er konstruert før 2014 kan reduseres med 10 TWh i 2030 i forhold til energiforbruket i 2014.
2. Hvordan det totale årlige energiforbruket i bygningsmassen kan reduseres med 10 TWh i 2030 i forhold til energiforbruket i 2014.

6.3.1 Hvordan totalt årlig energiforbruk i eksisterende bygningsmasse (konstruert før 2014) kan reduseres med 10 TWh i 2030 i forhold til dagens nivå

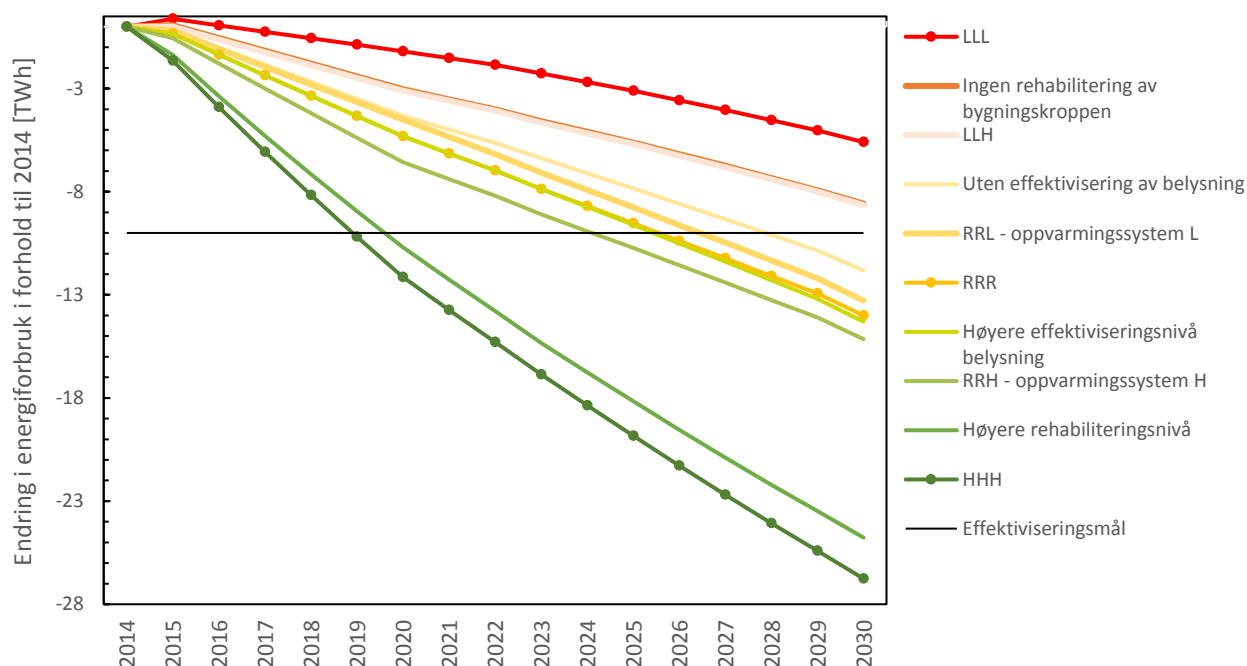
Endring i energiforbruk for eksisterende bygningsmasse (oppført før 2014) i perioden 2014-2030 er vist i Figur 43 for de ulike scenarioene.

I perioden 2014-2030 vil en betydelig del av den eksisterende bygningsmassen rives. I lavtildaksscenarioet (LLL) skjer det ingen aktiv rehabilitering av bygningsmassen, eller endringer i byggenes oppvarmingsystemer. Likevel er det framskrevet at det årlige energiforbruket i «eksisterende bygningsmasse» vil reduseres med 5,6 TWh i perioden 2014-2030 i lavtildaksscenarioet grunnet riving av bygningsareal. Riveraten vil derfor ha en meget stor påvirkning på utviklingen i årlig energiforbruk i «eksisterende bygningsmasse» i perioden 2014-2030, men den er som tidligere nevnt meget usikker da riving av bygg ikke registreres i Norge, og det derfor ikke finnes statistikk over historiske rivingsrater. Dersom riveraten dog blir som framskrevet vil man være godt stykke på vei for å nå målsetningen i Energimeldingen uten å gjøre et eneste aktivt effektiviseringstiltak. Dersom det ikke blir utført noe rehabilitering i bygningsmassen, men oljekjelene blir byttet ut med varmepumper og direkte elektrisitet (LLR-scenarioet) vil det totale, årlige energiforbruket i eksisterende bygningsmasse reduseres med 8,6 TWh i 2030 i forhold til i 2014.

I referansescenarioet vil reduksjonen i bygningsmassens årlige energiforbruk over perioden være 14 TWh. Målet om reduksjon på 10 TWh vil derfor oppnås med god margin. Dersom belysningssystemene i den eksisterende bygningsmassen ikke effektiviseres som framskrevet i referansescenarioet, vil årlig energiforbruk i bygningsmassen reduseres med 11,8 TWh slik at effektiviseringsmålet fortsatt oppnås. Energieffektiviseringsmålet i referansescenarioet vil også fortsatt oppnås selv om oppvarming ved hjelp av oljefyring ikke fases ut i 2020 (scenario RRL). Hvis det hverken skjer en effektivisering av belysningen eller oljefyring fases ut, vil reduksjonen i energiforbruket i referansebanen likevel være på 11,1 TWh for eksisterende bygningsmasse. Det er derfor vurdert at dersom aktivitetsutviklingen blir som forventet, er en målsetning om å redusere energiforbruket i bygningsmassen fra 2014 med 10 TWh

innen 2030 et lite ambisiøst mål som enkelt kan oppnås på flere måter uten å gjøre ytterligere politisk tilrettelegging, da energieffektiviseringen vil skje naturlig dersom rehabiliteringsraten og riveraten forblir som antatt.

Høytiltaksscenarioet (HHH), og referansescenarioet der en stor andel av bygningsmassen rehabiliteres til passivhusstandard (RHR) er meget ambisiøse scenarioer som er ment å beskrive være det absolutte potensialet for reduksjon i energiforbruket. Som vist i Figur 43 er det et stort spenn i energibesparelsen i disse scenarioene og energibesparelsen i bygningsmassen i de øvrige scenarioene. Dette understreker at det er et stort ytterligere potensial for reduksjon i energibruk i eksisterende bygningsmasse enn det som er satt i målsetningen som kan oppnås gjennom rehabilitering av eksisterende bygningsmasse.



Figur 43: Utvikling i totalt årlig netto energiforbruk i «eksisterende bygningsmasse» (bygningsmasse oppført før 2014) i forhold til energiforbruket i 2014 i lavt tiltaksscenarioet (LLL), høyt tiltaksscenarioet (HHH) og for referansescenarioet når ulike parametere er endret. «Effektiviseringsmålet» er satt i Energimeldingen (Meld St. 25, 2015-2016) og innebærer en reduksjon i årlig energiforbruk i eksisterende bygningsmasse på 10 TWh i 2030 i forhold til dagens nivå.

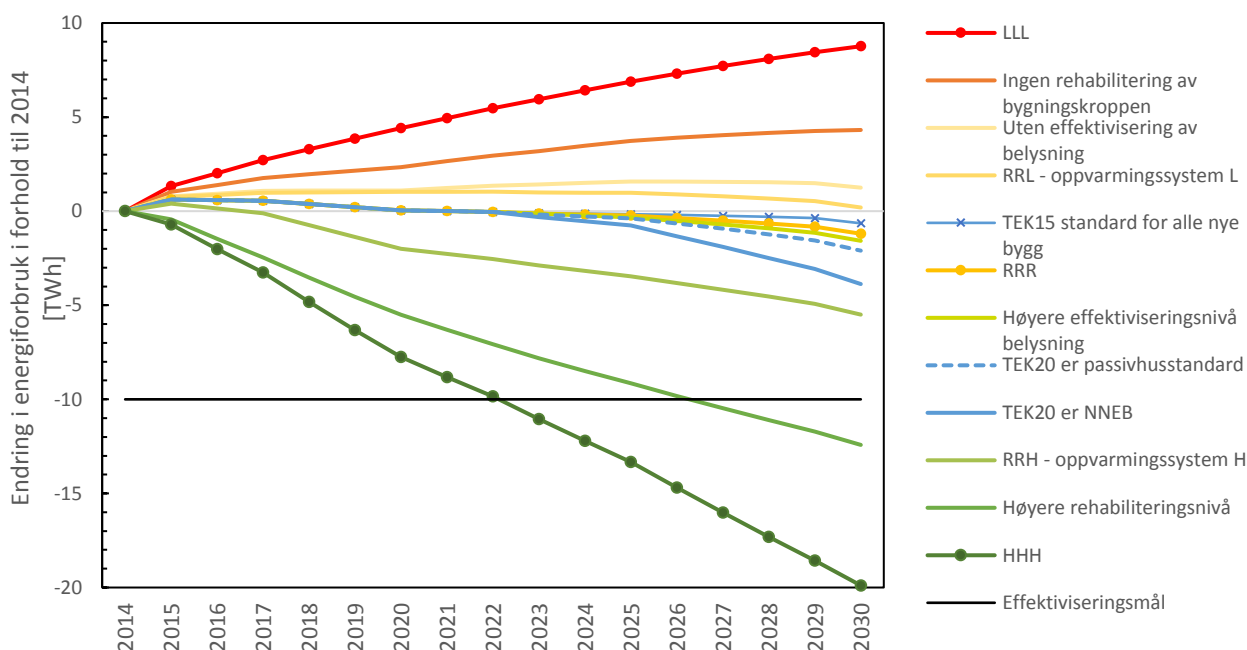
6.3.2 Hvordan totalt årlig energiforbruk bygningsmassen kan reduseres med 10 TWh i 2030 i forhold til dagens nivå

Utvikling i totalt årlig energiforbruk for bygningsmassen i forhold til energiforbruket i 2014 i lavt tiltaksscenarioet, høyt tiltaksscenarioet og referansescenarioet (ved endring i ulike parametere) er vist i Figur 44.

Energieffektiviseringsmålet vil med denne ordlyden kun oppnås i høyt tiltaksscenarioet (HHH) og i referansescenarioet med høyt tiltaksnivå for rehabilitering av bygningsmassen (RHR), og er med det et meget ambisiøst mål. Den store veksten i bygningsarealet som er framskrevet i modellen, vil føre til at totale energiforbruket for hele bygningsmassen kun reduseres med 1,2 TWh innen 2030 i referansescenarioet (RRR) og øker med 8,8 TWh i lavt tiltaksscenarioet (LLL). Reduksjonen vil bli noe

større i referansebanen dersom nær nullenergibygg velges som ny teknisk standard i 2020 og/eller det skjer en revolusjon i belysningsteknologi som fører til en ekstra energieffektivisering av belysningen. Disse tiltakene vil til sammen dog kun føre til en samlet reduksjon i energiforbruket i referansebanen på 5,4 TWh i forhold til forbruket i 2014. Dermed må det også være en høyere rehabiliteringsrate enn antatt i referansescenarioet, eller en større andel av oppvarmingsbehovet må dekkes av varmpumper for at det skal bli mulig å redusere forbruket med 10 TWh.

Dersom aktivitetsutviklingen blir som framskrevet vil det kreves en innføring av meget effektive politiske tiltak for å kunne redusere energiforbruket i bygningsmassen med 10 TWh i 2030 sammenlignet med energiforbruket i 2014. Det vil ikke være nok å innføre nær netto nullenergibygg som ny standard i TEK 20, da dette kun vil føre til en reduksjon på 3,8 TW, men det må også iverksettes andre tiltak i tillegg for å nå målet. Mulige tiltak kan være å blant annet styrke Enovatilskuddet slik at man kan subsidiere ENØK-vurderinger, rehabilitering, utskiftning til varmpumper og termisk solvarme. Da vil rehabiliteringsraten kanskje gå opp, og flere vil skifte til mer energieffektivt oppvarmingssystem. Reduksjonen vil bli større ved mer effektivisering av belysningssystemene i byggene. Dette kan oppnås gjennom å sette krav til styringssystemer for belysning i yrkesbygg, og ved å gjøre ny og mer effektiv belysning mer tilgjengelig gjennom forskning og krav til belysningseffektivitet. Oppvarmingsbehovet kan også muligens reduseres ved å sette økte krav til bygningsstandard ved omfattende rehabiliteringer av bygg, men dette kan også få en motvirkende effekt dersom flere heller velger å ikke gjennomføre rehabilitering i det hele tatt grunnet økte kostnader. Dersom Energieffektiviseringsdirektivet (2012/27/EU) innlemmes i EØS-avtalen kan det muligens bidra til at man kommer nærmere målet om å redusere energiforbruket i bygningsmassen med 10 TWh. Direktivet innebærer blant annet innføring av rimelige energisjekker for bygningseiere og at medlemslandene skal rehabilitere 3 % av det totale gulvarealet i bygg over 250 m² eid av sentrale myndigheter som er oppvarmet eller nedkjølt (Regjeringen.no, 2013), og dette kan ha mye å si for reduksjonen i energiforbruket frem mot 2030.



Figur 44: Utvikling i totalt årlig netto energiforbruk i «eksisterende bygningsmasse» (bygningmasse oppført før 2014) i forhold til energiforbruket i 2014 i lavtiltaksscenarioet (LLL), høytildaksscenarioet (HHH) og for referansescenarioet når ulike parametere er endret. «Effektiviseringsmålet» er satt i Energimeldingen (Meld St. 25, 2015-2016) og innebærer en reduksjon i årlig energiforbruk i eksisterende bygningsmasse på 10 TWh i 2030 i forhold til dagens nivå.

6.4 Sammenligning av modellen med andre eksisterende modeller

For å vurdere relevansen resultatene fra modellen, har framskrivningen av energibehovet og energiforbruket i referansescenarioet blitt sammenlignet med framskrivningene fra CenSES, EPISCOPE og Energimeldingen. Modellen har ikke blitt sammenlignet med andre modeller utover disse, da eventuelle andre kjente modeller er vurdert til å være enten utdaterte, ikke framskriver energiforbruket for en tidsperiode lengre enn 2020, eller har gruppert energiforbruket på en slik måte at man ikke kan skille ut energiforbruket til husholdningene og tjenesteytende sektor på samme måte som framskrivningene i modellen.

6.4.1 CenSES-energiframskrivninger

I 2014 utarbeidet Institutt for energiteknikk (IFE) energiframskrivninger for Norge frem mot 2050 for sektorene husholdninger, tjenesteytende næringer (inkludert primærnæringer og bygg og anlegg), industri og transport (Rosenberg & Espegren, CenSES-energiframskrivninger mot 2050 (IFE/KR/E-2014/003), 2014) i regi av Centre for Sustainable Energy Studies (CenSES). Framskrivningene ble modellert ved hjelp av Excel og den norske TIMES-modellen.

Basisåret i CenSES-framskrivningen er 2010. I CenSES-framskrivningen er aktiviteten for utvikling i energiforbruk i husholdningene antall boliger. Det er her antatt at det ikke vil være noen ingen endring i antall personer per husholdning, at arealet per bolig vil øke og at befolkningsveksten blir som fremskrevet i SSBs middelalternativ. Det er benyttet en renoveringsrate på 2 % og rivingsraten på 0,3 % i modellen. For tjenesteytende sektor er det antatt en arealutvikling der veksten er på 1,6 ganger befolkningsveksten før 2025 og 1 ganger befolkningsveksten etter 2025. CenSES-modellen har ikke delt bygningsarealet inn i aldersgrupper, men benytter et gjennomsnittlig spesifikt energibehov for bygningsmassen ved beregning totalt energibehov. Valg av oppvarmingssystem har blitt bestemt etter optimeringsanalyser i TIMES.

Det er utviklet flere ulike scenarioer for utvikling i energiforbruk og energibehov i bygningsmassen i CenSES-framskrivningen. En sammenligning av det framskrevne energibehovet og energiforbruket i husholdningene og tjenesteytende sektor i referansescenarioene fra CenSES-framskrivningene og modellen er vist i Tabell 25.

Det er store forskjeller mellom resultatene for framskrevet energibehov og energiforbruk i husholdningssektoren i CenSES-framskrivningene og modellen. I CenSES-framskrivningene er totalt årlig energibehov i boligmassen forventet å stige med 9,9 TWh i forhold til behovet i 2014 over simuleringsperioden. Energibehovet i referansescenarioet (RRR) er forventet å reduseres med 4,9 TWh over simuleringsperioden. Årsakene til de store forskjellene er at boligarealet er forventet å stige mye mer i CenSES-framskrivningene enn i modellen, og at energiintensiteten er forventet å reduseres i større grad i referansescenarioet enn i CenSES-framskrivningene. I 2014 er spesifikt energiforbruk i husholdningene i CenSES-framskrivningene på 176,8 kWh/m²år, mens det spesifikke energiforbruket i boligene i modellen er på 179,6 kWh/m²år. I referansescenarioet i modellen vil boligmassen rehabiliteres i relativt høy grad, og lavtaksbygg innføres som ny standard for alle bygg oppført etter 2020. Dette fører til at gjennomsnittlig spesifikt energiforbruk i boligene reduseres til 102,1 kWh/m²år i 2050 i referansescenarioet. I CenSES-framskrivningene er alle nye bygg i hele simuleringsperioden bygget etter TEK10-standard. Dette bidrar til at spesifikt energiforbruk i boligene kun reduseres til 123,5

kWh/m²år i 2050 i CenSES-framskrivingene. I CenSES-framskrivingene er energibehovet lavere enn energiforbruket i husholdningene. Dette skyldes sannsynligvis at andelen av oppvarmingsbehovet i boligene i CenSES-modellen som varmes opp av varmpumper er lavere enn i referansescenarioet (RRR) i modellen. Dette bidrar sannsynligvis også til den store differansen i framskrevet energiforbruk i CenSES-framskrivingen og modellen i 2050.

Det er mindre forskjeller mellom det beregnede energibehovet og -forbruket i tjenesteytende sektor 2050 i CenSES-framskrivingene og referansescenarioet i modellen, men framskrivingene skiller seg fra hverandre på flere måter. Det er ikke gjort framskrivinger av alle de samme bygningskategoriene for næringsbygg i CenSES-framskrivingene som i modellen, og det er derfor vanskelig å avgjøre hvorvidt forskjellene i framskrevet energibehov og energiforbruk i tjenesteytende sektor skyldes ulikheter i aktivitetsutviklingen, eller andre forhold. I likhet med for husholdninger, er det totale årlige energiforbruket og -behovet til tjenesteytende sektor forventet å øke i CenSES-framskrivingene, mens behovet forbruket er forventet å bli redusert i referansescenarioet (RRR).

Sektor		Modell	2014	2030	2050
Husholdninger	Areal [millioner m ²]	CenSES	263	-	421
		RRR	267,8	325	380,8
	Energibehov [TWh/år]	CenSES	45,4	51,1	55,3
		RRR	49,8	48,5	44,9
	Energiforbruk [TWh/år]	CenSES	46,5	50,2	52,0
		RRR	48,1	46,5	43,0
Tjenesteytende sektor	Areal [millioner m ²]	CenSES ³	96,2	121	133
		RRR ⁴	120,8	126,9	129,9
	Energibehov [TWh/år]	CenSES	31,3	32,0	35,1
		RRR	36,2	37,9	34,9
	Energiforbruk [TWh/år]	CenSES	29,7	31,3	36,1
		RRR	32,4	33,0	30,1

Tabell 25: Sammenligning av framskrevet areal, energiforbruk og energibehov i referansescenarioet (RRR) fra modellen og referansescenarioet fra CenSES-energiframskrivinger (Rosenberg & Espegren, CenSES-energiframskrivinger mot 2050 (IFE/KR/E-2014/003), 2014) i årene 2014, 2030 og 2050. 2014-verdien i CenSES-framskrivingene er funnet ved hjelp av lineær interpolasjon fra basisåret 2010.

³ Kun areal for undervisningsbygg, hotell, helebygg, kontorbygg og forretningsbygg.

⁴ Totalt areal for tjenesteytende sektor i modellen foruten «kulturbygninger» og «lett industri, og verksteder».

6.4.2 EPISCOPE

I prosjektet EPISCOPE (presentert i 2.6) er det totale energiforbruket til oppvarming og ventilasjon i den norske boligmassen framskrevet i tre scenarioer frem mot 2050 ved hjelp av en byggt teknisk modell (Brattebø, O'born, Sandberg, Vestrum, & Sartori, 2015). I EPISCOPE er boligmassen inndelt etter tre bygningskategorier - leiligheter, eneboliger og rekkehus - og syv aldersgrupper - seks grupper for eksisterende bygningsmasse og en gruppe for nye bygg. Enovas «potensial og barrierestudie» (Enova, 2012) er benyttet som grunnlag for å segmentere den totale boligmassen i aldersgrupper og bygningskategorier. Framskrivningene av energiforbruket i EPISCOPE har blitt utført ved at det har blitt utviklet 21 eksempelbygninger som representerer alle de ulike bygningskategoriene og aldersgruppene. Ved rehabilitering av bygningene skjer det fysiske endringer i bygningskroppene til eksempelbyggene slik at U-verdiene for byggene reduseres, og dermed også energibehovet. Byggene i modellen rehabiliteres i tre nivåer: «ingen rehabilitering», «forbedret energitilstand» eller «ambisiøs energitilstand». Det er utviklet tre ulike scenarioer for framskrivning av energiforbruk i boligmassen i EPISCOPE:

- Trend-scenarioet: Gjennomsnittsverdier for energiintensitet fra perioden 1993-2012 ekstrapoleres frem mot 2050.
- Scenario B: Rehabilitering av bygningsmassen skjer på nivået «forbedret energitilstand». Nye bygg fra 2010-2020 er bygget etter TEK 10-standard. Nye bygg etter 2020 er nær nullenergibygge.
- Scenario C: Rehabilitering av bygningsmassen skjer på nivået «ambisiøs energitilstand». Nye bygg fra 2010-2020 er bygget etter TEK 10-standard. Nye bygg etter 2020 er nær nullenergibygge.

