



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Masteroppgave 2024 30 stp

RealTek

# Energirehabilitering i eldre norske eneboliger: en kartlegging av potensielle energibesparelser og reduksjon i klimagassutslipp

Lars Iver Christiansen

Byggteknikk og Arkitektur



# Forord

Denne oppgaven markerer slutten på et fem år langt utdanningsforløp, Masterstudie i Byggeteknikk og Arkitektur ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet, og er skrevet ved fakultetet for Realfag og Teknologi våren 2024.

Formålet med oppgaven har vært å kartlegge potensielle energibesparelser og medfølgende reduksjon av klimagassutlipp fra en rekke energirehabiliterende tiltak i norske eneboliger av eldre byggeteknisk tilstand.

Forslag til tema kom opprinnelig fra daværende professor og underviser Tormod Aurlien, som våren 2023 presenterte, sammen med flere av de andre ansatte på fakultetet, forslag til aktuelle problemstillinger til masteroppgaven, der «ENØK som virker» stod frem som et attraktivt og svært aktuelt tema. Forslaget til Aurlien forble bakerst i mitt hode over sommeren og utover høsten 2023, der det fikk tid til å modne og til slutt resultere i et endelig valg, med noen modifikasjoner fra opprinnelig ordlyd. Dessverre ble Aurlien nødt til, av grunner ikke ønsket gjengitt her, å fratrukke sin rolle som min veileder. Jeg vil likevel takke Tormod Aurlien for sitt bidrag til mitt studieforløp, både for hans forslag til tema og for undervisning og inspirasjon generelt.

Som en endring i siste liten, stilte Thomas Thiis opp som hovedveileder, med Iver Frimannslund som biveileder. De har gitt veldig god veiledning fra starten av, og vært gode samtalepartnere i veiledningsmøter, samt bidratt med relevant litteratur. Tusen takk til dere begge, for gode faglige innspill og generell støtte.

Takk til alle mine medstudenter som har vært gode venner og samarbeidspartnere i mange sammenhenger, takk for et godt studiemiljø, gode stunder, lunsjpauser og kaker på lesesalen. Takk til familie som har støttet meg i krevende tider. Spesiell takk til Lærke og Lilja, mine døtre; dere er den største og viktigste motivasjonen jeg har for å fullføre denne utdanningen, og tusen takk til Åsa, deres flinke mor. En helt spesiell takk til Ingvild, som alltid har hatt tro på at ting ordner seg.

Oppgaven har vært et spennende og krevende prosjekt. Jeg har et stort engasjement for mitt fag og oppgavens fokus. Derfor har jeg kjent på stor iver under arbeidet, og håper oppgavens innhold kan komme til nytte for andre, og være til inspirasjon for videre forskning og drøftning.

Lars Iver Christiansen, Ås, 13.05.2024



# Sammendrag

Det er satt politiske mål om å kutte utslipp av klimagasser, både på nasjonalt og internasjonalt nivå. Samtidig er det også mål om å redusere forbruk av energi. Utslipp og energi er nært knyttet sammen, og svaret på hva som skal til for å nå disse målene er flerfoldig. Alle sektorer må bidra for å nå de mål som er satt på dagsorden. Hva byggenæringen kan bidra med, og nærmere bestemt hva som kan gjøres i norske eneboliger er fokusområdet for denne oppgaven. Aktuelle forskningsspørsmål er som følger:

- Hvor mye energi kan man spare ved ulike bygg- og energitekniske tiltak?
- Hvor effektive er de ulike tiltakene i å redusere levert energi?
- Hvor mye utslipp av klimagasser kan tiltakene bidra med å kutte?
- Hva er de miljømessige nedbetalingstidene til tiltakene?
- Hvor effektive er tiltakene i å kutte utslipp av klimagasser?

Skal rehabilitering av eldre norske eneboliger bidra til å redusere energiforbruket og samtidig kutte utslipp, er det en rekke byggetekniske tiltak som bør vurderes i et livsløpsperspektiv. Formålet med oppgaven er å kartlegge hvilke tiltak som kan være aktuelle for å nå disse målene.

Oppgavens datagrunnlag er basert på analyse av ekstern litteratur, energisimuleringer, miljødeklarasjoner og beregninger. Oppgaven baseres i stor grad på livssyklusanalyse som metodikk.