Resultatene fra framskrivning av energiforbruk og utslipp fra husholdninger i EPISCOPE-scenarioene er sammenlignet med resultatene fra referansescenarioet (RRR), og referansescenarioet der nær nullenergibygge velges som teknisk standard i 2020 (HRR) fra modellen i Tabell 26.

I 2015 er det beregnet et lavere energiforbruk i bygningsmassen i EPISCOPE-scenarioene enn i modellens referansescenario (RRR). Til tross for at EPISCOPE sannsynligvis også har kalibrert sin modell mot målte data kan det oppstå forskjeller når man bare skal se på energiforbruket til kun ventilasjon og oppvarming. Energivarebalansen opplyser ikke om hvor mye av energiforbruket til elektrisitet som benyttes til oppvarming, ventilasjon eller andre formål. I EPISCOPE er det antatt at boligene benyttet 27 119 GWh elektrisitet til oppvarming og ventilasjon i 2015, mens forbruket av elektrisitet til oppvarming og ventilasjon er beregnet til å være 30 340 GWh i 2015 referansescenarioet i modellen.

Resultatene viser at det framskrevne boligarealet er en del lavere i EPISCOPE-scenarioene enn i CenSES-framskrivingene og i modellen. Dette fører til at det framskrevne energiforbruket til oppvarming og ventilasjon i 2050 er lavere i trend-scenarioet i EPISCOPE enn i referansescenarioet i modellen. I EPISCOPE innføres netto nullenergibygge som TEK 20-standard i scenario B og C. Dersom nær nullenergibygge innføres som standard i referansescenarioer (scenario HRR) vil energiforbruket til oppvarming og ventilasjon i modellen i HRR-scenarioet reduseres til 27,7 TWh i 2050. Dette er lavere enn det framskrevne energiforbruket i EPISCOPE-scenario B og høyere enn energiforbruket i scenario C. Det spesifikke energiforbruket i referansescenarioet med nær nullenergibygge som TEK 20 er en del lavere enn det spesifikke forbruket i scenario B og C. Årsaken til dette kan være at det benyttes en

hyppigere rive- og nybyggingsrate i modellen, at nær nullenergi-definisjonen er for ambisiøs sammenlignet med standarden i EPISCOPE, eller at rehabilitering av bygningsmassen i referansescenarioet gir en større reduksjon i spesifikt energibehov til oppvarming enn rehabilitering gjør i EPISCOPE-scenarioene.

I 2015 er utslippene i referansescenarioet (RRR) i modellen litt høyere enn utslippene i EPISCOPE-scenarioene. Dette skyldes sannsynligvis at det er benyttet ulike CO₂-faktorer i modellene, og ikke forskjellen i energiforbruket, ettersom forskjellen i energiforbruket i modellene skyldes økt elektrisitetsforbruk. I framskrivningens siste år er det store forskjeller mellom utslippene i de to modellene. Disse forskjellene skyldes sannsynligvis at all bruk av olje og fyringsparafin fases ut i referansescenarioet i referansescenarioet (RRR) i modellen, mens fyringsparafin fortsatt benyttes til oppvarming av boliger i 2050 i EPISCOPE.

	Modell	2015	2030	2050
Areal [millioner m ²]	EPISCOPE	252	282	324
	RRR	274,9	325	380,8
Energiforbruk [TWh/år]	EPISCOPE Trend	35,8	34,4	29,3
	EPISCOPE B	35,8	33,3	28,2
	EPISCOPE C	35,8	31,5	24,3
	RRR	37,3	34,6	30,8
	HRR	37,2	34,0	27,7
Spesifikt energiforbruk [kWh/m ² år]	EPISCOPE Trend	142.1	122.0	90.4
	EPISCOPE B	142.1	118.1	87.0
	EPISCOPE C	142.1	111.7	75.0
	RRR	135.7	106.5	80.9
	HRR	135.3	104.6	72.7
Utslipp [kg CO ₂ -ekv/KWh]	EPISCOPE Trend	0,095	0,086	0,086
	EPISCOPE B	0,095	0,086	0,086
	EPISCOPE C	0,095	0,086	0,086
	RRR	0,011	0,002	0,001
	HRR	0,011	0,002	0,001

Tabell 26: Sammenligning av framskrivning av areal, energibruk og utslipp knyttet til bruk av ventilasjon og oppvarming i boliger fra EPISCOPEs energiframskrivninger (Brattebø, O'born, Sandberg, Vestrup, & Sartori, 2015, s. 58) med referansescenarioet (RRR), og referansescenarioet med nær nullenergibygg som TEK 20 standard (HRR) i modellen

6.4.3 Energimeldingen

I forbindelse med utgivelse av Energimelding (Meld St. 25, 2015-2016) ble det totale, brutto elektrisitetsforbruket i husholdninger og tjenesteytende sektor fremskrevet til 2030. Resultatene fra denne framskrivningen er sammenlignet referansescenariot (RRR) fra modellen i Tabell 27.

Interpolert elektrisitetsforbruk i boligmassen i Energimeldingen er litt for lavt i forhold til elektrisitetsforbruket i modellen, som er kalibrert mot energivarebalansen (SSB, 2015a). Det framskrevne elektrisitetsforbruket i 2030 i Energimeldingen stemmer godt overens med det framskrevne elektrisitetsforbruket i referansescenariot i modellen for fritidsboliger og tjenesteytende næring, men er 0,9 TWh – eller omtrent 2,4 % høyere i energimeldingen enn i modellen. Hvilke beregninger som ligger bak framskrivningen i energimeldingen er ikke oppgitt, og det er derfor uvisst hvorvidt resultatene samsvarer på grunn av tilfeldigheter eller fordi det har blitt gjort tilnærmet like antakelser for utvikling i energibruk i bygningsmassen.

Sektor	Modell	Brutto elektrisitetsforbruk [TWh]	
		2014 (2012)	2030
Husholdninger (uten fritidsboliger)	Energimeldingen	36,5	38
Tjenesteytende næringer	Energimeldingen	25,7	27
Fritidsboliger	Energimeldingen	2,1	2,5
Husholdninger (uten fritidsboliger)	RRR	37,6	37,1
Tjenesteytende næringer	RRR	25,1	27
Fritidsboliger	RRR	2,1	2,5

Tabell 27: Sammenligning av framskrevet elektrisitetsforbruk i 2030 i Energimeldingen (NVE, 2016a) og referansescenariot (RRR) i modellen. Verdien for 2014 i Energimeldingen er funnet ved lineær interpolering fra 2012.

6.5 Vurdering av resultater og mulige feilkilder

En framskrivning vil av natur være usikker da den ikke kan etterprøves ved utgivelsen. En framskrivningsmodell er derfor nødt til å oppdateres kontinuerlig for å ta høyde for ny utvikling og kunnskap dersom den skal fortsette å være aktuell. Ved sammenligning av resultater fra modellen og andre framskrivinger er det tydelig at det er mye usikkerhet i hvordan framtidens energibehov vil utvikle seg, da framskrivingene er meget sensitive for hvilke antakelser som gjøres i scenarioene, som vist i avsnitt 6.1. Energibehovsmodellen utviklet i denne masteroppgaven framskriver energibehovet i private husholdninger og tjenesteytende sektor frem mot 2050. Modellen skal altså beregne behovet på et meget overordnet nivå, og det har derfor vært nødvendig å gjøre store forenklinger og antakelser om bygningers energibehov, teknologivalg og aktivitetsutviklingen. I disse antakelsene ligger det mye usikkerhet, og dermed også mulige feilkilder.

I sensitivitetsanalysen ble det vist at befolkningsveksten har stor påvirkning på energiforbruket i modellen, da det er en direkte driver for arealutviklingen. Det er ikke undersøkt hvilken påvirkning befolkningsutviklingen vil ha på arealutviklingen og energibehovet i yrkesbyggene, men det vil sannsynligvis spille en stor rolle. Det finnes ikke sikker statistikk over bygningsarealet i Norge. I modellen, og i de fleste andre framskrivinger av energibruk i den norske bygningsmassen som er utgitt etter 2010 er det tatt utgangspunkt i arealberegningen i Enovas «potensial og barrierestudie» (Enova, 2012) og deretter framskrevet utviklingen, men arealstatistikken i denne studien er basert på beregninger og er i seg selv usikker. I modellen er det utforsket hvordan ulike utviklingstrekk vil påvirke energiintensiteten, men en av modellens største svakheter er at dette ikke har blitt gjort i like stor grad for aktivitetsutviklingen, til tross for at den har like mye å si for resultatet. Rivingsraten også avgjørende for arealutviklingen, men rivingsraten er ekstremt usikker da riving ikke registreres i Norge. Dersom rivingsraten er høyere enn antatt vil energiforbruket i bygningsmassen reduseres mer enn framskrevet grunnet lavere vekst i arealutviklingen, men også fordi riving av eldre og energikrevende bygg gjør at bygningsmassen i snitt vil bli yngre og mer energieffektiv. Dersom rivingsraten er lavere kan det føre til blant annet at målet om reduksjon av 10 TWh i eksisterende bygningsmasse innen 2030 ikke oppnås. Andre faktorer som kan påvirke boligarealet er blant annet husholdningsstørrelse, boligareal og husholdningstype, men effekten av endringer i utvikling i disse driverne har ikke blitt studert.

Yrkesbygg er mer komplisert å modellere enn husholdninger. Det er fordi dette er en gruppe sammensatt av meget forskjellige bygg med ulik struktur, størrelse og bruksområde. For noen bygningstyper vil overgangen mellom yrkesbygg og industribygg være glidende. Samtidig er det også noen yrkesbygg som passer inn i flere kategorier, eller som har flere funksjoner under samme tak. Å gjøre felles antakelser for alle yrkesbygg er en ekstrem forenkling. Som vist i litteraturstudien over drivere i yrkesbygg er det store forskjeller mellom bygningskategoriene av yrkesbygg, og hva som er forventet utvikling av hvordan areal, intensitet og formålsfeling. For en bedre framskrivning bør utviklingen i energibruk i yrkesbygg modelleres separat for hver av bygningskategoriene. I tillegg til at det er komplisert å gjøre antakelser om scenarioene for yrkesbygg er også kalibreringen problematisk. Energivarebalansen for yrkesbygg er usikker og er ikke inndelt etter bygningskategori. Dermed må hver enkelt bygningskategori kalibreres mot målte data fra et mindre utvalg av yrkesbygg som ikke nødvendigvis er representativt for energiforbruk i bygningskategorien, i tillegg til energivarebalansen. Ved kalibrering av elspesifikt forbruk har kun forbruket til elektrisk utstyr blitt endret. Årsaken til at kalibreringen har blitt gjort på denne måten er at det er lite studier på formålsdeling av elspesifikt forbruk

i ulike bygningskategorier i Norge. Dette kan dog føre til at potensialet for energieffektivisering blir feilvurdert. I forretningsbygg er for eksempel energibehovet til elektrisk utstyr skalert mye opp, men det kan hende at det egentlig er energiforbruket til belysning som egentlig er for lavt og som burde ha blitt kalibrert. Dersom energibehovet til belysning i basisåret heller hadde blitt skalert opp i forretningsbyggene ville potensialet for energieffektivisering over simuleringsperioden vært høyere, da det i referansescenariot ikke gjøres endringer i energibehov til elektrisk utstyr, mens det er store endringer i energibehovet til belysning over perioden

I tillegg til at arealutviklingen er usikker kan også demografien i befolkningen endres. Selv om det i avsnitt 2.4.4.8 ble påpekt at det i studier ikke er funnet forskjeller i energibruk i husholdninger med ikke-vestlige familier og vestlige familier, eller unge og gamle, er det gjort få undersøkelser på dette, og en eventuell endring i demografien kan påvirke energibehovet i fremtiden. I modellen er det antatt at alle i befolkningen er bosatt i private husholdninger til tross for at tallet er lavere, og sannsynligvis vil bli enda lavere grunnet en aldrende demografi som vist i 2.4.1.2. Konsekvensen av dette kan være at boligarealet er framskrevet for høyt, mens blant annet sykehjemsarealet er framskrevet for lavt.

Før kalibrering er energiintensiteten og det formålsdelte energibehovet i de ulike bygningskategoriene basert på standardverdier fra NS3031 for energibehov til elektrisk utstyr, varmt tappevann og belysning, og beregnede verdier for minimumsverdier for ulike bygningskategorier og tekniske standarder av Multiconsult for de øvrige formålene. Standardverdier fra NS3031 er ikke nødvendigvis basert på målte verdier, og faktisk bruk kan avvike fra disse. I avsnitt 2.4.4.1 ble beregning av formålsdelt energibehov for ulike bygningskategorier og bygningsstandarder fra Multiconsult (som er benyttet i modellen) og «potensial og barrierestudien» (Enova, 2012) presentert. Resultatene fra disse studiene var meget forskjellige for de eldste byggene. Formålsdelt energibehov for eldre bygg er dermed usikkert. I tillegg til dette ble det i 2.2 vist at det beregnede energiforbruket kan avvike mye fra det målte energiforbruket i bygg. Spesielt vil nye og meget energieffektive bygg ofte ha høyere energiforbruk enn beregnet. Dette kan derfor i praksis føre til at energiforbruket i eksisterende og «eldre» bygningsmasse er modellert for høyt, mens potensialet for energibesparelse ved innføring av nye, mer energieffektive bygningsstandarder er overvurdert i modellen.

Energibehovet til oppvarming av varmt tappevann og elektrisk utstyr er antatt å være uendret over simuleringsperioden i modellen. Historisk har energibehovet til varmt tappevann har blitt redusert i boliger siden 1990-tallet blant annet grunnet innføring av sparedusjer (Hille, Simonsen, & Aall, 2011). Dersom det er mange dusjer som enda ikke har blitt skiftet ut med sparedusjer i Norge vil det fortsatt være et potensiale for reduksjon i forbruk av varmt tappevann. Det kan derfor hende at energibehovet til oppvarming av varmt tappevann i boliger og de andre bygningskategoriene er framskrevet for høyt i modellen. I litteraturstudien er det antatt at det muligens vil være en endring i energiforbruket til elektrisk utstyr for flere av bygningskategoriene. Det har derimot ikke blitt utviklet ulike scenarier for utvikling i antall apparater og energibehov til elektrisk utstyr grunnet oppgavens tidsbegrensning. For noen av bygningskategoriene vil dog elektrisk utstyr utgjøre en stor andel av energibehovet. For å kunne studere effekten av økodesigndirektivet burde det gjøres grundigere vurderinger av utviklingen i energibehov til elektrisk utstyr i modellen. Potensialet for endring i energibehov til belysning er meget usikkert. Det finnes lite offentlig statistikk over hva slags belysning som benyttes i ulike bygningskategorier i Norge, og potensialet for å skifte ut eldre belysnings med ny er usikkert. Andre mulige feilkilder i modellen vil være at innetemperaturen og brukstid kan endres over perioden og avvike fra NS3031.

Grunnlaget for bestemmelse av oppvarmingsteknologier er ikke sikker. Data fra energimerkesystemet er benyttet til å bestemme andelen av oppvarmingsbehovet i yrkesbygg som dekkes av ulike oppvarmingsteknologier. Kun store bygg og bygg som skal selges eller leies ut som er pålagt å energimerkes av eksperter. Dersom andelen av store bygg utgjør en større andel av det energimerkede arealet for en bygningskategori, for enn det virkelige arealet av bygningskategorien, kan det gi et skjevt bilde av oppvarmingsteknologiene som faktisk benyttes i byggene, da det oftere benyttes energifleksible oppvarmingssystemer i større bygg enn i mindre. For oppvarmingssystemene i boliger er det gjort en del antakelser og forenklinger for valg av oppvarmingsteknologi i eksisterende bygningsmasse. Det er for eksempel antatt at andelen av energibehovet som dekkes av de ulike oppvarmingsteknologiene i eksisterende bygningsmasse er lik for småhus og boligblokker. Sannsynligvis er det større forskjeller mellom disse bygningskategoriene, og dette kan være en mulig feilkilde for forbruk av energi og energivarer i modellen.

I modellen skjer effektivisering av bygningenes energibehov til oppvarming gjennom rehabilitering og ENØK-tiltak. Når rehabiliteringen gjennomføres er bestemt av en rehabiliteringsrate. I likhet med rivingsraten registreres ikke rehabilitering og ENØK-tiltak i bygg i et nasjonalt register. Rehabiliteringsraten er dermed usikker. Det samme gjelder hvor stor påvirkning på energibehovet rehabiliteringen faktisk har. I modellen vil byggene kun gjennomgå ENØK-tiltak og/eller rehabiliteres maksimalt en gang i løpet av byggets levetid. I virkeligheten kan bygg rehabiliteres flere ganger over levetiden dersom det er lønnsomt. I sensitivitetsanalysen er det vist at endrede rehabiliteringsrater kan ha stor påvirkning på det totale energiforbruket, da en stor andel av det totale energibehovet går til oppvarming av rom. Innføring av politiske krav og virkemidler kan derfor påvirke energiforbruket i stor grad.

I 2010 ble det innført krav til energimerking av bygg og teknisk utstyr gjennom implementering av bygningsenergidirektivet. Ved energimerking av bygg vil det i tillegg til energikarakter gis en tiltaksliste med forslag til tiltak som kan gjøres for å bedre byggenes energieffektivitet. Hvordan dette kan påvirke rehabilitering og ENØK-raten er ikke vurdert i modellen, men i CenSES-framskrivingene ble det beregnet at innføring av energimerkeordningen ville føre til en reduksjon på 1,8 TWh i energibruk i boliger. Energieffektiviseringsdirektivet kan også få betydning for rehabilitering av bygningsmassen dersom det blir innført. Direktivet er vedtatt av EU, men det er enda ikke implementert i EØS-avtalen. I direktivet inngår det at 3 % av statseid areal skal rehabiliteres og at alle boligeiere samt små og mellomstore bedrifter skal få tilgang til billig energianalyse av sine bygg, samt andre tiltak som skal fremme energieffektivisering som presentert i avsnitt 2.5.6. Det er usannsynlig at energieffektivisering skjer i byggene dersom det ikke er lønnsomt, og rehabilitering av boligene vil sannsynligvis oftest skje dersom det allerede er planlagt større inngrep i bygningskroppen. Innføring av energieffektiviseringsdirektivet kan ha stor påvirkning på energibehovet til romoppvarming da det innebærer juridiske, økonomiske og informasjonsvirkemidler, men det er ikke undersøkt i modellen hvor stor påvirkning dette tiltaket faktisk kan ha.

Det er vist at valg av teknisk standard kan ha en stor betydning for energibehovet i bygg dersom standarden som velges er ambisiøs. I modellen er det sett på hva effekten av å innføre netto nullenergibygge som ny teknisk forskrift i 2020 vil være. Dette er sannsynligvis en mer ambisiøs standard enn den som kommer til å bli innført. I bygningsenergidirektivet av 2010 er det foreslått at nær netto

nullenergibygg skal innføres som by bygningsstandard i 2020, men at hvert av EU-landene skal definere standarden selv. Hvordan standarden for nær nullenergibygg vil defineres i Norge er usikkert per desember 2016, og det er usikkert hvorvidt standarden vil innebære krav til egenproduksjon av energi. I scenarioene der nær netto nullenergibygg er TEK 20 standard kan energieffektiviseringspotensialet derfor være overvurdert. I modellen påvirkes ikke energiforbruket i eksisterende bygg av energibehovet i nye bygg. I virkeligheten kan det hende at dersom nye bygg er bygget etter ambisiøs standard kan effektiviseringstiltak bli billigere fordi prosesser blir standardisert, og flere ønsker å rehabilitere bygningene sine til en høyere standard fordi de blir kjent med mulighetene. Det kan også tenkes at det ved innføring av ny, ambisiøs byggt teknisk standard settes krav til rehabiliteringsnivå i bygg ved store rehabiliteringer og ombygginger.

I modellen er det ikke gjort økonomiske beregninger for valg og bruk av oppvarmingsteknologier. I modellen er valgene av oppvarmingsteknologier basert på «best» og «worst» case scenarioer, men disse tar ikke hensyn til økonomi, tilgjengelighet, krav i teknisk standard eller fysisk mulighet. For å gjøre en vurdering av hvordan energiforbruket vil utvikle seg må det gjøres en økonomisk analyse av valg av oppvarmingsteknologier og energisystemet.

I modellen forblir andelen av oppvarmingsbehovet som dekkes av ulike oppvarmingsteknologier i «eldre»-bygg uendret fra 2020 og ut simuleringsperioden. I virkeligheten vil sammensetningen av oppvarmingsteknologier i denne gruppen sannsynligvis endre seg selv om det ikke ble gjort bevisste tiltak for å skifte ut oppvarmingssystem da de eldste byggene i denne gruppen vil rives i løpet av perioden og disse muligens benytter andre oppvarmingssystemer enn de yngste byggene i gruppen. Andre mulige feilkilder grunnet oppvarmingsteknologier kan være at ved installasjon av varmepumper som også kan benyttes til kjøling i husholdningene, vil energiforbruket i boligene øke ettersom flere vil benytte energi til kjøling av boligene sine.

I denne rapporten har kun resultater for det samlede energibehovet og –forbruket i Norge blitt presentert og diskutert, men modellen gir også resultater på regionsnivå. Regionene i modellen er det samme som elspotområdene i 2014, men grensene for regionene endres stadig, og har blitt endret etter 2014 og kommer sannsynligvis til å endre seg også i framtiden. Det totale energibehovet for bygningsmassen er fordelt på regionene etter folketall. Dette er en forenklet fordeling fordi demografien, og sammensetningen av næringsbygg kan variere mellom regionene. I enkelte regioner kan for eksempel sykehus- eller skoleareal per person være høyere enn i andre regioner.

7 Konklusjon

Hovedformålet med denne masteroppgaven har vært å se på hvordan det totale energibehovet og energiforbruket i Norges bygningsmasse vil utvikle seg frem mot 2050 ved ulike utviklingstrekk for å svare på hvordan innfasing av nær netto nullenergibygg vil påvirke fremtidig energibruk i bygningsmassen, og hvordan regjeringens effektiviseringsmål fra Energimeldingen (meld. st. 25, 2015-2016) kan oppnås.

Framskrivningen av energiforbruket i bygningsmassen har blitt utført ved å utvikle en statistisk bottom-up modell av bygningsmassen i programvareverktøyet LEAP. Referansescenariot i modellen er basert på antatt sannsynlig utvikling i energibehovet og bygningsarealet, samt vedtatt politikk. Ettersom det er usikkerhet i hvordan utviklingen i fremtidig energibehov i bygg vil være har det også blitt formulert et lavtiltaksscenario og høytildaksscenario for å belyse de mulige ytterpunktene i utvikling i energiforbruket i bygningsmassen. I referansebanen er det framskrevet at over perioden 2014-2050 vil totalt årlig energiforbruk i husholdningene reduseres fra 48,1 til 43,7 TWh, mens totalt årlig energiforbruk i tjenesteytende sektor vil reduseres fra 32,4 til 30,1 TWh. Dette gir en samlet reduksjonen i totalt årlig energiforbruk i bygningsmassen på 6,7 TWh i forhold til forbruket i 2014. Bygningsmassens totale årlig energibehov vil reduseres med 6,2 TWh over simuleringsperioden.

I Energimeldingen (Meld. St. 25, 2015-2016) er det satt et mål om at "energiforbruket i dagens bygningsmasse skal reduseres med 10 TWh innen 2030". Dersom dette tolkes som at energiforbruket i bygg som er oppført før 2014 skal reduseres med 10 TWh innen 2030, vil målet overoppfylles med 4 TWh i referansescenariot. Mye av denne reduksjonen i energiforbruket vil skyldes at en del av den eksisterende bygningsmassen rives i perioden, slik at det totale arealet av eksisterende bygningsmasse reduseres. Det er også vist at dersom bygg rehabiliteres og rives etter samme rate som framskrevet i referansescenariot, vil effektiviseringsmålet oppnås selv om fyring med oljekjel i bygg ikke fases ut i 2020, og det ikke skjer noen effektivisering av belysningsystemer i eksisterende bygningsmasse over perioden. Målet er derfor vurdert til å være lite ambisiøst.

I referansebanen innføres "lavenergi klasse 2" som ny teknisk bygningsstandard i 2020. Dersom nær netto nullenergibygg innføres som ny bygningsstandard vil totalt årlig energiforbruk i husholdninger og tjenesteytende sektor reduseres med 17,7 TWh over perioden, det vil si en reduksjon på ytterligere 11 TWh i forhold til i referansebanen. Det er derfor vurdert at innføring av nær netto nullenergi som ny teknisk standard i 2020 er et tiltak som vil ha stor påvirkning på reduksjonen i energiforbruket i den norske bygningsmassen.

Bygningers energiforbruk avhenger av en rekke faktorer, og ved en overordnet analyse må det gjøres flere forenklinger og antakelser. Det er et mål at modellen og framskrivningene skal kunne benyttes som et grunnlag for videre arbeid. Forslag til videre arbeid og forbedring av modellen vil være knyttet til følgende:

- En av modellens svakheter er at den fokuserer mye på energiintensiteten, men det er lite undersøkelser av effekten av ulike utviklingstrekk i bygningsmassens areal, for eksempel rivingsraten og befolkningsveksten. Det burde derfor gjøres undersøkelser og utvikle flere scenarioer for aktivitetsutviklingen, og eventuelt se på hvordan andre modeller for bygningsmassens arealutvikling kan implementeres i modellen.

- I scenarioene er det antatt at det ikke vil skje en endring i energibehovet til elektrisk utstyr. Modellen bør utvides til å inkludere en underlagsmodell for elektrisk utstyr slik at man kan modellere hvilke typer elektrisk utstyr som finnes i boligene og næringsbyggene og det årlige energiforbruket til utstyret. Slik kan man for eksempel analysere virkningen av innstrammede energikrav til elektrisk utstyr i byggene i Økodesigndirektivet.
- Til tross for at veksten i energiforbruket de siste årene har stagnert blant annet grunnet økte utetemperaturer, og temperaturen er forventet å fortsette å stige med flere grader i alle deler av landet frem mot 2050, er ikke dette tatt med i modelleringen av energibehovet. Modellen er bygget opp med mulighet til å analysere virkningen av økte utetemperaturer slik at analyser av innvirkning av klimaendringer på energibehovet enkelt kan utføres i videre arbeid.
- Valg av oppvarmingsteknologi vil ha stor påvirkning på energiforbruket og utslippene knyttet til oppvarming i bygg. Energibehovsframskrivingene fra modellen bør derfor benyttes i optimaliseringsanalyser for energisystemer, for eksempel i TIMES-Norge, for en mer korrekt analyse over hvordan energiforbruket vil utvikle seg.
- Analyser av hvordan EU-direktiver som ikke er innlemmet i EØS-avtalen, for eksempel «Energieffektiviseringsdirektivet», vil påvirke energibehovet dersom de blir innlemmet vil også være interessant for å kunne føre en effektiv energipolitikk.

8 Referanser

- Aanensen, T., & Fedirshyn, N. (2014). *Fjernvarme og fjernkjøling i Norge - Utvikling i sentrale størrelser*. Oslo: SSB.
- Ager-Hanssen, S. B. (2014). *Rapport - Analyse av data fra energimerkedatabasen, Figur 26*. Oslo: NVE.
- Asplan Viak. (2016). *Asplanviak.no, "Nordisk strøm blir renere"*. Hentet Oktober 12, 2016 fra <https://www.asplanviak.no/aktuelt/2016/02/03/nordisk-stroem-blir-renere/>
- Berg, L. (2012, Februar 17). *Store Norske Leksikon, snl.no, Enova SF*. Hentet November 11, 2016 fra https://snl.no/Enova_SF
- Berg, O. S. (2015). *nve.no, "Varedeklarasjon 2015"*. Hentet Oktober 12, 2016 fra <https://www.nve.no/elmarkedstilsynet-marked-og-monopol/varedeklarasjon/varedeklarasjon-2015/>
- Bergesen, B., Groth, L. H., Langseth, B., Magnussen, I. H., Spilde, D., & Toutain, J. W. (2012). *Rapport nr 30/2012 - Energibruksrapporten 2012 - Energibruk i husholdninger*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Berner, M. (2016, 2 2). Konsekvenser av ny TEK 15 VS. endringer i TEK 10 kap.14. Enova.
- BKK. (2016, Oktober 20). Tilbakemelding til NVE vedrørende fordelingsmåling. BKK Energitjenester.
- Bøeng, A., & Holstad, M. (2010). Fakta om energi - Utviklingen i energibruk i Norge. Oslo - Kongsvinger: SSB.
- Borg, A. (2015). *Relationships between measured and calculated energy demand in the Norwegian dwelling stock*. Trondheim: NTNU.
- Brattebø, H., O'born, R., Sandberg, N. H., Vestrum, M. I., & Sartori, I. (2015). *Fremtidig utvikling i energiforbruk og CO2-utslipp for Norges boligmasse*. Trondheim: EPISCOPE/NTNU/SINTEF Byggforsk.
- Byggteknisk forskrift (TEK10). (2016). Byggteknisk forskrift TEK 10:16, Kapittel 14 energi § 14-2(4), Krav til energieffektivitet. Oslo: Direktorat for byggkvalitet.
- Conolly, D., Lund, H., Mathiesen, B., & Leahy, M. (2009, October 25). A review of computer tool for analysing the integration of renewable energy into various energy systems. *Applied Energy* 87, ss. 1059-1082.
- Den europeiske union. (2010, Mai 19). DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the energy performance of buildings. *Official Journal of the European Union*.
- Det kongelige Miljøverndepartement. (2006-2007). St.meld. nr. 34 (2006-2007) Norsk klimapolitikk. Oslo: Det kongelige Miljøverndepartement.
- Det kongelige miljøverndepartement. (2011-2012). Meld. St. 21 . *Norsk klimapolitikk*.
- Det Kongelige Olje- og Energidepartement. (2015-2016). Meld. St. 25 (2015-2016) Melding til stortinget - kraft til endring - Energipolitikken mot 2030. Oslo.
- Direktorat for byggkvalitet. (2016, Januar 8). *www.dibk.no*. Hentet fra Hovedtrekk nye energikrav fra 1. januar 2016: <https://www.dibk.no/no/Tema/Energi/Veiledningsstoff/hovedtrekk-nye-energikrav-fra-1.-januar-2016/>
- Dokka, T., Svensson, A., Wigenstad, T., Andresen, I., Simonsen, I., & Berg, T. F. (2011). *Energibruk i bygninger, Nasjonal database og sammenligning av beregnet og målt energibruk, Prosjektrapport 76*. Oslo: SINTEF Byggforsk. ISBN: 978-82-536-1208-9
- Enerdata - Country Energy Demand Forecasts. (2016, September 1). *Enerdata.net*. Hentet fra Forecast Energy Demand by End-Use by Country: <http://www.enerdata.net/brochure/country-energy-demand-forecasts-brochure.pdf>
- Energimerkesystemet. (2016, September 1). Uttrekk 1.9.2016 av Knut Egil Bøhagen. Oslo: NVE/Enova.

- Enova. (2012). *Potensial- og barrierestudie - Energieffektivisering i norske bygg*. Trondheim: Enova.
- Enova. (2016). *Potensial- og barrierestudie - energieffektivisering i norske yrkesbygg. Bakgrunnsrapport 2/3*. 2012: Enova.
- EØS-avtalen. (2014). EEA AGREEMENT, Main Part, AGREEMENT ON THE EUROPEAN ECONOMIC AREA.
- EØS-avtalen. (2016, Oktober 28). Vedlegg IV Energi.
- EU. (2012). DIRECTIVE 2012/27/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. Official Journal of the European Union.
- Farsethås, H. (2008, Februar). Hva tallene ikke forteller om industrien, Figur 2 side 48. *Samfunnsspeilet 1/2008 22. årgang* (ISBN 978-82-537-7326-1), ss. 47-51.
- Fufa, S., Schlanbusch, R., Sørnes, K., Inman, M., & Inger, A. (2016). *ZEB Project report 29 - Norwegian ZEB Definition Guideline*. Trondheim: The Research Centre on Zero Emission Buildings/Sintef academic press.
- Fylkeskommunalt klimanettverk. (2014). *Fylkeskommunalt klimanettverk, Hordaland fylkeskommune om faktor for beregning av klimagassutslipp fra forbruk av elektrisk energi*. Hentet Oktober 12, 2016 fra <https://fylkeskommunaltklimanettverk.wordpress.com/2014/02/06/hordaland-fylkeskommune-om-faktor-for-beregning-av-klimagassutslipp-fra-forbruk-av-elektrisk-energi/>
- Golombek, R., & Kverndokk, S. (2016). Paris-avtalen: Konsekvenser for EU og Norge. *Samfunnsøkonomen nr. 2 2016*, ss. 27- 36.
- Hafslund. (2015). *Hafslund.no, "Miljøpåvirkning fra Hafslund Varme"*. Hentet Oktober 12, 2016 fra https://www.hafslund.no/omhafslund/miljopaavirkning_fra_hafslund_varme/7134
- Hareide, T. S. (2009). Analyse av mulig utvikling av fremtidig energiforbruk og varmesystemer i bygninger. Trondheim: Institutt for energi og prosesssteknikk, NTNU.
- Hill, J., Simonsen, M., & Aall, C. (2011). *Vestlandsforkingsrapport nr. 13/2011, Trender og drivere for energibruk i norske husholdninger, rapport til NVE*. Sogndal: NVE/Vestlandsforskning.
- Hille, J., Simonsen, M., & Aall, C. (2011). *Trender og drivere for energibruk i norske husholdninger - Vestlandsforkningsrapport nr. 13/2011*. NVE. ISBN: 978-82-428-0313-9
- Innovasjon Norge. (2016). *Smarte Samunn Drømmeløftet 2016, En rapport fra Innovasjon Norge om utfordringer og muligheter innenfor mulighetsområdet smarte samfunn*. Innovasjon Norge.
- International Atomic Energy Agency. (2006). *Model for analysis of energy demand (MAED-2), Computer manual series No. 18*. Vienna: IAEA.
- Jakobsen, I. (2016, Oktober 19). *Store Norske Leksikon, snl.no*. Hentet November 7, 2016 fra snl.no/paris-avtalen
- Killingland, M., Lånke, A., Ragnøy, M., Aga, P., Smits, F., Andresen, I., & Skorpen, P. O. (2013). *Nesten nullenergibygg forslag til nasjonal definisjon*. Oslo: Rambøll.
- Klima- og miljødepartementet. (2016). *Regjeringen.no*. Hentet August 23, 2016 fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/norge-vil-raskt-ratifikere-klimaavtalen-fra-paris/id2482881/>
- Klima- og miljøverndepartementet. (2014, November 28). *Regjeringen.no*. Hentet November 7, 2016 fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/klimaforliket/id2076645/>
- Klimakur 2020. (2010). *Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020, TA 2590/2010*. Oslo: Klima- og forurensningsdirektoratet.
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet. (2012, November 27). *Regjeringen.no, Utfasing av oljefyr*. Hentet November 8, 2016 fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/plan-bygg-og-eiendom/plan--og-bygningsloven/bygg/ryddemappe-byggeskikk/utfasing-av-oljefyr/id513363/>

- Langseth, B. (2016). *Analyse av energibruk i yrkesbygg (Rapport nr 24-2016)*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Langseth, B. (2016). Modell for framskrivning av bygningsareal i hver bygningskategori basert på Enovas potensial og barrierestudie. NVE.
- Langseth, B., Everett, E., & Havskjold, M. (2011). *Energibruk i lavenergi- og passivbygg - En sammenligning av forventet og målt energibruk*. Sandvika: XRGIA. ISBN:978-82-93010-14-2
- Lavenergiprogrammet. (2016). *Lavenergiprogrammet.no, Så mye skjerpes energikravene*. Hentet August 25, 2016 fra <http://lavenergiprogrammet.no/aktuelt/sa-mye-skjerpes-energikravene/?source=related>
- LEAP. (2016, September 1). *Energycommunity.org*. Hentet fra User guide LEAP 2015.
- Leknes, S. (2016). *Økonomiske analyser 3/2016, Regionale befolkningsframskrivinger 2016-2040, Regionale befolkningsframskrivinger 2016-2040: Flytteforutsetninger og resultater*. Oslo: SSB.
- Lindberg, K. B. (2016, Oktober). Impact of Zero Energy Buildings on the Power System. A study of load profiles, flexibility and system investments. Dept. of Electric Power Engineering, NTNU.
- Lindberg, K. B. (2016). Phd.-vedlegg Karen Byskov Lindberg: Heat and demand by Region (STATA-kli). Oslo.
- Ljones, A., Nesbakken, R., Sandbakken, S., & Aaheim, A. (1992). *Energibruk i husholdningene – Energiundersøkelsen 1990. Rapport nr. 92/2*. Oslo: Statistisk sentralbyrå.
- LOV-2016-05-27-18. (2016). Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (energiloven). ISBN 82-504-1505-1
- Magnussen, I. (2015). Beregninger av valg av oppvarmingssystemer ved innføring av krav til fleksible oppvarmingssystemer i bygg ved innføring av TEK10:16. NVE.
- Meld St. 25. (2015-2016). Kraft til endring - Energipolitikken mot 2030. Det kongelige Olje- og Energidepartement.
- Meld. St. 21. (2011–2012). Innstilling til Stortinget fra energi- og miljøkomiteen. Oslo: Regjeringen.no. Hentet fra (2011-2012)
- Meteo Norge. (2014). *Enova.no "Energi gradtall 2014"*. Hentet Oktober 28, 2016
- Meteorologisk institutt. (2009). *Yr.no*. Hentet Oktober 4, 2016 fra <http://www.yr.no/artikkel/fremtidens-klima-i-de-storste-byene-1.6500252>
- Miljødirektoratet. (2015). *Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030 - Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling M-386*. Trondheim : Miljødirektoratet.
- Multiconsult. (2014). Simienberegninger for ulike bygninger og ulik teknisk standard i forbindelse med beregning av ny karakterskala for energimerkeordningen.
- Multiconsult AS, Analyse & Strategi AS og Entro AS. (2014). *Rapport nr 75 - Analyse av energibruk i undervisningsbygg*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Narukawa, Y., Ichikawa, M., Sanga, D., Sano, M., & Mukai, T. (2010, August 19). White light emitting diodes with super-high luminous efficacy. *JOURNAL OF PHYSICS D: APPLIED PHYSICS*. doi:10.1088/0022-3727/43/35/354002
- Norsk Teknologi. (2008). Energibruk i bygg - rammer, krav og muligheter, En serie med faktahefter fra Norsk Teknologi, Hefte NR 8. Oslo: Norsk Teknologi, Elektroforeningen.
- NVE & NOVAP. (2016). Beregninger av varmeproduksjon fra varmpumper. Oslo.
- NVE. (2013). *Energibruk i kontorbygg - Trender og drivere (9/2013)*. Oslo: NVE.
- NVE. (2014a). *Analyse av energibruk i forretningsbygg - Formålsdeling. Trender og drivere. (1/2014)*. Oslo: NVE. ISBN: 978-82-410-0947-1
- NVE. (2014b). *Analyse av energibruk i undervisningsbygg - Formålsdeling. Trender og drivere. (75/2014)*. Oslo: NVE. ISBN: 978-82-410-1026-2
- NVE. (2014c). *Energimerking.no*. Hentet August 25, 2016 fra

regelverket/

- NVE. (2015). *Kostnader i energisektoren - Kraft, varme og effektivisering - Rapport nr 2/2015*. Oslo: NVE.
- NVE. (2016a, Juni 8). *Elektrisitetsbruk i Norge mot 2030*. Hentet fra nve.no: <https://www.nve.no/energibruk-og-effektivisering/energibruk-i-norge/elektrisitetsbruk-i-norge-mot-2030/>
- NVE. (2016b). *nve.no, Mer om økodesign og energimerking*. Hentet November 8, 2016 fra <https://www.nve.no/energibruk-og-effektivisering/okodesign-og-energimerking-av-produkter/mer-om-okodesign-og-energimerking/>
- NVE. (2016c). *Rapport nr 24-2016 - Analyse av energibruk i yrkesbygg*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Økstad, E. (2015). Uttale fra Miljødirektoratet til Hordaland fylkeskommune - Om at vi ikke bør bruke CO2-faktor på strøm i våre energi- og klimaregnskap, Epost sendt fra Elin Økstad til Per Hjalmar Svae. Hordaland fylkeskommune/Fylkeskommunalt klimanettverk/Miljødirektoratet.
- Olerud, K. (2016, April 11). *Store Norske Leksikon, snl.no*. Hentet November 11, 2016 fra snl.no/kyotoprotokollen
- Olje- og energidepartementet. (2015). *Regjeringen.no*. Hentet August 25, 2016 fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/norsk-standpunkt-til-bygningsenergidirektiv-ii/id2407959/>
- Olje- og energidepartementet. (2016, August 18). *Bygningsenergidirektiver (recast)*. Hentet fra [Regjeringen.no: https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2009/mars/bygningsenergidirektivet-recast/id2434671/](https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2009/mars/bygningsenergidirektivet-recast/id2434671/)
- Olsen, C. (2016). *forskningsradet.no, Forskningsrådet, Om forskningscentre for miljøvennlig energi*. Hentet November 8, 2016 fra http://www.forskningsradet.no/prognnett-energisenter/Om_sentrene/1222932140880
- Regjeringen. (2007, April 19). *Fornybardirektivet, regjeringen.no*. Hentet November 11, 2016 fra <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2005/nov/fornybardirektivet/id2430390/>
- Regjeringen.no. (2013). *Regjeringen.no, EØS-databasen*. Hentet August 25, 2016 fra <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2011/sep/energieffektiviseringsdirektivet/id2433307/>
- Regjeringen.no. (2015). *Regjeringen.no, EØS-notabasen*. Hentet August 25, 2016 fra <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2009/mars/bygningsenergidirektivet-recast/id2434671/>
- Rosenberg, E., & Espegren, K. (2014). *CenSES-energiframskrivinger mot 2050 (IFE/KR/E-2014/003)*. Kjeller: Institutt for energiteknikk.
- Rosenberg, E., & Espegren, K. A. (2014). *CenSES-energiframskrivinger mot 2050 (Rapportnummer IFE/KR/E-2014/003)*. Kjeller: Institutt for energiteknikk.
- Rosvold, K., & Olerud, K. (2015, Januar 6). *Store Norske Leksikon, snl.no*. Hentet November 7, 2016 fra <https://snl.no/Klimaforliket>
- Sandberg, N. H., Sartori, I., & Brattebø, H. (2014, Juli 9). Using a dynamic segmented model to examine future renovation activities in the Norwegian dwelling stock. *Energy and Buildings* 82 (2014), ss. 287-295.
- Sartori, I., Napolitano, A., & Voss, K. (2012, Mai). Net zero energy buildings: A consistent definition framework. *Energy and Buildings Vol. 48*, ss. 220-232.
- Seljom, P., Lindberg, K. B., Tomasgard, A., Doorman, G., & Sartori, I. (2016, November 16). The impact of Zero Energy Buildings on the Scandinavian energy system. *Energy* 118 (2017), ss. 284-296.