Resultatene viser at det finnes et stort potensial for reduksjon av levert energi til boligmassen, derimot er konklusjonen på tiltakenes potensiale for reduksjon av klimagassutslipp ikke like åpenbar. Miljømessig lønnsomhet er helt avhengig av hvilken kontekst tiltakene vurderes i. Det finnes likevel tilfeller der mange av de tiltak som er drøftet viser stort potensiale for reduksjon av utslipp, med et tidsperspektiv på inntil 60 år.



# Abstract

Political goals have been set to cut greenhouse gas emissions, both nationally and internationally. Equally, goals have been set to reduce overall energy consumption. Energy and emissions are tightly linked, and the answers to what is necessary to be able to meet these goals are varied. All sectors must make their contribution. An evaluation of how the construction industry can contribute in this regard, and more specifically older single-family housing, is the area of research on which this thesis is based.

The thesis attempts to answer the following questions:

- How much of the energy need can certain technical measures in and on a house help to reduce?
- How effective are these measures at reducing the energy need?
- To what extent can these measures reduce emissions?
- What is the environmental payback-time of these measures?
- How effective are these measures at reducing emissions?

If retrofitting of the forementioned part of the building stock is to contribute to both reduction of energy demand and emissions, several measures need thorough evaluation. The intent of this thesis is to provide an overview of what helps reach said goals. The data samples are based on and collected from existing literature, simulations, environmental product declarations (EPD's) and calculations.

Results show a considerable potential for a reduction in delivered energy to the building stock, although results regarding reduction in emissions have not given one single definitive conclusion. Answering whether or not measures result in net environmental benefits, highly depends on the context, although some of the measures examined herein show significant potential in reduction of emissions, within a timeframe of up to 60 years.

# Innholdsfortegnelse

|   |     |
|---|-----|
| Forord .....  | I   |
| Sammendrag.....   | III |
| Abstract.....   | V   |
| 1. Innledning.....  | 1   |
| 2. Teori .....  | 3   |
| 2.1 Bygningsmassen i Norge og dens byggetekniske tilstand .....                 | 3   |
| 2.2 Energiforbruk og energibehov .....  | 4   |
| 2.3 Energibruk i norske husholdninger .....                                     | 5   |
| 2.4 Rehabilitering som miljøtiltak.....   | 8   |
| 2.5 ENØK, energieffektivisering og energirehabilitering .....                   | 9   |
| 2.6 EPD .....   | 10  |
| 2.7 LCC (life cycle cost analysis) .....  | 10  |
| 2.8 LCA (life cycle analysis) .....   | 10  |
| 2.9 Utslippsfaktor .....  | 11  |
| 2.10 Relevant litteratur .....  | 12  |
| 3. Metode .....   | 14  |
| 3.1 Modellbygget .....  | 14  |
| 3.2 Valg, antagelser og begrensninger.....                                      | 15  |
| 3.3 Energisimulering .....  | 16  |
| 3.4 Analysemetodikk.....  | 17  |
| 3.5 Kalkyler .....  | 18  |
| 3.6 Utslippsfaktor som beregningsgrunnlag .....                                 | 20  |
| 3.7 EPD-dokumentasjon .....   | 20  |
| 3.8 Tiltaksoversikt .....   | 22  |
| 3.9 Tiltaksbeskrivelse.....   | 23  |
| 3.10 Tiltak A-0 – Referansetilstand versus TEK17-tilstand .....                 | 24  |
| 3.11 Tiltak A-1 – Installasjon av solceller i referansetilstand.....            | 24  |
| 3.12 Tiltak A-2 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe i referansetilstand..... | 24  |