- Soto, A. M., & Jentsch, M. F. (2016). Comparison of prediction models for determining energy demand in. *Energy and Buildings*, 38-55.
- SSB. (2011a, April 19). *SSB.no, Energibruk i husholdningene 2009*. Hentet 11 1, 2016 fra <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/husenergi/hvert-3-aar/2011-04-19>
- SSB. (2011b). *ssb.no, Folke- og boligtellingsen, Beboede boliger og bosatte, etter bygningstyper. 1980, 1990, 2001, 2011*. Hentet Oktober 15, 2016 fra <http://www.ssb.no/befolkning/statistikker/fobbolig/hvert-10-aar/2013-02-26?fane=tabell&sort=nummer&tabell=101961>
- SSB. (2012). *ssb.no, "Folke- og boligtellingsen, husholdninger, 2011", Statistikkens hovedside*. Hentet Oktober 10, 2016 fra <https://www.ssb.no/befolkning/statistikker/fobhushold/hvert-10-aar/2012-12-18#content>
- SSB. (2014a). *Rapport nr. 85 - Oppvarming i boliger - Kartlegging av oppvarmingsutstyr og effektiviseringstiltak i husholdningene*. Oslo: NVE.
- SSB. (2014b). *Tabell: 09703: Energibalansen. Vedforbruk i boliger, etter fyringsteknologi (F)*. Hentet September 21, 2016 fra <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/energiregn/aar-forelopige?fane=arkiv#content>
- SSB. (2015a). *Energivarebalansen 2014*. Oslo: SSB.
- SSB. (2015b). *SSB.no, Statistikkbanken Tabell: 08940: Klimagasser, etter kilde, energiprodukt og komponent*. Hentet Oktober 10, 2016 fra <https://www.ssb.no/statistikkbanken/SelectVarVal/Define.asp?MainTable=UtslippKlimaEkvAktN&KortNavnWeb=klimagassn&PLanguage=0&checked=true>
- SSB. (2016a, September 20). *ssb.no - Folkemengde og befolkningsendringer - Tabell: 07459: Folkemengde, etter kjønn og ettårig alder. 1. januar (K)*.
- SSB. (2016b). *SSB.no, "Befolkningsframskrivinger, 2016-2100", Statistikkens hovedside*. Hentet Juni 21, 2016 fra <http://www.ssb.no/befolkning/statistikker/folkfram>
- SSB. (2016c). *ssb.no, "Familier og husholdninger, 1. januar 2015", Statistikkens hovedside*. Hentet April 14, 2016 fra <https://www.ssb.no/befolkning/statistikker/familie>
- SSB. (2016d). *SSB.no, Befolkningsframskrivinger, 2016-20100 (Figur 1)*. Hentet Oktober 2016, 2016 fra <https://www.ssb.no/befolkning/statistikker/folkfram>
- SSB. (2016e). *ssb.no, Folkemengde i kommunene 1. januar. Registrert første år. Framskrevet i tre alternativer i 2040*. Hentet September 15, 2016 fra <https://www.ssb.no/befolkning/statistikker/folkfram/aar/2016-06-21?fane=tabell&sort=nummer&tabell=270429>
- SSB. (2016f, November 4). *SSB.no, Produksjon og forbruk av energi, energibalanse, Tabell: 07515: Energibalansen. Energiforbruk, etter næring*. Hentet Desember 1, 2016 fra Statistikkbanken, SSB.no
- SSB. (2016g). *SSB.no, Statistikkbanken Tabell: 03158, "Eksisterende bygningsmasse. Alle bygg, etter bygningstype, tid og statistikkvariabel"*. Hentet Desember 25, 2016
- SSB. (2016h). *SSB.no, Tabell: 10986: Privathusholdninger og personer i privathusholdninger, etter husholdningstype (F)*. Hentet Oktober 10, 2016 fra [ssb.no](http://www.ssb.no)
- Standard Norge. (2008). *Norsk Standard NS-EN 15603:2008, "Bygningers energiytelse, Bestemmelse av total energibruk og energiytelse", Vedlegg E, tabell E.1*. Oslo: Standard Norge.
- Standard Norge. (2014). *NS3031: Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data*. Standard Norge.
- Standard Norge. (2016, August 22). *Standard.no*. Hentet fra NS 3700 Kriterier for passivhus og lavenergibygninger: <http://www.standard.no/nyheter/nyhetsarkiv/bygg-anlegg-og-eiendom/2013/ns-3700-kriterier-for-passivhus-og-lavenergihus--->

- boligbygninger/?gclid=CjwKEAjwxeq9BRDDh4_MheOnvAESJABZ4VTqh7M7h5MVqBIaPT2g7rej0SpVa1FTS8q_MeNkE5mf-RoCXj3w_wcB
- Statnett. (2016, Mars 7). *Prisområder historisk (elspot)*. Hentet September 19, 2016 fra <http://www.statnett.no/Kraftsystemet/Kraftmarkedet/Prisomrader-historisk-elspot/>
- Store Norske Leksikon. (2014). *snl.no, Klimakonvensjonen*. Hentet August 25, 2016 fra <https://snl.no/Klimakonvensjonen>
- Suganthi, L., & Samuel, A. (2011, Oktober 4). Energy models for demand forecasting—A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, ss. 1223-1240.
- Sunikka-Blank, M., & Galvin, R. (2012, Juni 1). Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption. *Building Research & Information*, 40:3, ss. 260-273.
- The European Parliament and the Council of the European Union . (2003, 14). DIRECTIVE 2002/91/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. *Official Journal of the European Communities*, ss. 65-71.
- The European parliament and the council of the european union. (2010, Juni 18). DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). *Official Journal of the European Union L153*, ss. 13-35.
- Tønnessen, M., Leknes, S., & Syse, A. (2016). *Befolkningsframskrivinger 2016-2100, Økonomiske analyser 3/2016*. Oslo: SSB.
- Tveiten, J. (2014). *Klimaregnskap for fjernvarme - felles utslippsfaktorer for den norske fjernvarmebransjen oppdatering 2013*. Lillehammer: Norsk Energi.

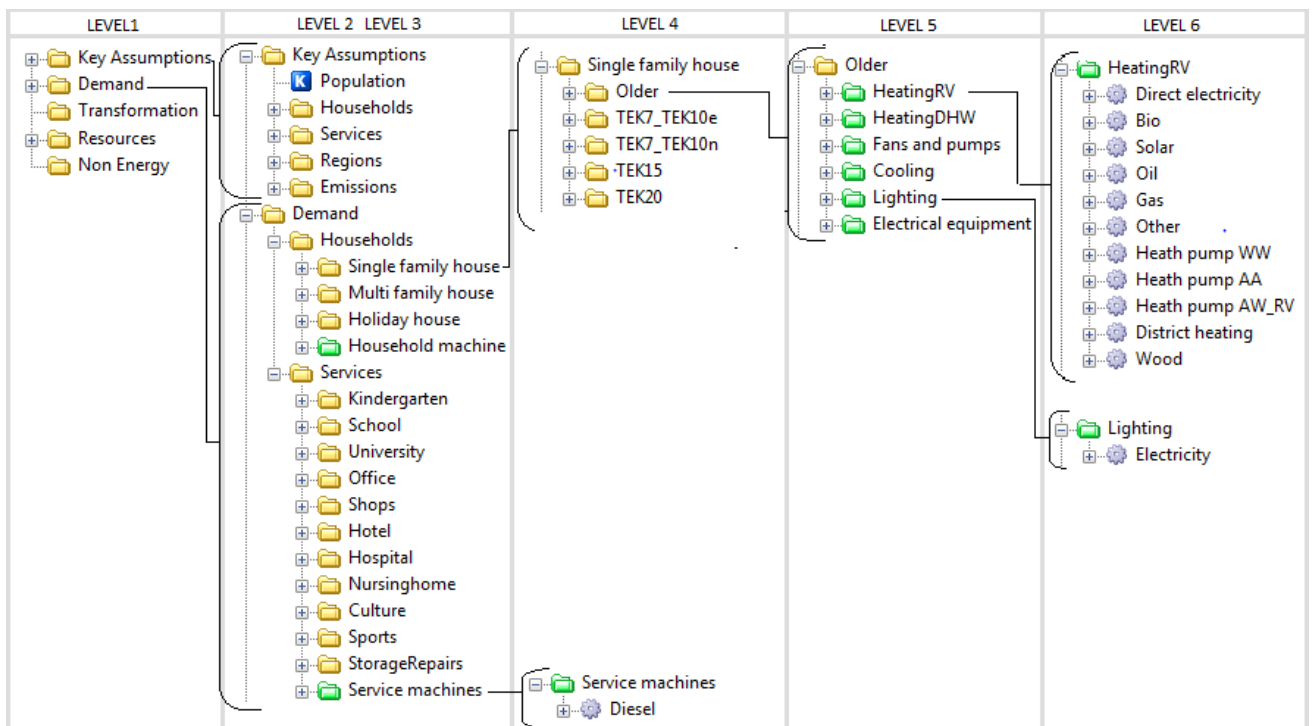
Vedlegg I: Oppbygging av energibehovsmodellen i LEAP

I LEAP bygges energibehovsmodeller opp ved hjelp av en mappestruktur med flere nivåer der mappene på øverste nivå er bestemt, mens man står friere til å bygge opp en modell i de lavere nivåene.

Øverste nivå i LEAP er låst og består av mappene «Key Assumptions», «Demand», «Transformation», «Resources» og «Non energy». Modellen for energiforbruk i husholdninger og næringsbygg er bygget opp kun i «Demand»-mappen (energibehovsmappen) og «Key assumptions»-mappen (nøkkellantakelsesmappen). Oppbygning av modellen er vist i Vedlegg I A

Key-assumptions mappen inneholder drivere og faktorer som ikke selv analyseres men som brukes i utregninger Demand-mappen. I denne modellen inneholder Key-assumptions-mappen CO₂-faktorer, befolkningstall, informasjon om flytting mellom regioner, drivere for utvikling av areal i husholdningene og arealer for næringsbygg. Virkningsgrader for teknologier, og informasjon om bygningsstandarder er også plassert her, men benyttes i Demand-mappen gjennom linker.

Demand mappen er mappen man henter ut analysedata fra. I denne mappen legges aktivitet, virkningsgrader, utslippsfaktorer og netto spesifikt energiforbruk inn, og så beregnes levert energi, totalt energibehov, forbruk av energivarer og utslipp av LEAP. Som vist i Vedlegg I A er Demand-mappen delt inn i sektorene «households» (husholdninger) og «services» (næringsbygg) på nivå 2. På nivå 3 er sektorene inndelt i bygningskategorier. Bygningskategoriene er inndelt etter teknisk standard på nivå 4. På nivå 5 er de ulike energiformålene lagt inn. På nivå 6 er teknologiene. Flere forskjellige oppvarmingsteknologier er knyttet til formålene «Heating RV», «cooling» og «Heating DHW» mens kun elektrisitet er tilknyttet teknologi for de andre elspesifikke formålene. Hver av teknologiene er koblet til en energivarer og en utslippsfaktor. Husholdnings- og næringsbyggsmaskiner er ikke fordelt på bygningsstandarder eller formål, men er består kun av drivstofforbruk til maskinene.



Vedlegg I A: Utsnitt av modelloppbygning i LEAP.

Vedlegg II: Script for uttak av informasjon fra LEAP-modell

Script

En metodikk for å hente ut verdi for energibehov fra alle mapper i LEAP-modellen er lagt ved. I prinsippet vil bruken av et slik script hente ut verdi fra hver gren og hvert år og skrive det til Excel. Et slik script vil likevel bruke lang tid å kjøre, og det er anbefalt å gjøre noen endringer i modellen før det utvikles et script som henter ut ønsket data på kortere tid. Se kommentar nedenfor.

```
cls
cls
Set objExcel = CreateObject("Excel.Application")
objExcel.Visible = True
Set objWorkbook = objExcel.Workbooks.Add()

LEAP.ActiveView = "Results"
Activescenario = "RRR"
dim years
for years = 2014 to 2050
objExcel.Cells(2, 4 + years - 2014).Value = years
next

dim row
row = 3
for each R in LEAP.Regions
  if r.ResultsShown then
    LEAP.ActiveRegion = R
    for each b in LEAP.Branches
      set v = b.variable("Useful energy demand")
      if v.resultsshown then
        objExcel.Cells(row,3).Value = b.name
        Dim y
        dim yr
        For y = 2014 to 2050
          Yr=Int(y)
          set v = b.variable("Useful energy demand")
          objExcel.Cells(row, 4 + Yr - 2014).Value=Round(V.value(yr,
"GWh"), 0)
```

```
        next
        r=r+1
    end if
next
    end if
next
```

Kommentarer til script

I utgangspunktet var det ønskelig å utvikle et script for LEAP-modellen slik at det ble mulig å gjøre et uttrekk fra energibehovsframskrivingen i LEAP på samme format som skjema for inndata for den norske TIMES-modellen. I den norske TIMES-modellen benyttes det færre bygningskategorier og formål enn i LEAP-modellen. Disse bygningskategoriene og formålene er kombinasjoner av bygningskategorier og formål fra NS3031. Dette betyr at modellen i utgangspunktet kan benyttes som input i TIMES. Det har likevel oppstått utfordringer da APIet i LEAP ikke støtter de samme funksjonene som manuelle uttrekk av resultater, slik at scriptet for hente ut energibehov må gå gjennom, og hente ut verdi fra hver eneste mappe i modellen (se Vedlegg II A og B for forklaring). Denne mangelen i APIet gjør at scriptet blir meget tidkrevende å kjøre, og for å omgjøre uttrekket slik at det passer til TIMES må det utføres ekstra etterarbeid i excel eller skrives et ytterligere script i VBA. Det er i stedet anbefalt at modellen i videre arbeid bygges om ved å legge til 2 nivåer i mappestrukturen slik at den blir forenelig med strukturen i TIMES-modellen. På denne måten vil man enkelt omgå å gjøre uttrekk fra hver enkelt mappe, men det kan skrives et mye enklere script i LEAP som bruker en brøkdelen av tiden på å hente ut ønsket informasjon.

Dagens mappestruktur og foreslått ny mappestruktur for å gjøre modellen enkelt overførbar til TIMES er vist i henholdsvis Vedlegg II C og Vedlegg II D.

On Dec 20, 2016, at 07:27, Lindberg Karen Byskov <kbi@nve.no> wrote:

Dear Charlie,

Thank you for your response, it was very helpful.

We have one more question for you:

When getting results, one can use the "levels" function and the "match names" function to get a value that is a sum of different branches below the chosen branch that have the same name, as shown in the image attached.

For instance, in our leap area "C", when choosing the branch demand/services\kindergarten and set "levels"=2 and check "Match names", we can get a value for the useful energy demand for lighting in the kindergartens that in reality are a sum of the branches:

Kindergarten\older\lighting

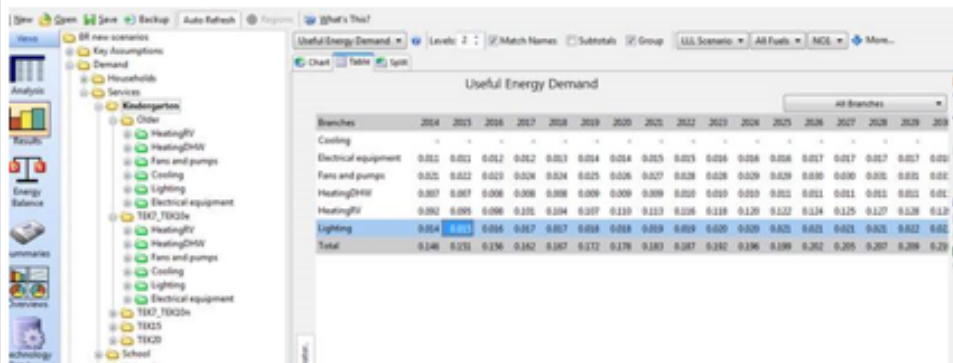
Kindergarten\TEK7_TEK10\lighting

Kindergarten\TEK7_TEK10e\lighting

Kindergarten\TEK15\lighting

Kindergarten\TEK20\lighting

This value for the year 2015 is marked in the image.



Is there an easy way of printing this value using a script, without manually summing all the branches below "kindergarten"?

Kind regards

Synne and Karen

Vedlegg II A: Beskrivelse av ønsket uttak og uttaksmetode ved hjelp av script.

Fra: Charlie Heaps [<mailto:charlie.heaps@sei-us.org>]

Sendt: 20. desember 2016 14:51

Til: Lindberg Karen Byskov <kli@nve.no>

Emne: Re: SV: script problems

I'm afraid the API doesn't support that right now. The only way to do it would be to save various Favorite tables and then use the API to select and then export those. But that would probably be rather cumbersome.

I can try and add some of this functionality to the API in an upcoming release but I'm afraid that won't be very soon. Sorry!

Charlie Heaps

charlie.heaps@sei-us.org

www.energycommunity.org & www.sei-us.org

Vedlegg II B: Svar fra LEAP-utvikler om at LEAPs API per 2016 ikke har funksjoner som gjør det mulig å utvikle et script som forenklet kan hente ut data fra LEAP.

	Branch	LEAP activity unit
LEVEL1	Demand	[no data]
LEVEL2	Services	Households
LEVEL3	Kindergarten; School; University; Office; Shops; Hotel; Hospital; Nursinghome; Culture; Sports; StorageRepairs	Single family house; Multi family house Area
LEVEL4	Older;TEK7-TEK10e;TEK7-TEK10n; TEK15;TEK20	Older;TEK7-TEK10e;TEK7-TEK10n; TEK15;TEK20 Share
LEVEL5	HeatingRV;HeatingDHW;Fans and pumps; Cooling; Lighting; Electrical equipment	HeatingRV;HeatingDHW;Fans and pumps; Cooling; Lighting; Electrical equipment Saturation
LEVEL6	Direct electricity; Bio; Solar; Electricity.....	Direct electricity; Bio; Solar; Electricity..... Share
LEVEL7	Emissions	Emissions [no data]

Vedlegg II C: Skissering av mappestruktur i dagens LEAP-modell.

	Branch	LEAP activity unit
LEVEL1	Demand	[no data]
LEVEL2	Services	Households
LEVEL3	Education,Health, Hotel, Office, Shops, Other	Multi family house, Single family house [no data]
LEVEL4	All	New; Old [no data]
LEVEL5	Heating; Elspecific; Cooling	HeatingRV; Elspecific; HeatingDHW [no data]

LEVEL6	Gamle bygningskategorier (level 3)	Gamle bygningskategorier (level 3)	Area
LEVEL7	Gammel bygningsstandard (level 4)	Gammel bygningsstandard (level 4)	Share
LEVEL8	Gamle formål (Level 5)	Gamle formål (Level 5)	Saturation
LEVEL9	Gamle teknologier (Level 6)	Gamle teknologier (Level 6)	Share
LEVEL9	Gamle utslipp (Level 7)	Gamle utslipp (Level 7)	[no data]

Vedlegg II D: Skissering av foreslått ny mappestruktur for LEAP-modell for overføring av data til TIMES-Norge.

Vedlegg III: Utslippsfaktorer for energibruk i bygg

I modellen vil ikke forbruk av elektrisitet og fjernvarme være knyttet til utslipp da det er muligheter for at også produksjonssiden skal implementeres i modellen, og utslippene fra elektrisitet og fjernvarme bør derfor heller kobles til produksjonssiden, slik det vanligvis gjøres i analyser av utslipp i Norge. I dette vedlegget er det likevel vurdert alternativer for utslippsfaktorer for elektrisitet. Disse faktorene samt at utslippsfaktorene benyttet i modellen er listet i Vedlegg III A.

Ved beregning av CO₂-utslipp knyttet til elektrisitetsforbruk kan man benytte norsk eller nordisk miks. Det er ikke en offisiell norsk utslippsfaktor for elektrisk kraft, og CO₂-faktoren vil dermed variere mye mellom ulike kilder da de kan benytte ulike beregningsmetoder og statistikk i beregningene. CO₂-faktoren til elektrisitet vil som vist i Tabell 1. Asplan Viak beregner jevnlig CO₂-faktorer tilknyttet elektrisitetsproduksjon ved hjelp av livsløpsvurderinger (LCA) basert på varedeklarasjonen til norsk og nordisk strøm. I deres beregninger er CO₂-faktoren for norsk miks i perioden 2011-2015 på omtrent 47 kg/MWh mens de beregnet den nordiske miksen til å være på 128 kg/kWh i samme periode (Asplan Viak, 2016). Association of Issuing Bodies (AIB) foretok en beregning av CO₂ faktorer i 2015 for NVE korrigert for europeisk handel med opprinnelsesgarantier for norsk og europeisk miks. I deres analyser er CO₂-faktoren for norsk miks beregnet til å være 17 kg/kWh (Berg O. S., 2015). De har ikke beregnet nordisk miks. Norsk Fjernvarme har valgt å benytte en CO₂-faktor for nordisk miks på 110 kg/MWh basert på svensk beregningsmetode (Tveiten, 2014). Hordaland fylkeskommune benyttet i 2014 en CO₂-faktor for nordisk miks på 211 kg/kWh (Fylkeskommunalt klimanettverk, 2014). Hvorvidt CO₂-faktor for elektrisitet bør benyttes er et spørsmål om politiske virkemidler. I rapporten fra Klimakur 2020 er det ikke benyttet CO₂-faktorer for elektrisitet (Klimakur 2020, 2010). Et resultat av dette er at det minsker kostnader knyttet til tiltak for å nå norske klimamål. I en uttalelse til Hordaland fylkeskommune mener Miljødirektoratet at CO₂-faktor for elektrisitet ikke behøver å brukes for elektrisitet da elektrisitet produsert i Norge i hovedsak er fornybar og da det i byggsektoren er ofte er en klimaløsning å erstatte fossilt forbruk med elektrisitet og det er derfor ikke ønskelig å innføre systemer og klimaregnskap som kan hindre en slik omlegging (Økstad, 2015).

CO₂-utslipp knyttet til fjernvarmeproduksjon vil i stor grad variere med hvilke energievarer som benyttes i produksjonen og vil derfor variere mye fra produksjonssted til produksjonssted. Hafslund Varme rapporterer at de har beregnet CO₂-faktoren knyttet til fjernvarmeproduksjon i Oslo og ved Gardermoen i årene 2008-2015 har variert mellom 15 kg/MWh og 99 MWh (Hafslund, 2015). Hordaland fylkeskommune (som har benyttet en høy CO₂-faktor for elektrisitet) benyttet i 2014 en CO₂-faktor for sin fjernvarme på 176 kg/MWh (Fylkeskommunalt klimanettverk, 2014).

Energivare	CO ₂ -produksjonskoeffisient $K_{del,i}$ [kg/MWh]
Fyringsolje	330
Gass	277
Treflis	4
Ved	14
Fjernvarme	15-176
Elektrisitet fra vannkraft	7
Elektrisitet fra kullkraftverk	1340
Elektrisitet norsk miks	(0)7-47
Elektrisitet nordisk miks	(0)90-211

Vedlegg III A: CO₂ produksjonskoeffisienter beregnet av ETH Zurich i 1996. (Standard Norge, 2008) samt (Asplan Viak, 2016) (Fylkeskommunalt klimanettverk, 2014), (Hafslund, 2015)

Vedlegg IV: Netto spesifikt formålsdelt energibehov

Vedlegg IV A viser netto spesifikt energibehovet til hvert formål for de ulike bygningskategoriene og aldersgruppene i LEAP-modellen før kalibrering for basisåret 2014.

For aldersgruppene «Eldre» og «TEK7-TEK10» i modellen er spesifikt netto energibehov for hver av formålspostene funnet ved å finne et arealvektet alderssnitt av aldersgruppene basert på NVEs bygningsarealmodell (Langseth, 2016) og Multiconsults beregninger av netto behov for ulike bygningstyper av forskjellige tekniske standarder (Multiconsult, 2014). I denne modellen er det gjort antakelser om hvor mye av bygningsarealet for de ulike bygningskategoriene som er bygget etter de forskjellige tekniske standardene, og hvor stor andel av bygningsarealet for hver av bygningskategoriene og aldersgruppene der det er gjennomført ENØK-tiltak, rehabiliteringstiltak eller begge deler. Det er antatt at gjennomføring av ENØK-tiltak, rehabilitering eller begge deler i bygningsmassen gir en reduksjon i netto spesifikt behov til oppvarming av rom og ventilasjonsluft på henholdsvis 7 %, 15 % og 20 % i forhold til netto energibehov til romoppvarming i uberørt areal for gitt bygningskategori og aldersgruppe. Da netto energibehov for bygg eldre enn TEK 69 ikke er beregnet av Multiconsult er antatt at hele bygningsmassen bygget etter teknisk forskrift før 1969 har samme netto energibehov som TEK 69-bygg. Dette er en forenkling, men sannsynligvis vil det ikke nødvendigvis være store forskjeller på energibehovet i bygg konstruert på 70-tallet og bygg fra før 70-tallet grunnet restaurering og rehabilitering som byggene har gjennomgått i sin levetid.

Bygningskategori	Aldersgruppe	LEAP-formål [kWh/m ² år]					
		Oppvarming Rom/ventilasjon	Oppvarming tappevann	Vifter og pumper	Kjøling	Belysning	Elektrisk utstyr
Småhus	Eldre	129	29.8	0.6	0	11.4	17.5
Småhus	TEK7-TEK10	63.7	29.8	7.9	0	11.4	17.5
Boligblokk	Eldre	107.8	29.8	0.4	0	11.4	17.5
Boligblokk	TEK7-TEK10	43	29.8	9.4	0	11.4	17.5
Barnehage	Eldre	151.8	10	34	0	20.9	5.2
Barnehage	TEK7-TEK10	84.1	10	22.5	0	20.9	5.2
Skolebygning	Eldre	124.3	9.8	37.5	0	21.5	12.9
Skolebygning	TEK7-TEK10	59.1	9.8	24.8	0	21.5	12.9
Universitet	Eldre	102.6	5	43.6	25	25.1	34.5
Universitet	TEK7-TEK10	47.8	5	29.7	23.4	25.1	34.5
Kontorbygning	Eldre	98.2	5	35.2	20.1	25.1	34.5
Kontorbygning	TEK7-TEK10	44.7	5	24.3	18.8	25.1	34.5
Forretningsbygg	Eldre	122.2	10.5	66.6	39	55.8	3.7
Forretningsbygg	TEK7-TEK10	67.9	10.5	44.3	36.5	55.8	3.7
Hotell	Eldre	149.5	29.8	56.7	27.6	46.7	5.8
Hotell	TEK7-TEK10	80.5	29.8	38.2	25.5	46.7	5.8
Sykehus	Eldre	142.8	29.8	85.4	40.5	46.7	46.7
Sykehus	TEK7-TEK10	114.7	29.8	58.3	37.5	46.7	46.7
Sykehjem	Eldre	142.3	29.8	72.5	0	46.7	23.4
Sykehjem	TEK7-TEK10	99.4	29.8	48.9	0	46.7	23.4
Kulturbygg	Eldre	144.1	10	38.6	20.7	23	2.9
Kulturbygg	TEK7-TEK10	86.9	10	26.4	19.4	23	2.9
Idrettsbygg	Eldre	175	49	33.8	0	20.6	2.6
Idrettsbygg	TEK7-TEK10	77.8	49	22.2	0	20.6	2.6
Lett industri	Eldre	158	4.1	13	12	32	23.5
Lett industri	TEK7-TEK10	95.6	10	24.6	17.7	18.8	23.5

Vedlegg IV A: Spesifikt netto energibehov for hvert formål for hver bygningskategori og aldersgruppe i LEAP-modellen i eksisterende bygningsmasse i modellens basisår, 2014, før kalibrering.

Forskjellen mellom tekniske forskrifter TEK 10 og TEK 15 er at «rammekravet» for maksimalt tillatt netto spesifikt energibehov er noe lavere i TEK 15 enn i TEK 10 bygg for de fleste bygningskategorier, som vist i Figur 21. Det er antatt at energibehovet til oppvarming av varmt tappevann, belysning og elektrisk utstyr er likt for bygningsmassen bygg konstruert etter TEK 15 og TEK 10. For de øvrige formålspotestene er spesifikt netto energibehov redusert med samme faktor i forhold til TEK 10 slik at TEK 15-byggene oppnår rammekravet til totalt spesifikt netto energibehov. Netto energibehov i TEK20-bygg er definert i de ulike scenarioene i framskrivningene i parameter for TEK 20 standard. For TEK 20 – L er netto energibehov lik som for TEK 15. TEK 20 – R tilsvarer lavenergiklasse 2. TEK20-H er passivhus med lokal solcelleproduksjon som tilsvarer energibehovet til elspesifikt forbruk.

Vedlegg IV B viser formålsdelt netto spesifikt energibehov for alle bygningskategoriene og aldersgruppene i basisåret 2014 etter kalibrering.

Bygningskategori	Aldersgruppe	LEAP-formål [kWh/m ² år]						Produksjon
		Oppvarming Rom/ventilasjon	Oppvarming tappevann	Vifter og pumper	Kjøling	Belysning	Elektrisk utstyr	
Småhus	Eldre	126.3	29.8	0.6	0	11.4	17.5	
Småhus	TEK7-TEK10	63.7	29.8	7.9	0	11.4	17.5	
Småhus	TEK15	52.1	29.8	6.4	0	9.1	17.5	
Småhus	TEK20 - L	52.1	29.8	6.4	0	9.1	17.5	
Småhus	TEK20 - R	37.2	29.8	6.2	0	11.4	17.5	
Småhus	TEK20 - H	19,8	29,8	4,7	0,0	9,1	17,5	-31,3
Boligblokk	Eldre	105.6	29.8	0.4	0	11.4	17.5	
Boligblokk	TEK7-TEK10	43	29.8	9.4	0	11.4	17.5	
Boligblokk	TEK15	31.6	29.8	7.6	0	9.1	17.5	
Boligblokk	TEK20 - L	31.6	29.8	7.6	0	9.1	17.5	
Boligblokk	TEK20 - R	29.6	29.8	7.6	0	11.4	17.5	
Boligblokk	TEK20 - H	14,7	29,8	5,6	0,0	9,1	17,5	-32,2
Barnehage	Eldre	151.8	10	34	0	20.9	15.7	
Barnehage	TEK7-TEK10	84.1	10	22.5	0	20.9	15.7	
Barnehage	TEK15	81.4	10	22.5	0	15.7	15.7	
Barnehage	TEK20 - L	81.4	10	22.5	0	15.7	15.7	
Barnehage	TEK20 - R	59.3	10	15.1	0	15.7	15.7	
Barnehage	TEK20 - H	30,7	10,0	11,4	0,0	15,7	15,7	-42,7
Skolebygning	Eldre	99.4	9.8	37.5	0	21.5	15.5	
Skolebygning	TEK7-TEK10	59.1	9.8	24.8	0	21.5	15.5	
Skolebygning	TEK15	50.4	9.8	23.9	0	12.9	15.5	
Skolebygning	TEK20 - L	50.4	9.8	23.9	0	12.9	15.5	
Skolebygning	TEK20 - R	41.2	9.8	15.9	0	12.9	15.5	
Skolebygning	TEK20 - H	15,9	9,8	11,8	0,0	12,9	15,5	-40,2
Universitet	Eldre	102.6	5	43.6	75.1	25.1	68.9	
Universitet	TEK7-TEK10	47.8	5	29.7	70.3	25.1	68.9	
Universitet	TEK15	28.1	5	19.5	28.8	18.8	68.9	

Universitet	TEK20 - L	28.1	5	19.5	28.8	18.8	68.9	
Universitet	TEK20 - R	28.9	5	18	18.7	18.8	68.9	
Universitet	TEK20 - H	9,5	5,0	13,3	15,2	18,8	68,9	-101,0
Kontorbygning	Eldre	98.2	5	35.2	80.4	25.1	48.2	
Kontorbygning	TEK7-TEK10	44.7	5	24.3	75.3	25.1	48.2	
Kontorbygning	TEK15	28.4	5	16.2	30.9	15.7	48.2	
Kontorbygning	TEK20 - L	28.4	5	16.2	30.9	15.7	48.2	
Kontorbygning	TEK20 - R	31.4	5	16.2	23.3	15.7	48.2	
Kontorbygning	TEK20 - H	13,2	5,0	12,0	19,4	15,7	48,2	-75,9
Forretningsbygg	Eldre	85.6	10.5	66.6	39	55.8	67.4	
Forretningsbygg	TEK7-TEK10	67.9	10.5	44.3	36.5	55.8	67.4	
Forretningsbygg	TEK15	54.5	10.5	39.8	29.9	41.2	67.4	
Forretningsbygg	TEK20 - L	54.5	10.5	39.8	29.9	41.2	67.4	
Forretningsbygg	TEK20 - R	38	10.5	31.4	20	41.2	67.4	
Forretningsbygg	TEK20 - H	16.5	10.5	0	15.4	0	0	
Hotell	Eldre	149.5	29.8	56.7	27.6	46.7	11.7	
Hotell	TEK7-TEK10	80.5	29.8	38.2	25.5	46.7	11.7	
Hotell	TEK15	55.7	29.8	28.4	20.9	29.2	11.7	
Hotell	TEK20 - L	55.7	29.8	28.4	20.9	29.2	11.7	
Hotell	TEK20 - R	53.9	29.8	25.2	13	29.2	11.7	
Hotell	TEK20 - H	23.9	29.8	0	10	0	0	
Sykehus	Eldre	142.8	29.8	85.4	81	46.7	51.4	
Sykehus	TEK7-TEK10	114.7	29.8	58.3	75.1	46.7	51.4	
Sykehus	TEK15	85.6	29.8	43.4	30.8	29.2	51.4	
Sykehus	TEK20 - L	85.6	29.8	43.4	30.8	29.2	51.4	
Sykehus	TEK20 - R	51	29.8	35.5	21	29.2	51.4	
Sykehus	TEK20 - H	15.2	29.8	0	17.1	0	0	
Sykehjem	Eldre	142.3	29.8	72.5	0	46.7	23.4	
Sykehjem	TEK7-TEK10	99.4	29.8	48.9	0	46.7	23.4	
Sykehjem	TEK15	98.7	29.8	48.4	0	29.2	23.4	
Sykehjem	TEK20 - L	98.7	29.8	48.4	0	29.2	23.4	
Sykehjem	TEK20 - R	53.3	29.8	31.2	0	29.2	23.4	
Sykehjem	TEK20 - H	20.5	29.8	0	0	0	0	
Kulturbygning	Eldre	167.2	10	38.6	20.7	23	4.3	
Kulturbygning	TEK7-TEK10	86.9	10	26.4	19.4	23	4.3	
Kulturbygning	TEK15	64	10	20.3	15.9	17.2	4.3	
Kulturbygning	TEK20 - L	64.1	10	20.3	15.9	17.2	4.3	
Kulturbygning	TEK20 - R	56.9	10	16.9	9.4	17.2	4.3	
Kulturbygning	TEK20 - H	29.9	10	0	7.4	0	0	
Idrettsbygning	Eldre	175	49	33.8	0	20.6	2.6	
Idrettsbygning	TEK7-TEK10	77.8	49	22.2	0	20.6	2.6	
Idrettsbygning	TEK15	60.1	49	17.6	0	15.5	2.6	
Idrettsbygning	TEK20 - L	60.1	49	17.6	0	15.5	2.6	
Idrettsbygning	TEK20 - R	60.6	49	15.3	0	15.5	2.6	
Idrettsbygning	TEK20 - H	28.5	49	0	0	0	0	

Lett industri	Eldre	189.6	4.1	13	12	32	11.7	
Lett industri	TEK7-TEK10	95.6	10	24.6	17.7	18.8	11.7	
Lett industri	TEK15	83.1	10	15.1	14.5	14.1	11.7	
Lett industri	TEK20 - L	83.1	10	15.1	14.5	14.1	11.7	
Lett industri	TEK20 - R	75	10	15.1	8.8	14.1	11.7	
Lett industri	TEK20 - H	30.2	10	0	7	0	0	

Vedlegg IV B: Spesifikt netto energibehov og lokal energiproduksjon for hvert formål for hver bygningskategori og aldersgruppe i LEAP-modellen etter kalibrering i basisårer/året ny standard innføres.

Vedlegg V: Fordeling av teknologier

Dette vedlegget inneholder resultatene fra beregninger av andeler av oppvarmingsbehovet som er dekket av ulike oppvarmingsteknologier.

Bruk av data fra Energimerkedatabasen til å bestemme andel av oppvarmingsteknologier i yrkesbygg

Data fra XML-registrerte energiattester fra energidatabasen har blitt benyttet til å bestemme andelen av energibehovet i yrkesbyggene som dekkes av de ulike oppvarmingsteknologiene i modellens basisår, 2014 .

Det ble gjort et uttrekk fra energimerkedatabasen 1.10.2016. Dette uttrekket inneholdt 79 496 registreringer utført mellom lansering av systemet i 2010 og frem til datoen for uttrekket. For å sikre at kvaliteten på dataen som ble hentet ut ble uttrekket rensert for duplikater og registreringer med feil. 3955 registreringer med status «Deleted» og «In progress» ble slettet. 24 934 registreringer ble slettet i en duplikat-test der registreringene der hovedparten av feltene samsvarte med data for andre registreringer. For næringsbygg er det vurdert at byggene stort sett vil være såpass unike at dette vil luke ut dobbeltregistreringer og duplikater. 3428 registreringer ble slettet grunnet feil i oppvarmingssystem. Totalt ble 47 179 energiattester benyttet til å danne statistikk over energisystemene i byggene. Vedlegg V B viser en oversikt over det beregnede arealet for bygningsmassen i Norge, og samlet areal for yrkesbygg fordelt på bygningskategori som er registrert i energimerkedatabasen etter fjerning av feilmerkinger og duplikater. Forholdet mellom energimerket areal, og beregnet areal i Norge varierer mellom 29,5 og 69,2 %. Forskjellen skyldes sannsynligvis at de bygningskategoriene med høy andel av energimerket areal (kontor, skolebygg, sykehjem og idrettsbygg) er store bygg på over 1000 m² der det er krav om energimerking selv om bygget ikke skal selges, mens bygningskategorier som inneholder mye mindre bygg, som barnehager og skoler som ikke trenger å energimerkes med mindre de skal selges eller leies ut. Andelen næringsbyggsareal som er energimerket er dog så høy, at det energimerkede arealet er vurdert til å være representativt for bygningskategoriene.

Bygningskategori	Areal 2014	Energimerket areal (1.1.2016)	Andel av areal energimerket 2014
Barnehage	1667640,34	525221	31,5 %
Skole	14785050,7	7469332,6	50,5 %
Universitet	2640636,46	2194178	83,1 %
Kontor	28448483,8	19681294,3	69,2 %
Forretningsbygg	32778625,1	9050238	27,6 %
Hotell	6220027,46	2075999	33,4 %
Sykehus	4810395,83	1903401	39,6 %
Sykehjem	5487136,31	2643519,7	48,2 %
Kulturbygg	3118103,79	983039	31,5 %
Idrettsbygg	2941191,97	1425561	48,5 %
Lett industri, verksteder	29328483	8550582,2	29,2 %

Vedlegg V A: Sammenligning av totalt beregnet areal for bygningsmassen fordelt på bygningskategorier i 2014 og totalt energimerket areal for unike bygg registrert ved hjelp av XML-rapportering i Energimerkedatabasen

Energiattestene ble så inndelt i 2 grupper: bygg oppført før 2010 (til aldersgruppen «eldre») og bygg som oppført etter 2010 («TEK7-TEK10»-bygg). Ved energimerking av bygg oppgis det ved hver enkelt attest hvor mye av energibehovet til oppvarming av rom og ventilasjonsvarme og oppvarming av varmt

tappevann som dekkes av ulike oppvarmingsteknologier. Ved å ta utgangspunkt i disse andelene og hvert byggs oppvarmede areal, ble andelen av det totale oppvarmingsbehovet til varmt tappevann og romoppvarming, som ble oppvarmet ved hjelp av de ulike oppvarmingsteknologiene, beregnet for hver bygningskategori og aldersgruppe. Resultatene fra disse beregningene er vist i Vedlegg VC og Vedlegg VD.

Bygningskategori	Aldersgruppe	Direkte							
		elektrisitet	Bio	Solpaneler	Olje	Gass	Ved	Varmepumpe	Fjernvarme
Barnehage	Eldre	67.0%	2.1%	0.0%	3.3%	0.8%	0.0%	11.2%	15.6%
Barnehage	TEK7-TEK10	20.2%	0.2%	0.0%	0.0%	0.9%	0.2%	42.5%	35.9%
Skolebygning	Eldre	56.0%	4.0%	0.0%	6.2%	1.4%	0.2%	8.1%	24.2%
Skolebygning	TEK7-TEK10	18.0%	5.7%	0.0%	1.4%	1.6%	0.0%	29.7%	43.6%
Universitet	Eldre	27.0%	0.2%	0.0%	3.5%	0.4%	0.0%	3.8%	65.0%
Universitet	TEK7-TEK10	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21.0%	77.7%
Kontorbygning	Eldre	46.8%	0.3%	0.0%	3.9%	0.9%	0.1%	7.0%	41.0%
Kontorbygning	TEK7-TEK10	6.9%	0.9%	0.2%	0.1%	1.2%	0.0%	19.6%	71.0%
Forretningsbygg	Eldre	59.6%	0.8%	0.0%	3.5%	2.4%	0.1%	8.1%	25.5%
Forretningsbygg	TEK7-TEK10	32.1%	0.2%	0.0%	0.5%	0.7%	1.2%	16.6%	48.7%
Hotell	Eldre	60.4%	0.5%	0.0%	4.0%	2.2%	0.0%	2.5%	30.4%
Hotell	TEK7-TEK10	11.7%	8.2%	0.0%	0.0%	4.2%	0.0%	22.1%	53.8%
Sykehus	Eldre	32.9%	0.4%	0.0%	3.5%	6.2%	0.0%	7.1%	50.0%
Sykehus	TEK7-TEK10	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.0%	94.6%
Sykehjem	Eldre	52.1%	1.9%	0.0%	6.3%	2.7%	0.0%	9.7%	27.4%
Sykehjem	TEK7-TEK10	20.3%	1.8%	0.0%	1.6%	4.2%	0.0%	26.9%	45.2%
Kulturbygg	Eldre	46.0%	1.1%	0.0%	6.7%	2.0%	0.0%	5.2%	39.0%
Kulturbygg	TEK7-TEK10	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.5%	82.3%
Idrettsbygg	Eldre	52.9%	1.1%	0.0%	11.2%	1.5%	0.0%	7.1%	26.2%
Idrettsbygg	TEK7-TEK10	15.5%	3.1%	0.0%	0.3%	2.4%	0.0%	33.1%	45.5%

Vedlegg V B: Beregnet andel av det totale arealet for de ulike bygningskategoriene og aldersgruppene der energibehovet til oppvarming av rom- og ventilasjon er dekket av gitt oppvarmingsteknologi i etter beregninger av data fra XML-registrerte energimerkinger i energimerkedatabasen.

Bygningskategori	Aldersgruppe	Direkte							
		elektrisitet	Bio	Solpaneler	Olje	Gass	Ved	Varmepumpe	Fjernvarme
Barnehage	Eldre	75.7%	1.2%	0.0%	3.5%	0.7%	0.0%	6.0%	13.0%
Barnehage	TEK7-TEK10	32.8%	0.2%	1.6%	0.0%	0.4%	0.2%	31.3%	33.5%
Skolebygning	Eldre	63.3%	3.0%	0.1%	5.1%	1.3%	0.1%	5.4%	21.7%
Skolebygning	TEK7-TEK10	27.4%	4.8%		1.1%	2.2%	0.0%	23.5%	38.3%
Universitet	Eldre	35.6%	0.1%	0.0%	2.5%	0.2%	0.0%	1.5%	60.1%
Universitet	TEK7-TEK10	6.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.0%	79.7%
Kontorbygning	Eldre	53.3%	0.2%	0.0%	2.5%	0.5%	0.0%	4.2%	39.3%
Kontorbygning	TEK7-TEK10	14.5%	0.9%	0.6%	0.0%	0.9%	0.0%	13.5%	69.6%
Forretningsbygg	Eldre	72.5%	0.6%	0.0%	2.0%	1.5%	0.0%	1.6%	21.8%
Forretningsbygg	TEK7-TEK10	47.1%	0.0%	0.1%	0.7%	0.2%	0.0%	6.3%	45.6%
Hotell	Eldre	59.3%	0.5%	0.0%	3.7%	1.5%	0.0%	2.0%	33.0%
Hotell	TEK7-TEK10	18.6%	8.2%	0.0%	0.0%	3.9%	0.0%	18.6%	50.6%
Sykehus	Eldre	30.3%	0.4%	0.0%	3.1%	6.7%	0.2%	9.4%	50.0%
Sykehus	TEK7-TEK10	5.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	92.3%
Sykehjem	Eldre	55.1%	1.5%	0.0%	6.0%	2.1%	0.0%	8.8%	26.5%
Sykehjem	TEK7-TEK10	27.9%	1.7%	0.4%	1.5%	3.6%	0.0%	19.7%	45.3%
Kulturbygg	Eldre	52.6%	1.1%	0.0%	3.0%	1.5%	0.0%	2.8%	38.9%

Kulturbygg	TEK7-TEK10	19.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.8%	76.2%
Idrettsbygg	Eldre	58.4%	0.7%	0.3%	7.6%	1.4%	0.2%	6.3%	25.1%	
Idrettsbygg	TEK7-TEK10	26.2%	2.9%	0.3%	0.3%	2.1%	0.0%	25.9%	42.2%	

Vedlegg V C: Beregnet andel av det totale arealet for de ulike bygningskategoriene og aldersgruppene der energibehovet til oppvarming av varmt tappevann er dekket av gitt oppvarmingsteknologi i etter beregninger av data fra XML-registrerte energimerkinger i energimerkedatabasen.

Andeler av teknologier som benyttes til å dekke oppvarmingsbehovet i basisåret – Før kalibrering

Andelene av oppvarmingsbehovet som er dekket av de ulike teknologiene ble sammen med resultatene fra vedlegg VI brukt til å beregne det totale netto energibehovet til byggene i aldersgruppen «eldre» og «TEK7-TEK10» ved modellens basisår før kalibrering. Resultatene av dette, samt valg av oppvarmingsteknologier i de ulike «TEK15» og «TEK 20»-scenarioene er vist i Vedlegg V E og Vedlegg V F. I L-scenariet benyttes kun direkte elektrisitet til oppvarmingen. I H-scenariet benyttes nesten utelukkende varmpumper.

Bygningskategori	Aldersgruppe (-og scenario)	Direkte el,	Bio	Sol-paneler	Olje	Gass	Annet	Varme-pumpe væske-væske	Varme-pumpe luft-luft	Varme-pumpe luft-væske	Fjern-varme	Ved
Småhus	Eldre	66.0%	1.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.8%	15.7%	0.5%	6.0%	8.0%
Småhus	TEK7-TEK10	68.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	15.7%	0.5%	6.0%	8.0%
Småhus	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Småhus	TEK15/TEK20 - R	65.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	12.0%	0.4%	10.0%	12.0%
Småhus	TEK15/TEK20 - H	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.4%	83.1%	2.5%	0.0%	0.0%
Boligblokk	Eldre	66.0%	1.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.1%	16.8%	0.1%	6.0%	8.0%
Boligblokk	TEK7-TEK10	68.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	16.8%	0.1%	6.0%	8.0%
Boligblokk	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Boligblokk	TEK15/TEK20 - R	51.5%	1.7%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	23.0%	0.1%	23.0%	0.0%
Boligblokk	TEK15/TEK20 - H	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	89.0%	0.4%	0.0%	0.0%
Barnehage	Eldre	67.0%	2.1%	0.0%	3.3%	0.8%	0.0%	6.6%	3.0%	1.6%	15.6%	0.0%
Barnehage	TEK7-TEK10	20.2%	0.2%	0.0%	0.0%	0.9%	0.2%	24.9%	11.5%	6.2%	35.9%	0.0%
Barnehage	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Barnehage	TEK15/TEK20 - R	31.6%	4.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	15.0%	6.9%	3.7%	38.0%	0.0%
Barnehage	TEK15/TEK20 - H	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	52.6%	24.2%	13.1%	0.0%	0.0%
Skolebygning	Eldre	56.0%	4.0%	0.0%	6.2%	1.4%	0.2%	4.7%	2.2%	1.2%	24.2%	0.0%
Skolebygning	TEK7-TEK10	18.0%	5.7%	0.0%	1.4%	1.6%	0.0%	17.2%	8.2%	4.3%	43.6%	0.0%
Skolebygning	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Skolebygning	TEK15/TEK20 - R	20.7%	4.9%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	13.5%	6.4%	3.4%	49.2%	0.0%
Skolebygning	TEK15/TEK20 - H	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	52.2%	24.8%	13.0%	0.0%	0.0%
Universitet	Eldre	27.0%	0.2%	0.0%	3.5%	0.4%	0.0%	2.3%	1.0%	0.6%	65.0%	0.0%
Universitet	TEK7-TEK10	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	12.4%	5.5%	3.1%	77.7%	0.0%
Universitet	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Universitet	TEK15/TEK20 - R	20.1%	5.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	13.6%	6.1%	3.4%	49.9%	0.0%
Universitet	TEK15/TEK20 - H	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	53.1%	23.7%	13.2%	0.0%	0.0%
Kontorbygning	Eldre	46.8%	0.3%	0.0%	3.9%	0.9%	0.1%	4.1%	1.8%	1.0%	41.0%	0.0%
Kontorbygning	TEK7-TEK10	6.9%	0.9%	0.2%	0.1%	1.2%	0.0%	11.6%	5.2%	2.9%	71.0%	0.0%
Kontorbygning	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Kontorbygning	TEK15/TEK20 - R	21.0%	4.9%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	13.7%	6.1%	3.4%	49.0%	0.0%
Kontorbygning	TEK15/TEK20 - H	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	53.1%	23.7%	13.2%	0.0%	0.0%
Forretningsbygg	Eldre	59.6%	0.8%	0.0%	3.5%	2.4%	0.1%	4.6%	2.3%	1.2%	25.5%	0.0%
Forretningsbygg	TEK7-TEK10	32.1%	0.2%	0.0%	0.5%	0.7%	1.2%	9.6%	4.7%	2.4%	48.7%	0.0%
Forretningsbygg	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Forretningsbygg	TEK15/TEK20 - R	21.1%	4.9%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	13.4%	6.6%	3.3%	48.8%	0.0%

Forretningsbygg	TEK15/TEK20 - H	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	51.8%	25.3%	12.9%	0.0%	0.0%
Hotell	Eldre	60.4%	0.5%	0.0%	4.0%	2.2%	0.0%	1.4%	0.8%	0.4%	30.4%	0.0%
Hotell	TEK7-TEK10	11.7%	8.2%	0.0%	0.0%	4.2%	0.0%	12.3%	6.7%	3.1%	53.8%	0.0%
Hotell	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Hotell	TEK15/TEK20 - R	21.2%	4.9%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	13.0%	7.0%	3.2%	48.8%	0.0%
Hotell	TEK15/TEK20 - H	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.2%	27.2%	12.5%	0.0%	0.0%
Sykehus	Eldre	32.9%	0.4%	0.0%	3.5%	6.2%	0.0%	3.9%	2.1%	1.0%	50.0%	0.0%
Sykehus	TEK7-TEK10	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	1.5%	0.7%	94.6%	0.0%
Sykehus	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Sykehus	TEK15/TEK20 - R	20.1%	5.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	12.8%	7.0%	3.2%	49.9%	0.0%
Sykehus	TEK15/TEK20 - H	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.2%	27.3%	12.5%	0.0%	0.0%
Sykehjem	Eldre	52.1%	1.9%	0.0%	6.3%	2.7%	0.0%	5.4%	2.9%	1.3%	27.4%	0.0%
Sykehjem	TEK7-TEK10	20.3%	1.8%	0.0%	1.6%	4.2%	0.0%	14.9%	8.2%	3.7%	45.2%	0.0%
Sykehjem	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Sykehjem	TEK15/TEK20 - R	20.4%	5.0%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	12.9%	7.1%	3.2%	49.5%	0.0%
Sykehjem	TEK15/TEK20 - H	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.1%	27.4%	12.5%	0.0%	0.0%
Kulturbygg	Eldre	46.0%	1.1%	0.0%	6.7%	2.0%	0.0%	3.0%	1.4%	0.8%	39.0%	0.0%
Kulturbygg	TEK7-TEK10	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.0%	2.3%	1.3%	82.3%	0.0%
Kulturbygg	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Kulturbygg	TEK15/TEK20 - R	21.6%	4.9%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	13.8%	6.3%	3.4%	48.2%	0.0%
Kulturbygg	TEK15/TEK20 - H	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	52.9%	23.9%	13.2%	0.0%	0.0%
Idrettsbygg	Eldre	52.9%	1.1%	0.0%	11.2%	1.5%	0.0%	3.8%	2.4%	1.0%	26.2%	0.0%
Idrettsbygg	TEK7-TEK10	15.5%	3.1%	0.0%	0.3%	2.4%	0.0%	17.8%	11.0%	4.4%	45.5%	0.0%
Idrettsbygg	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Idrettsbygg	TEK15/TEK20 - R	21.2%	4.9%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	12.6%	7.8%	3.1%	48.6%	0.0%
Idrettsbygg	TEK15/TEK20 - H	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	48.2%	29.8%	12.0%	0.0%	0.0%
Lett industri	Eldre	52.5%	2.6%	0.0%	10.4%	2.5%	0.3%	5.0%	2.2%	1.2%	23.4%	0.0%
Lett industri	TEK7-TEK10	52.5%	2.6%	0.0%	10.4%	2.5%	0.3%	5.0%	2.2%	1.2%	23.4%	0.0%
Lett industri	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Lett industri	TEK15/TEK20 - R	21.1%	4.9%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	13.9%	6.0%	3.5%	48.8%	0.0%
Lett industri	TEK15/TEK20 - H	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	53.6%	23.1%	13.3%	0.0%	0.0%

Vedlegg V D: Andel av det totale energibehovet til oppvarming av rom og ventilasjonsluft for hver av bygningskategoriene og aldersgruppe som dekkes av gitt teknologi i LEAP-modellen FØR kalibrering mot energivarebalansen.

Bygningskategori	Aldersgruppe (og scenario)	Direkte el,	Bio	Sol-paneler	Olje	Gass	Annet	Varme-pumpe væske-væske	Varme-pumpe luft-væske	Fjern-varme
Småhus	Eldre	74.0%	1.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	10.8%	6.2%	6.0%
Småhus	TEK7-TEK10	74.0%	1.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	10.8%	6.2%	6.0%
Småhus	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Småhus	TEK15/TEK20 - R	77.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.3%	4.7%	10.0%
Småhus	TEK15/TEK20 - H	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	63.5%	36.5%	0.0%
Boligblokk	Eldre	74.0%	1.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	10.8%	6.2%	6.0%
Boligblokk	TEK7-TEK10	74.0%	1.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	10.8%	6.2%	6.0%
Boligblokk	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Boligblokk	TEK15/TEK20 - R	51.5%	1.7%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	14.7%	8.5%	23.0%
Boligblokk	TEK15/TEK20 - H	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	63.5%	36.5%	0.0%
Barnehage	Eldre	75.7%	1.2%	0.0%	3.5%	0.7%	0.0%	4.8%	1.2%	13.0%
Barnehage	TEK7-TEK10	32.8%	0.2%	1.6%	0.0%	0.4%	0.2%	25.0%	6.2%	33.5%
Barnehage	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Barnehage	TEK15/TEK20 - R	31.6%	4.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	20.5%	5.1%	38.0%
Barnehage	TEK15/TEK20 - H	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	80.1%	19.9%	0.0%

Skolebygning	Eldre	63.3%	3.0%	0.1%	5.1%	1.3%	0.1%	4.3%	1.1%	21.7%
Skolebygning	TEK7-TEK10	27.4%	4.8%	2.7%	1.1%	2.2%	0.0%	18.8%	4.7%	38.3%
Skolebygning	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Skolebygning	TEK15/TEK20 - R	20.7%	4.9%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	18.6%	4.6%	49.2%
Skolebygning	TEK15/TEK20 - H	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	80.1%	19.9%	0.0%
Universitet	Eldre	35.6%	0.1%	0.0%	2.5%	0.2%	0.0%	1.2%	0.3%	60.1%
Universitet	TEK7-TEK10	6.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.2%	2.8%	79.7%
Universitet	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Universitet	TEK15/TEK20 - R	20.1%	5.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18.5%	4.6%	49.9%
Universitet	TEK15/TEK20 - H	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	80.1%	19.9%	0.0%
Kontorbygning	Eldre	53.3%	0.2%	0.0%	2.5%	0.5%	0.0%	3.4%	0.8%	39.3%
Kontorbygning	TEK7-TEK10	14.5%	0.9%	0.6%	0.0%	0.9%	0.0%	10.8%	2.7%	69.6%
Kontorbygning	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Kontorbygning	TEK15/TEK20 - R	21.0%	4.9%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	18.6%	4.6%	49.0%
Kontorbygning	TEK15/TEK20 - H	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	80.1%	19.9%	0.0%
Forretningsbygg	Eldre	72.5%	0.6%	0.0%	2.0%	1.5%	0.0%	1.3%	0.3%	21.8%
Forretningsbygg	TEK7-TEK10	47.1%	0.0%	0.1%	0.7%	0.2%	0.0%	5.1%	1.3%	45.6%
Forretningsbygg	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Forretningsbygg	TEK15/TEK20 - R	21.1%	4.9%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	18.7%	4.7%	48.8%
Forretningsbygg	TEK15/TEK20 - H	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	72.1%	17.9%	0.0%
Hotell	Eldre	59.3%	0.5%	0.0%	3.7%	1.5%	0.0%	1.6%	0.4%	33.0%
Hotell	TEK7-TEK10	18.6%	8.2%	0.0%	0.0%	3.9%	0.0%	14.9%	3.7%	50.6%
Hotell	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Hotell	TEK15/TEK20 - R	21.2%	4.9%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	18.6%	4.6%	48.8%
Hotell	TEK15/TEK20 - H	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	80.1%	19.9%	0.0%
Sykehus	Eldre	30.3%	0.4%	0.0%	3.1%	6.7%	0.2%	7.5%	1.9%	50.0%
Sykehus	TEK7-TEK10	5.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	0.4%	92.3%
Sykehus	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Sykehus	TEK15/TEK20 - R	20.1%	5.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18.4%	4.6%	49.9%
Sykehus	TEK15/TEK20 - H	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	80.1%	19.9%	0.0%
Sykehjem	Eldre	55.1%	1.5%	0.0%	6.0%	2.1%	0.0%	7.1%	1.8%	26.5%
Sykehjem	TEK7-TEK10	27.9%	1.7%	0.4%	1.5%	3.6%	0.0%	15.7%	3.9%	45.3%
Sykehjem	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Sykehjem	TEK15/TEK20 - R	20.4%	5.0%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	18.6%	4.6%	49.5%
Sykehjem	TEK15/TEK20 - H	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	80.1%	19.9%	0.0%
Kulturbygg	Eldre	52.6%	1.1%	0.0%	3.0%	1.5%	0.0%	2.2%	0.6%	38.9%
Kulturbygg	TEK7-TEK10	19.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.9%	1.0%	76.2%
Kulturbygg	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Kulturbygg	TEK15/TEK20 - R	21.6%	4.9%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	18.9%	4.7%	48.2%
Kulturbygg	TEK15/TEK20 - H	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	80.1%	19.9%	0.0%
Idrettsbygg	Eldre	58.4%	0.7%	0.3%	7.6%	1.4%	0.2%	5.0%	1.3%	25.1%
Idrettsbygg	TEK7-TEK10	26.2%	2.9%	0.3%	0.3%	2.1%	0.0%	20.8%	5.2%	42.2%
Idrettsbygg	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Idrettsbygg	TEK15/TEK20 - R	21.2%	4.9%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	18.8%	4.7%	48.6%
Idrettsbygg	TEK15/TEK20 - H	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	72.1%	17.9%	0.0%
Lett industri	Eldre	68.9%	2.1%	0.0%	4.6%	0.6%	0.1%	3.0%	0.7%	19.9%
Lett industri	TEK7-TEK10	68.9%	2.1%	0.0%	4.6%	0.6%	0.1%	3.0%	0.7%	19.9%
Lett industri	TEK15/TEK20 - L	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Lett industri	TEK15/TEK20 - R	21.1%	4.9%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	18.7%	4.7%	48.8%
Lett industri	TEK15/TEK20 - H	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	80.1%	19.9%	0.0%

Vedlegg V E: Andel av det totale energibehovet til oppvarming av varmt tappevann for hver av bygningskategoriene og aldersgruppe som dekkes av gitt teknologi i LEAP-modellen FØR kalibrering mot energivarebalansen.

Andeler av teknologier som benyttes til å dekke oppvarmingsbehovet i basisåret – Etter kalibrering

Bygningskategori	Aldersgruppe (-og scenario)	Direkte el,	Bio	Sol-paneler	Olje	Gass	Annet	Varme-pumpe væske-væske	Varme-pumpe luft-luft	Varme-pumpe luft-væske	Fjern-varme	Ved
Småhus	Eldre	66,0%	3,5%	0,0%	2,5%	0,1%	0,0%	0,8%	15,7%	0,5%	2,9%	8,0%
Småhus	TEK7-TEK10	68,0%	3,5%	0,0%	0,5%	0,1%	0,0%	0,8%	15,7%	0,5%	2,9%	8,0%
Småhus	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Småhus	TEK15/TEK20 - R	65,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	12,0%	0,4%	10,0%	12,0%
Småhus	TEK15/TEK20 - H	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,4%	83,1%	2,5%	0,0%	0,0%
Boligblokk	Eldre	66,0%	3,5%	0,0%	2,5%	0,1%	0,0%	0,1%	16,8%	0,1%	2,9%	8,0%
Boligblokk	TEK7-TEK10	68,0%	3,5%	0,0%	0,5%	0,1%	0,0%	0,1%	16,8%	0,1%	2,9%	8,0%
Boligblokk	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Boligblokk	TEK15/TEK20 - R	51,5%	1,7%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	23,0%	0,1%	23,0%	0,0%
Boligblokk	TEK15/TEK20 - H	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	89,0%	0,4%	0,0%	0,0%
Barnehage	Eldre	71,6%	3,1%	0,0%	9,6%	2,0%	0,0%	6,6%	3,0%	1,6%	2,5%	0,0%
Barnehage	TEK7-TEK10	24,8%	1,2%	0,0%	6,3%	2,1%	0,2%	24,9%	11,5%	6,2%	22,8%	0,0%
Barnehage	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Barnehage	TEK15/TEK20 - R	36,2%	4,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	15,0%	6,9%	3,7%	33,4%	0,0%
Barnehage	TEK15/TEK20 - H	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	52,6%	24,2%	13,1%	0,0%	0,0%
Skolebygning	Eldre	60,6%	5,0%	0,0%	12,5%	2,6%	0,2%	4,7%	2,2%	1,2%	11,1%	0,0%
Skolebygning	TEK7-TEK10	22,6%	6,7%	0,0%	7,7%	2,8%	0,0%	17,2%	8,2%	4,3%	30,5%	0,0%
Skolebygning	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Skolebygning	TEK15/TEK20 - R	25,3%	4,9%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	13,5%	6,4%	3,4%	44,6%	0,0%
Skolebygning	TEK15/TEK20 - H	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	52,2%	24,8%	13,0%	0,0%	0,0%
Universitet	Eldre	31,6%	1,2%	0,0%	9,8%	1,6%	0,0%	2,3%	1,0%	0,6%	51,9%	0,0%
Universitet	TEK7-TEK10	5,8%	1,0%	0,0%	6,3%	1,2%	0,0%	12,4%	5,5%	3,1%	64,6%	0,0%
Universitet	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Universitet	TEK15/TEK20 - R	24,7%	5,0%	2,0%	0,0%	0,0%	0,0%	13,6%	6,1%	3,4%	45,3%	0,0%
Universitet	TEK15/TEK20 - H	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	53,1%	23,7%	13,2%	0,0%	0,0%
Kontorbygning	Eldre	51,4%	1,3%	0,0%	10,2%	2,1%	0,1%	4,1%	1,8%	1,0%	27,9%	0,0%
Kontorbygning	TEK7-TEK10	11,5%	1,9%	0,2%	6,4%	2,4%	0,0%	11,6%	5,2%	2,9%	57,9%	0,0%
Kontorbygning	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Kontorbygning	TEK15/TEK20 - R	25,6%	4,9%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	13,7%	6,1%	3,4%	44,4%	0,0%
Kontorbygning	TEK15/TEK20 - H	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	53,1%	23,7%	13,2%	0,0%	0,0%
Forretningsbygg	Eldre	64,2%	1,8%	0,0%	9,8%	3,6%	0,1%	4,6%	2,3%	1,2%	12,4%	0,0%
Forretningsbygg	TEK7-TEK10	36,7%	1,2%	0,0%	6,8%	1,9%	1,2%	9,6%	4,7%	2,4%	35,6%	0,0%
Forretningsbygg	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Forretningsbygg	TEK15/TEK20 - R	25,7%	4,9%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	13,4%	6,6%	3,3%	44,2%	0,0%
Forretningsbygg	TEK15/TEK20 - H	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	51,8%	25,3%	12,9%	0,0%	0,0%
Hotell	Eldre	65,0%	1,5%	0,0%	10,3%	3,4%	0,0%	1,4%	0,8%	0,4%	17,3%	0,0%
Hotell	TEK7-TEK10	16,3%	9,2%	0,0%	6,3%	5,4%	0,0%	12,3%	6,7%	3,1%	40,7%	0,0%
Hotell	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Hotell	TEK15/TEK20 - R	25,8%	4,9%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	13,0%	7,0%	3,2%	44,2%	0,0%
Hotell	TEK15/TEK20 - H	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	50,2%	27,2%	12,5%	0,0%	0,0%
Sykehus	Eldre	37,5%	1,4%	0,0%	9,8%	7,4%	0,0%	3,9%	2,1%	1,0%	36,9%	0,0%
Sykehus	TEK7-TEK10	5,0%	1,0%	0,0%	6,3%	1,2%	0,0%	2,8%	1,5%	0,7%	81,5%	0,0%
Sykehus	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Sykehus	TEK15/TEK20 - R	24,7%	5,0%	2,0%	0,0%	0,0%	0,0%	12,8%	7,0%	3,2%	45,3%	0,0%
Sykehus	TEK15/TEK20 - H	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	50,2%	27,3%	12,5%	0,0%	0,0%

Sykehjem	Eldre	56,7%	2,9%	0,0%	12,6%	3,9%	0,0%	5,4%	2,9%	1,3%	14,3%	0,0%
Sykehjem	TEK7-TEK10	24,9%	2,8%	0,0%	7,9%	5,4%	0,0%	14,9%	8,2%	3,7%	32,1%	0,0%
Sykehjem	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Sykehjem	TEK15/TEK20 - R	25,0%	5,0%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	12,9%	7,1%	3,2%	44,9%	0,0%
Sykehjem	TEK15/TEK20 - H	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	50,1%	27,4%	12,5%	0,0%	0,0%
Kulturbygg	Eldre	50,6%	2,1%	0,0%	13,0%	3,2%	0,0%	3,0%	1,4%	0,8%	25,9%	0,0%
Kulturbygg	TEK7-TEK10	13,7%	1,0%	0,0%	6,3%	1,2%	0,0%	5,0%	2,3%	1,3%	69,2%	0,0%
Kulturbygg	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Kulturbygg	TEK15/TEK20 - R	26,2%	4,9%	1,8%	0,0%	0,0%	0,0%	13,8%	6,3%	3,4%	43,6%	0,0%
Kulturbygg	TEK15/TEK20 - H	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	52,9%	23,9%	13,2%	0,0%	0,0%
Idrettsbygg	Eldre	57,5%	2,1%	0,0%	17,5%	2,7%	0,0%	3,8%	2,4%	1,0%	13,1%	0,0%
Idrettsbygg	TEK7-TEK10	20,1%	4,1%	0,0%	6,6%	3,6%	0,0%	17,8%	11,0%	4,4%	32,4%	0,0%
Idrettsbygg	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Idrettsbygg	TEK15/TEK20 - R	27,6%	4,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	12,6%	7,8%	3,1%	44,0%	0,0%
Idrettsbygg	TEK15/TEK20 - H	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	48,2%	29,8%	12,0%	0,0%	0,0%
Lett industri	Eldre	50,6%	2,6%	1,9%	14,1%	2,5%	0,3%	5,0%	2,2%	1,2%	19,7%	0,0%
Lett industri	TEK7-TEK10	57,1%	3,6%	0,0%	16,7%	3,7%	0,3%	5,0%	2,2%	1,2%	10,3%	0,0%
Lett industri	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Lett industri	TEK15/TEK20 - R	27,5%	4,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	13,9%	6,0%	3,5%	44,2%	0,0%
Lett industri	TEK15/TEK20 - H	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	53,6%	23,1%	13,3%	0,0%	0,0%

Vedlegg V F: Andel av det totale energibehovet til oppvarming av rom og ventilasjonsluft for hver av bygningskategoriene og aldersgruppe som dekkes av gitt teknologi i LEAP-modellen etter kalibrering mot energivarebalansen.

Bygningskategori	Aldersgruppe (og scenario)	Direkte el,	Bio	Sol-paneler	Olje	Gass	Annet	Varme-pumpe væske-væske	Varme-pumpe luft-væske	Fjern-varme
Småhus	Eldre	74,0%	3,5%	0,0%	2,5%	0,1%	0,0%	10,8%	6,2%	2,9%
Småhus	TEK7-TEK10	74,0%	3,5%	0,0%	2,5%	0,1%	0,0%	10,8%	6,2%	2,9%
Småhus	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Småhus	TEK15/TEK20 - R	77,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	8,3%	4,7%	10,0%
Småhus	TEK15/TEK20 - H	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	63,5%	36,5%	0,0%
Boligblokk	Eldre	74,0%	3,5%	0,0%	2,5%	0,1%	0,0%	10,8%	6,2%	2,9%
Boligblokk	TEK7-TEK10	74,0%	3,5%	0,0%	2,5%	0,1%	0,0%	10,8%	6,2%	2,9%
Boligblokk	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Boligblokk	TEK15/TEK20 - R	51,5%	1,7%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	14,7%	8,5%	23,0%
Boligblokk	TEK15/TEK20 - H	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	63,5%	36,5%	0,0%
Barnehage	Eldre	75,7%	2,2%	0,0%	9,8%	1,9%	0,0%	4,8%	1,2%	4,5%
Barnehage	TEK7-TEK10	37,4%	1,2%	1,6%	6,3%	1,6%	0,2%	25,0%	6,2%	20,4%
Barnehage	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Barnehage	TEK15/TEK20 - R	31,6%	4,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	20,5%	5,1%	38,0%
Barnehage	TEK15/TEK20 - H	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	80,1%	19,9%	0,0%
Skolebygning	Eldre	67,9%	4,0%	0,1%	11,4%	2,5%	0,1%	4,3%	1,1%	8,6%
Skolebygning	TEK7-TEK10	32,0%	5,8%	2,7%	7,4%	3,4%	0,0%	18,8%	4,7%	25,2%
Skolebygning	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Skolebygning	TEK15/TEK20 - R	20,7%	4,9%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	18,6%	4,6%	49,2%
Skolebygning	TEK15/TEK20 - H	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	80,1%	19,9%	0,0%
Universitet	Eldre	40,2%	1,1%	0,0%	8,8%	1,4%	0,0%	1,2%	0,3%	47,0%
Universitet	TEK7-TEK10	10,9%	1,0%	0,0%	6,3%	1,2%	0,0%	11,2%	2,8%	66,6%
Universitet	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Universitet	TEK15/TEK20 - R	20,1%	5,0%	2,0%	0,0%	0,0%	0,0%	18,5%	4,6%	49,9%
Universitet	TEK15/TEK20 - H	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	80,1%	19,9%	0,0%
Kontorbygning	Eldre	57,9%	1,2%	0,0%	8,8%	1,7%	0,0%	3,4%	0,8%	26,2%
Kontorbygning	TEK7-TEK10	19,1%	1,9%	0,6%	6,3%	2,1%	0,0%	10,8%	2,7%	56,5%

Kontorbygning	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Kontorbygning	TEK15/TEK20 - R	21,0%	4,9%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	18,6%	4,6%	49,0%
Kontorbygning	TEK15/TEK20 - H	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	80,1%	19,9%	0,0%
Forretningsbygg	Eldre	77,1%	1,6%	0,0%	8,3%	2,7%	0,0%	1,3%	0,3%	8,7%
Forretningsbygg	TEK7-TEK10	51,7%	1,0%	0,1%	7,0%	1,4%	0,0%	5,1%	1,3%	32,5%
Forretningsbygg	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Forretningsbygg	TEK15/TEK20 - R	21,1%	4,9%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	18,7%	4,7%	48,8%
Forretningsbygg	TEK15/TEK20 - H	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	72,1%	17,9%	0,0%
Hotell	Eldre	63,9%	1,5%	0,0%	10,0%	2,7%	0,0%	1,6%	0,4%	19,9%
Hotell	TEK7-TEK10	23,2%	9,2%	0,0%	6,3%	5,1%	0,0%	14,9%	3,7%	37,5%
Hotell	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Hotell	TEK15/TEK20 - R	21,2%	4,9%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	18,6%	4,6%	48,8%
Hotell	TEK15/TEK20 - H	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	80,1%	19,9%	0,0%
Sykehus	Eldre	34,9%	1,4%	0,0%	9,4%	7,9%	0,2%	7,5%	1,9%	36,9%
Sykehus	TEK7-TEK10	10,3%	1,0%	0,0%	6,3%	1,2%	0,0%	1,6%	0,4%	79,2%
Sykehus	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Sykehus	TEK15/TEK20 - R	20,1%	5,0%	2,0%	0,0%	0,0%	0,0%	18,4%	4,6%	49,9%
Sykehus	TEK15/TEK20 - H	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	80,1%	19,9%	0,0%
Sykehjem	Eldre	59,7%	2,5%	0,0%	12,3%	3,3%	0,0%	7,1%	1,8%	13,4%
Sykehjem	TEK7-TEK10	32,5%	2,7%	0,4%	7,8%	4,8%	0,0%	15,7%	3,9%	32,2%
Sykehjem	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Sykehjem	TEK15/TEK20 - R	20,4%	5,0%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	18,6%	4,6%	49,5%
Sykehjem	TEK15/TEK20 - H	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	80,1%	19,9%	0,0%
Kulturbygg	Eldre	57,2%	2,1%	0,0%	9,3%	2,7%	0,0%	2,2%	0,6%	25,8%
Kulturbygg	TEK7-TEK10	23,6%	1,0%	0,0%	6,3%	1,2%	0,0%	3,9%	1,0%	63,1%
Kulturbygg	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Kulturbygg	TEK15/TEK20 - R	21,6%	4,9%	1,8%	0,0%	0,0%	0,0%	18,9%	4,7%	48,2%
Kulturbygg	TEK15/TEK20 - H	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	80,1%	19,9%	0,0%
Idrettsbygg	Eldre	63,0%	1,7%	0,3%	13,9%	2,6%	0,2%	5,0%	1,3%	12,0%
Idrettsbygg	TEK7-TEK10	30,8%	3,9%	0,3%	6,6%	3,3%	0,0%	20,8%	5,2%	29,1%
Idrettsbygg	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Idrettsbygg	TEK15/TEK20 - R	21,2%	4,9%	1,8%	0,0%	0,0%	0,0%	18,8%	4,7%	48,6%
Idrettsbygg	TEK15/TEK20 - H	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	72,1%	17,9%	0,0%
Lett industri	Eldre	68,9%	2,1%	0,0%	8,3%	0,6%	0,1%	3,0%	0,7%	16,2%
Lett industri	TEK7-TEK10	73,5%	3,1%	0,0%	10,9%	1,8%	0,1%	3,0%	0,7%	6,8%
Lett industri	TEK15/TEK20 - L	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Lett industri	TEK15/TEK20 - R	21,1%	4,9%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	18,7%	4,7%	48,8%
Lett industri	TEK15/TEK20 - H	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	80,1%	19,9%	0,0%

Vedlegg V G: Andel av det totale energibehovet til varmt tappevann for hver av bygningskategoriene og aldersgruppe som dekkes av gitt teknologi i LEAP-modellen etter kalibrering mot energivarebalansen.

Vedlegg VI: Andeler av varmepumpeteknologier

Andelene av det varmepumpedekkede oppvarmingsbehovet som er dekket av de ulike varmepumpeteknologiene er beregnet i flere steg.

I første steg ble det totale energibehovet til oppvarming i husholdninger og yrkesbygg som dekkes av de ulike varmepumpeteknologiene beregnet ved hjelp av andelene av varmeproduksjon fra varmepumper stammer fra de ulike varmepumpeteknologiene (fra avsnitt 4.1.6.3) og COPen til de ulike varmepumpeteknologiene fra (fra avsnitt 4.1.6). Resultatene fra disse beregningene er vist i Vedlegg VI A.

		Luft/ luft	Luft/ vann	Væske/ vann
Andel av total varmeproduksjon fra varmepumper	Husholdninger	0,869	0,053	0,078
	Yrkesbygg	0,318	0,155	0,526
Andel av netto energibehov dekket av varmepumper	Husholdninger	0,73	0,098637	0,171747
	Yrkesbygg	0,250263	0,149498	0,600238

Vedlegg VI A: Beregnet andel av netto oppvarmingsbehov (som er dekket av varmepumper) som er dekket av de ulike varmepumpeteknologiene.

Det er forenklet antatt at denne fordelingen vil være den samme for alle bygningskategoriene av yrkesbygg og boliger. Det vil sannsynligvis være større forskjeller i virkeligheten, da bygningskategoriene har forskjellige behov og byggene vil være av forskjellige størrelse. De fleste kontorbygg og sykehus er for eksempel store bygg der det ikke vil være naturlig å velge punkt-oppvarmingskilder som luft-luft varmepumper. I barnehager, som regel er mindre bygg vil det sannsynligvis være mer aktuelt å velge en luft-luft varmepumpe. Ettersom luft-luft varmepumper kun benyttes til oppvarming av rom og ventilasjonsluft, mens de andre varmepumpeteknologiene også kan benyttes til å varme opp varmtvann vil andelene av varmepumpeteknologiene benyttet være ulike for de to formålene. For å kunne finne disse andelene er det nødvendig å finne andelene av energibehovet til oppvarming som skyldes oppvarming av rom og ventilasjonsluft i basisåret. For å beregne dette ble spesifikt energibehov til oppvarming beregnet for hver av bygningskategoriene ved hjelp av beregnede verdier for netto energibehov for hver av aldersgruppene (vist i vedlegg IV) og andelene av bygningsarealet som tilhørte de ulike aldersgruppene (vist i avsnitt 4.1.4). Det beregnede gjennomsnittlige spesifikke energibehovet til de ulike oppvarmingsformålene for hver av bygningskategoriene i modellens basisår er som vist i Vedlegg VI B.

	Netto spesifikt energibehov til oppvarming av rom- og ventilasjonsluft	Netto spesifikt energibehov til oppvarming av varmt tappevann	Totalt spesifikt energibehov til oppvarming
Småhus	112,20	29,80	142,00
Boligblokk	83,90	29,80	113,70
Barnehage	130,79	10,00	140,79
Skolebygning	95,58	9,80	105,38
Universitetsbygning	96,89	5,00	101,89

Kontorbygning	94,15	5,00	99,15
Forretningsbygg	84,09	10,50	94,59
Hotell	142,18	29,80	171,98
Sykehus	140,88	29,80	170,68
Sykehjem	136,54	29,80	166,34
Kulturbygning	159,53	10,00	169,53
Idrettsbygning	152,33	49,00	201,33
Lett industri, verksteder	158,00	4,07	162,07

Vedlegg VI B: Gjennomsnittlig beregnet spesifikt energibehov til oppvarming for hver av bygningskategoriene i modellen.

I andeler av spesifikt oppvarmingsbehov for hver av oppvarmingsteknologiene som vist i Vedlegg VI C.

	Oppvarming av rom- og ventilasjonsluft	Oppvarming av varmt tappevann
Småhus	79.0%	21.0%
Boligblokk	73.8%	26.2%
Barnehage	92.9%	7.1%
Skolebygning	90.7%	9.3%
Universitetsbygning	95.1%	4.9%
Kontorbygning	95.0%	5.0%
Forretningsbygg	88.9%	11.1%
Hotell	82.7%	17.3%
Sykehus	82.5%	17.5%
Sykehjem	82.1%	17.9%
Kulturbygning	94.1%	5.9%
Idrettsbygning	75.7%	24.3%
Lett industri, verksteder	97.5%	2.5%

Vedlegg VI B: Andeler av totalt oppvarmingsbehov som skyldes formålene «oppvarming av rom- og ventilasjonsluft» og «oppvarming av varmt tappevann» for hver av bygningskategoriene i modellens basisår.

Ved å anta at all bruk av luft-luft varmepumper benyttes til oppvarming av rom og ventilasjonsluft, andelene av oppvarmingsbehovet som skyldes oppvarming av varmt tappevann, og andelene av netto energibehov som er dekket av de ulike varmepumpetyperne i Vedlegg VI A er dermed beregnet som vist i Vedlegg VI D.

	Andel av oppvarmingsbehovet som dekkes av varmepumpe				
	Oppvarming rom og ventilasjonsluft			Oppvarming av varmt tappevann	
	Luft-luft	Væske-væske	Luft-væske	Væske-væske	Luft-væske
Småhus	92.39%	4.83%	2.78%	63.52%	36.48%
Boligblokk	98.93%	0.68%	0.39%	63.52%	36.48%
Barnehage	26.94%	58.49%	14.57%	80.06%	19.94%
Skolebygning	27.59%	57.97%	14.44%	80.06%	19.94%
Universitetsbygning	26.32%	58.99%	14.69%	80.06%	19.94%
Kontorbygning	26.36%	58.96%	14.68%	80.06%	19.94%

Forretningsbygg	28.15%	57.52%	14.33%	80.06%	19.94%
Hotell	30.27%	55.82%	13.90%	80.06%	19.94%
Sykehus	30.32%	55.79%	13.89%	80.06%	19.94%
Sykehjem	30.49%	55.65%	13.86%	80.06%	19.94%
Kulturbygning	26.60%	58.77%	14.64%	80.06%	19.94%
Idrettsbygning	33.08%	53.58%	13.34%	80.06%	19.94%
Lett industri, verksteder	25.67%	59.51%	14.82%	80.06%	19.94%

Vedlegg VI C: Andel av oppvarmingsbehovet (som er dekket av varmepumper) som dekkes av de ulike varmepumpeteknologiene for hver av bygningskategoriene.

Vedlegg VII: Andeler av kjøleteknologier

Bygningskategori	Aldersgruppe (og scenario)	Fjernkjøling	Kjølemaskin
Universitet	Eldre	0.0%	100.0%
Universitet	TEK7-TEK10	0.0%	100.0%
Universitet	TEK15/TEK20 - L	0.0%	100.0%
Universitet	TEK15/TEK20 - R	0.0%	100.0%
Universitet	TEK15/TEK20 - H	0.0%	100.0%
Kontorbygning	Eldre	1.9%	98.1%
Kontorbygning	TEK7-TEK10	3.9%	96.1%
Kontorbygning	TEK15/TEK20 - L	0.0%	100.0%
Kontorbygning	TEK15/TEK20 - R	3.0%	97.0%
Kontorbygning	TEK15/TEK20 - H	0.0%	100.0%
Forretningsbygg	Eldre	0.8%	99.2%
Forretningsbygg	TEK7-TEK10	2.2%	97.8%
Forretningsbygg	TEK15/TEK20 - L	0.0%	100.0%
Forretningsbygg	TEK15/TEK20 - R	2.7%	97.3%
Forretningsbygg	TEK15/TEK20 - H	0.0%	100.0%
Hotell	Eldre	2.1%	97.9%
Hotell	TEK7-TEK10	5.0%	95.0%
Hotell	TEK15/TEK20 - L	0.0%	100.0%
Hotell	TEK15/TEK20 - R	5.4%	94.6%
Hotell	TEK15/TEK20 - H	0.0%	100.0%
Sykehus	Eldre	11.9%	88.1%
Sykehus	TEK7-TEK10	26.4%	73.6%
Sykehus	TEK15/TEK20 - L	0.0%	100.0%
Sykehus	TEK15/TEK20 - R	14.7%	85.3%
Sykehus	TEK15/TEK20 - H	0.0%	100.0%
Kulturbygg	Eldre	0.0%	100.0%
Kulturbygg	TEK7-TEK10	0.0%	100.0%
Kulturbygg	TEK15/TEK20 - L	0.0%	100.0%
Kulturbygg	TEK15/TEK20 - R	0.0%	100.0%
Kulturbygg	TEK15/TEK20 - H	0.0%	100.0%
Lett industri	Eldre	0.0%	100.0%
Lett industri	TEK7-TEK10	0.0%	100.0%
Lett industri	TEK15/TEK20 - L	0.0%	100.0%
Lett industri	TEK15/TEK20 - R	0.0%	100.0%
Lett industri	TEK15/TEK20 - H	0.0%	100.0%

Vedlegg VII A: Andelen av kjølebehovet i bygningskategoriene med kjøling som dekkes av fjernkjøling og kjølemaskin for hver av aldersgruppene.

Vedlegg VIII: Beregning av temperaturkorrigeringsfaktorer i regionene

Dette vedlegget viser framgangsmåte for å beregne temperaturkorrigeringsfaktorene benyttet til å beregne energibehovet til oppvarming av rom og ventilasjonsvarme i hver av regionene i modellen

B. Lindberg har i arbeidet med sin doktorgradsavhandling (Lindberg, Impact of Zero Energy Buildings on the Power System. A study of load profiles, flexibility and system investments., 2016) temperaturkorrigert energiforbruket oppvarming for husholdninger og næringsbygg i 2010 etter klimaprofilene for hver region i årene 1999 til 2015 som vist i Vedlegg VIIA.

Klimaprofil	Oppvarmingsbehov tjenesteytende sektor [GWh]					Oppvarmingsbehov husholdninger [GWh]				
	NO1	NO2	NO3	NO4	NO5	NO1	NO2	NO3	NO4	NO5
1999	4 506,9	2 400,5	1 569,2	1 234,4	964,2	13 481,9	7 383,0	4 626,9	3 553,1	3 055,5
2000	4 004,0	2 158,2	1 485,3	1 207,9	912,8	12 298,9	6 796,6	4 432,0	3 484,0	2 902,4
2001	4 789,2	2 545,5	1 664,3	1 269,2	1 046,2	14 038,9	7 644,4	4 841,1	3 586,4	3 238,2
2002	4 702,4	2 452,4	1 589,5	1 233,6	1 004,4	13 908,9	7 523,4	4 696,3	3 503,9	3 161,4
2003	4 592,1	2 399,3	1 532,2	1 205,2	967,1	13 734,5	7 445,1	4 585,3	3 466,8	3 081,8
2004	4 412,0	2 347,7	1 516,3	1 185,5	962,7	13 240,6	7 249,5	4 526,0	3 443,1	3 052,9
2005	4 254,1	2 354,1	1 511,4	1 170,9	964,8	12 860,5	7 272,9	4 497,7	3 385,0	3 045,7
2006	4 414,1	2 364,1	1 471,2	1 168,0	935,5	13 289,1	7 287,8	4 407,9	3 384,9	3 000,4
2007	4 352,7	2 290,0	1 578,1	1 180,8	969,5	13 078,3	7 113,0	4 677,7	3 432,3	3 058,4
2008	4 231,6	2 279,3	1 485,6	1 234,5	956,5	12 903,2	7 135,3	4 432,4	3 549,3	3 029,6
2009	4 600,7	2 435,7	1 555,6	1 249,3	966,0	13 639,7	7 495,4	4 591,0	3 589,4	3 061,1
2010	5 377,0	2 986,2	1 876,5	1 324,1	1 196,6	15 353,6	8 632,9	5 282,2	3 714,6	3 554,2
2011	4 321,3	2 321,2	1 439,8	1 129,3	939,4	12 973,5	7 157,5	4 348,8	3 296,6	2 973,9
2012	4 574,3	2 468,6	1 662,4	1 267,9	1 027,5	13 661,8	7 559,0	4 852,8	3 627,6	3 224,9
2013	4 641,6	2 595,8	1 602,3	1 195,4	1 027,6	13 839,5	7 850,6	4 666,9	3 424,0	3 205,5
2014	4 091,3	2 105,3	1 421,8	1 209,8	855,7	12 574,1	6 716,6	4 340,4	3 484,7	2 808,2
2015	4 860,0	2 507,1	1 584,9	1 311,4	996,8	14 271,6	7 623,8	4 676,1	3 686,6	3 126,3

Vedlegg VIII A: Temperaturkorrigert energiforbruk fra 2010 til oppvarming i tjenesteytende sektor og husholdninger for klimaprofiler fra 1999 til 2015. (Lindberg, Impact of Zero Energy Buildings on the Power System. A study of load profiles, flexibility and system investments., 2016)

I 2010 var befolkningstallet i hver av regionene som vist i Vedlegg VIII B.

Befolkning [Personer]					
NO1	NO2	NO3	NO4	NO5	Totalt
2 000 176	1 403 828	624 673	400 319	428 336	4 857 332

Vedlegg VIII B: Befolkningstall i hver av regionene i 2010. (Lindberg, Impact of Zero Energy Buildings on the Power System. A study of load profiles, flexibility and system investments., 2016)

Ved hjelp av disse dataene er energiforbruket til oppvarming per person i hver av regionene og totalt i landet beregnet til å være som vist i Vedlegg VIII C.

Klimaprofil	Energiforbruk til oppvarming per person [GWh/person]					
	NO1	NO2	NO3	NO4	NO5	Totalt
1999	0,0090	0,0070	0,0099	0,0120	0,0094	0,0088
2000	0,0082	0,0064	0,0095	0,0117	0,0089	0,0082
2001	0,0094	0,0073	0,0104	0,0121	0,0100	0,0092
2002	0,0093	0,0071	0,0101	0,0118	0,0097	0,0090

2003	0,0092	0,0070	0,0098	0,0117	0,0095	0,0089
2004	0,0088	0,0068	0,0097	0,0116	0,0094	0,0086
2005	0,0086	0,0069	0,0096	0,0114	0,0094	0,0085
2006	0,0089	0,0069	0,0094	0,0114	0,0092	0,0086
2007	0,0087	0,0067	0,0100	0,0115	0,0094	0,0086
2008	0,0086	0,0067	0,0095	0,0119	0,0093	0,0085
2009	0,0091	0,0071	0,0098	0,0121	0,0094	0,0089
2010	0,0104	0,0083	0,0115	0,0126	0,0111	0,0101
2011	0,0086	0,0068	0,0093	0,0111	0,0091	0,0084
2012	0,0091	0,0071	0,0104	0,0122	0,0099	0,0090
2013	0,0092	0,0074	0,0100	0,0115	0,0099	0,0091
2014	0,0083	0,0063	0,0092	0,0117	0,0086	0,0082
2015	0,0096	0,0072	0,0100	0,0125	0,0096	0,0092

Vedlegg VIII C: Energiforbruk per person bosatt i regionene og totalt i Norge i 2010, temperaturkorrigert for klimaprofiler fra 1999-2015.

Energiforbruket per person i regionene i forhold til landsgjennomsnittet er beregnet for hver av regionene med hver av temperaturprofilene som vist i Vedlegg VIII D.

Klimaprofil					
	NO1	NO2	NO3	NO4	NO5
1999	1,021	0,791	1,126	1,358	1,066
2000	0,926	0,724	1,076	1,331	1,011
2001	1,069	0,824	1,183	1,377	1,136
2002	1,057	0,807	1,143	1,344	1,104
2003	1,040	0,796	1,112	1,325	1,073
2004	1,002	0,776	1,098	1,313	1,065
2005	0,972	0,779	1,092	1,292	1,063
2006	1,005	0,781	1,069	1,291	1,043
2007	0,990	0,761	1,137	1,309	1,068
2008	0,973	0,762	1,076	1,357	1,057
2009	1,036	0,803	1,117	1,373	1,068
2010	1,177	0,940	1,301	1,429	1,259
2011	0,982	0,767	1,052	1,255	1,037
2012	1,035	0,811	1,184	1,389	1,127
2013	1,049	0,845	1,140	1,310	1,122
2014	0,946	0,714	1,047	1,332	0,971
2015	1,086	0,819	1,138	1,418	1,093

Vedlegg VIII D: Energiforbruk per person i regionene i forhold til landsgjennomsnittet.

Dette gir et gjennomsnittlig forholdtall som vist i vedlegg VIII E. Faktorene har så blitt kalibrert slik at det samlede energibehovet til oppvarming av rom og ventilasjonsluft fra hver av regionene er det samme som det totale energibehovet i Norge.

Region	Gjennomsnittlig forholdstall	Gjennomsnittlig forholdstall kalibrert
NO1	1,021	1.005
NO2	0,794	0.781
NO3	1,123	1.104
NO4	1,341	1.319
NO5	1,080	1.062

Vedlegg VIII E: Gjennomsnittlig forhold mellom energiforbruket per person i regionene og energiforbruk per person på landsbasis før og etter kalibrering.

Vedlegg IX: Temperaturkorrigering av energivarebalansen 2014

Ved modellering av energiforbruket i bygninger modelleres temperaturkorrigert forbruk, det vil si energiforbruket i bygg i et år med normalisert klima. For å kalibrere energiforbruket i modellen med energiforbruket i energivarebalansen må energivarebalansen temperaturkorrigeres for et normalisert år. Temperaturkorrigering av energiforbruket kan gjøres ved hjelp av følgende formel:

$$E_c = E_m \left(k \frac{DD_n}{DD_m} + (1 - k) \right)$$

Der

E_c er temperaturkorrigert energibruk.

E_m er målt energibruk.

k andel av energiforbruket som er temperaturavhengig.

DD_n er antall graddager i et normalisert år.

DD_m er antall graddager i gitt år.

Energivarebalansen oppgir samlet forbruk av energi fordelt på ulike energivarer. For å temperaturkorrigere energivarebalansen må det derfor gjøres anslag over hvor mye av det målte energiforbruket av hver energivare som er temperaturavhengig - det vil si hvor mye av energiforbruk av hver energivare som benyttes til oppvarming av rom og ventilasjonsluft eller kjøling. Andelen av de ulike energivarene i energivarebalansen som er antatt temperaturavhengig er vist i Vedlegg IX A. Andelen av fyringsolje, ved/bio og gass som benyttes til oppvarming av rom og ventilasjonsluft er beregnet direkte i direkte fra modellen. I et case-studie utført av BKK ble det beregnet at 65 % av energiforbruket til fjernvarme er temperaturavhengig (brukes til oppvarming av rom og ventilasjonsluft) (BKK, 2016). Andelen av elektrisitet som er temperaturavhengig er beregnet av Ingrid Magnussen basert på Energibruksrapporten (2012) og tall fra Entro.

Temperaturkorrigering	Fyringsolje/ fyringsparafin	Ved/bio	Gass	Elektrisitet	Fjernvarme
Andel av temperaturavhengig energibruk i husholdninger	77.9 %	97.0 %	81.1 %	55.0 %	65.0 %
Andel av temperaturavhengig energibruk i næringsbygg	94.5 %	93.5 %	90.1 %	20.0 %	65.0 %

Vedlegg IX A: Andel av forbruket av ulike energivarer i bygningsmassen som er antatt å være temperaturavhengig. (BKK, 2016) og (Bergesen, et al., 2012)

2014 var et varmt år og antall graddager vektet etter befolkning i de ulike landsdelene er beregnet å være 3298 for 2014, som er lavt sammenlignet med det samme vektete snittet i perioden 1981-2010 som var på 3883. (Meteo Norge, 2014). I Vedlegg IX B er energivarebalansen for husholdninger og næringsbygg oppgitt og før og etter kalibrering med graddagstallene og de temperaturavhengige andelenes av energiforbruket.

	Fyringsolje/ fyringsparafin [GWh]	Ved/bio [GWh]	Gass [GWh]	Elektrisitet [GWh]	Fjernvarme [GWh]	Sum [GWh]
Husholdninger	876,4	4 271,3	44,6	34 779,0	999,7	40 971,0
Husholdning T.korrigert	997.3	4 970.1	50.8	38 172.3	1 115.0	45 305.6
Næringsbygg	1 707,3	409,8	429,4	24 179,8	3 084,7	29 811,0
Næringsbygg T.korrigert	1 987.5	476.6	498.8	25 037.7	3 440.4	31 440.9

Vedlegg IX B: energivarebalansen for husholdninger og næringsbygg i 2014 før og etter temperaturkorrigering. (SSB, 2015a)

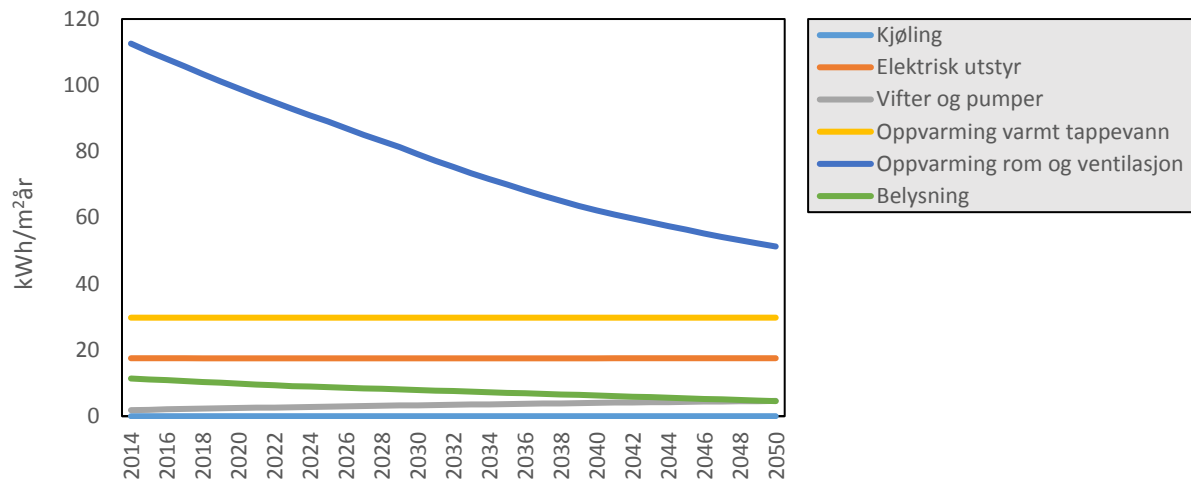
Energivarebalansen for energiforbruket til fritidsboliger og maskiner i husholdningene og næringsbyggene er ikke temperaturkorrigert da forbruket av energivarer til disse formålene er vurdert til å være usikkert.

Vedlegg X: Utvikling i samlet areal for hver bygningskategori

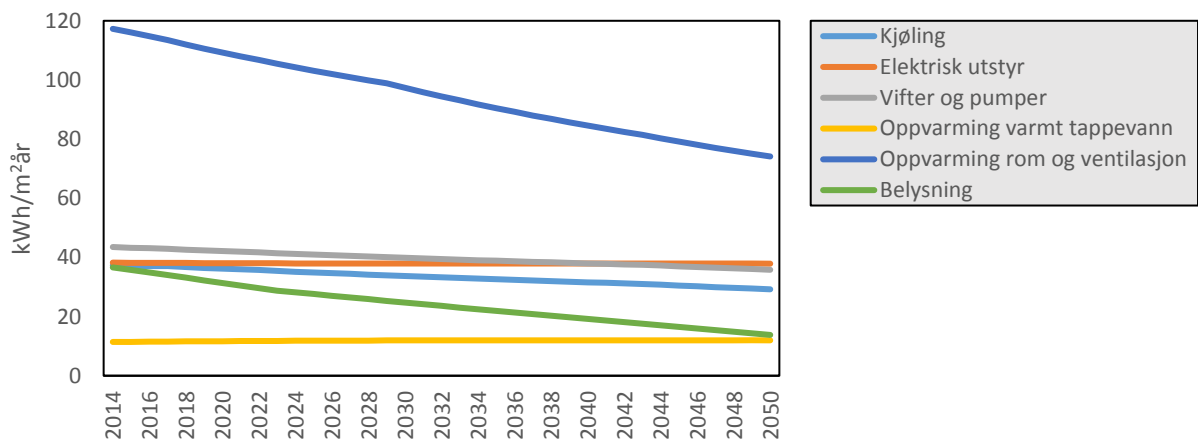
År	Samlet areal [millioner m ²]												
	Småhus	Bolig-blokker	Barnehager	Skolebygning	Universitet	Kontorbygning	Forretningsbygg	Hotell	Sykehus	Sykehjem	Kulturbygning	Idrettsbygning	Lett industri, verksteder
2014	222.85	44.92	1.67	14.79	2.64	28.45	32.78	6.22	4.81	5.49	3.12	2.94	20.82
2015	227.41	47.54	1.74	15.00	2.69	28.84	33.33	6.34	4.82	5.55	3.17	3.10	21.25
2016	229.63	48.86	1.82	15.21	2.74	29.22	33.87	6.47	4.84	5.62	3.22	3.27	21.48
2017	231.88	50.17	1.90	15.42	2.79	29.61	34.42	6.59	4.85	5.68	3.27	3.44	21.72
2018	234.07	51.51	1.99	15.63	2.84	29.99	34.96	6.71	4.86	5.74	3.32	3.62	21.94
2019	236.20	52.84	2.07	15.83	2.88	30.36	35.49	6.83	4.87	5.80	3.37	3.80	22.15
2020	238.32	54.17	2.15	16.03	2.93	30.73	36.01	6.95	4.88	5.86	3.42	3.98	22.35
2021	240.36	55.52	2.23	16.23	2.98	31.08	36.51	7.06	4.90	5.92	3.47	4.15	22.55
2022	242.40	56.86	2.31	16.41	3.02	31.43	36.99	7.17	4.92	5.98	3.51	4.31	22.74
2023	244.42	58.20	2.37	16.59	3.06	31.76	37.45	7.27	4.94	6.04	3.56	4.46	22.94
2024	246.40	59.58	2.44	16.77	3.10	32.09	37.89	7.36	4.96	6.09	3.60	4.59	23.14
2025	248.35	60.97	2.49	16.94	3.13	32.40	38.31	7.45	4.99	6.15	3.64	4.71	23.34
2026	250.30	62.33	2.54	17.10	3.17	32.71	38.70	7.54	5.02	6.20	3.68	4.81	23.54
2027	252.19	63.72	2.58	17.26	3.20	33.01	39.08	7.62	5.05	6.25	3.71	4.90	23.73
2028	254.04	65.09	2.61	17.41	3.23	33.29	39.43	7.69	5.09	6.31	3.74	4.97	23.92
2029	255.83	66.46	2.64	17.55	3.26	33.55	39.75	7.75	5.13	6.36	3.77	5.03	24.11
2030	257.55	67.85	2.66	17.68	3.28	33.81	40.05	7.81	5.16	6.40	3.80	5.06	24.30
2031	259.27	69.19	2.68	17.81	3.30	34.05	40.34	7.87	5.20	6.45	3.83	5.10	24.48
2032	260.94	70.52	2.70	17.93	3.33	34.29	40.62	7.92	5.24	6.50	3.86	5.14	24.65
2033	262.53	71.87	2.71	18.05	3.35	34.52	40.89	7.98	5.27	6.54	3.88	5.17	24.83
2034	264.12	73.18	2.73	18.17	3.37	34.74	41.16	8.03	5.31	6.58	3.91	5.20	25.00
2035	265.64	74.51	2.75	18.28	3.39	34.96	41.41	8.08	5.34	6.62	3.93	5.24	25.16
2036	267.12	75.83	2.76	18.39	3.41	35.17	41.66	8.13	5.37	6.66	3.96	5.27	25.33
2037	268.57	77.14	2.78	18.50	3.43	35.37	41.90	8.17	5.40	6.70	3.98	5.30	25.49
2038	269.98	78.45	2.79	18.60	3.45	35.57	42.13	8.22	5.43	6.74	4.00	5.33	25.65
2039	271.36	79.75	2.81	18.70	3.47	35.76	42.35	8.26	5.46	6.77	4.02	5.36	25.80
2040	272.71	81.03	2.82	18.80	3.49	35.94	42.57	8.30	5.49	6.81	4.04	5.38	25.96
2041	274.00	82.35	2.83	18.89	3.50	36.12	42.78	8.35	5.52	6.84	4.06	5.41	26.11
2042	275.30	83.62	2.85	18.98	3.52	36.29	42.99	8.39	5.54	6.87	4.08	5.44	26.26
2043	276.52	84.92	2.86	19.07	3.54	36.46	43.19	8.43	5.57	6.91	4.10	5.46	26.41
2044	277.78	86.19	2.87	19.16	3.55	36.63	43.39	8.46	5.60	6.94	4.12	5.49	26.55
2045	278.97	87.50	2.88	19.24	3.57	36.79	43.58	8.50	5.62	6.97	4.14	5.51	26.70
2046	280.15	88.80	2.90	19.33	3.59	36.95	43.77	8.54	5.64	7.00	4.16	5.53	26.84
2047	281.30	90.11	2.91	19.41	3.60	37.11	43.95	8.57	5.67	7.03	4.17	5.56	26.99
2048	282.45	91.44	2.92	19.49	3.62	37.27	44.14	8.61	5.69	7.06	4.19	5.58	27.13
2049	283.58	92.77	2.93	19.57	3.63	37.42	44.32	8.65	5.72	7.09	4.21	5.61	27.27
2050	286.23	94.61	2.94	19.65	3.65	37.58	44.50	8.68	5.74	7.12	4.23	5.63	27.42

Vedlegg X A: Utvikling i samlet areal for hver av bygningskategoriene framskrevet i NVEs bygningsarealmodell. (Langseth, Modell for framskriving av bygningsareal i hver bygningskategori basert på Enovas potensial og barrierestudie., 2016)

Vedlegg XI: Utvikling i formålsdelt netto spesifikt energibehov i referansescenariot



Vedlegg XI A: Utvikling i gjennomsnittlig spesifikt energibehov for boliger for de ulike formålene i modellens referansescenario (RRR).



Vedlegg XI B: Utvikling i gjennomsnittlig spesifikt energibehov for næringsbygg for de ulike formålene i modellens referansescenario (RRR).