|      |   |    |
|------|---|----|
| 3.13 | Tiltak A-3 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe i referansetilstand .....                                     | 25 |
| 3.14 | Tiltak A-4 - Installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller i referansetilstand .....             | 25 |
| 3.15 | Tiltak A-5 - Installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller i referansetilstand .....             | 26 |
| 3.16 | Tiltak B-1 – Isolering av yttervegger .....   | 26 |
| 3.17 | Tiltak B-2 – Isolering av gulv mot grunn .....  | 26 |
| 3.18 | Tiltak B-3 – Isolering av tak og kaldloft .....   | 27 |
| 3.19 | Tiltak B-4 – Utskiftning av vinduer og dører .....  | 27 |
| 3.20 | Tiltak B-5 – Installasjon av balansert ventilasjon .....  | 28 |
| 3.21 | Tiltak C-0 – Innføring av samtlige tiltak i kategori B (total energirehabilitering) .....                       | 28 |
| 3.22 | Tiltak C-1 - Installasjon av luft-luft-varmepumpe ved totalrehabiliteret tilstand .....                         | 29 |
| 3.23 | Tiltak C-2 - Installasjon av luft-vann-varmepumpe ved totalrehabiliteret tilstand .....                         | 29 |
| 3.24 | Tiltak C-3 – Installasjon av solceller ved totalrehabiliteret tilstand .....                                    | 29 |
| 3.25 | Tiltak C-4 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller ved totalrehabiliteret tilstand ..... | 29 |
| 3.26 | Tiltak C-5 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller ved totalrehabiliteret tilstand ..... | 29 |
| 4.   | Resultater .....  | 30 |
| 4.1  | Tiltak A-0 – Referansetilstand versus TEK17-tilstand .....  | 31 |
| 4.2  | Tiltak A-1 – Installasjon av solceller i referansetilstand .....  | 33 |
| 4.3  | Tiltak A-2 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe i referansetilstand .....                                     | 35 |
| 4.4  | Tiltak A-3 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe i referansetilstand .....                                     | 37 |
| 4.5  | Tiltak A-4 - Installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller i referansetilstand .....             | 39 |
| 4.6  | Tiltak A-5 - Installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller i referansetilstand .....             | 41 |
| 4.7  | Tiltak B-1 – Isolering av yttervegger .....   | 43 |
| 4.8  | Tiltak B-2 – Isolering av gulv mot grunn .....  | 45 |
| 4.9  | Tiltak B-3 – Isolering av tak og kaldloft .....   | 47 |

|      |  |    |
|------|--|----|
| 4.10 | Tiltak B-4 – Utskiftning av vinduer og dører.....  | 49 |
| 4.11 | Tiltak B-5 – Installasjon av balansert ventilasjon .....   | 51 |
| 4.12 | Tiltak C-0 – Innføring av samtlige tiltak i kategori B (total energirehabilitering) .....                        | 53 |
| 4.13 | Tiltak C-1 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe ved totalrehabiliterert tilstand .....                         | 55 |
| 4.14 | Tiltak C-2 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe ved totalrehabiliterert tilstand .....                         | 56 |
| 4.15 | Tiltak C-3 – Installasjon av solceller ved totalrehabiliterert tilstand .....                                    | 57 |
| 4.16 | Tiltak C-4 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller ved totalrehabiliterert tilstand ..... | 58 |
| 4.17 | Tiltak C-5 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller ved totalrehabiliterert tilstand ..... | 60 |
| 4.18 | Rangering av tiltakene .....   | 61 |
| 5.   | Diskusjon.....   | 66 |
| 5.1  | Tiltak A-0 – Referansetilstand versus TEK17-tilstand .....   | 66 |
| 5.2  | Tiltak A-1 og C-3– Installasjon av solceller .....   | 70 |
| 5.3  | Tiltak A-2 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe .....  | 74 |
| 5.4  | Tiltak A-3 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe .....  | 76 |
| 5.5  | Tiltak A-4 og C-4 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert solceller .....                               | 79 |
| 5.6  | Tiltak A-5 og C-5 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller..                               | 81 |
| 5.7  | Tiltak B-1 – Isolering av yttervegger .....  | 83 |
| 5.8  | Tiltak B-2 – Isolering av gulv mot grunn .....   | 84 |
| 5.9  | Tiltak B-3 – Isolering av tak og kaldloft .....  | 85 |
| 5.10 | Tiltak B-4 – Utskiftning av vinduer og dører.....  | 86 |
| 5.11 | Tiltak B-5 – Installasjon av balansert ventilasjon .....   | 87 |
| 5.12 | Tiltak C-0 – Innføring av samtlige tiltak i kategori B (total energirehabilitering) .....                        | 88 |
| 5.13 | Tiltak C-1 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe i totalrehabiliterert tilstand.....                            | 89 |
| 5.14 | Tiltak C-2 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe i totalrehabiliterert tilstand.....                            | 89 |
| 5.15 | Tiltak C-4 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller i totalrehabiliterert tilstand .....   | 90 |
| 5.16 | Tiltak C-5 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller i totalrehabiliterert tilstand .....   | 90 |

|      |                            |     |
|------|----------------------------|-----|
| 5.17 | Barrierer.....             | 91  |
| 5.18 | Resultatenes relevans..... | 91  |
| 6.   | Konklusjon.....            | 94  |
| 7.   | Litteraturliste.....       | 96  |
|      | Vedlegg A.....             | 99  |
|      | Vedlegg B.....             | 100 |
|      | Vedlegg C.....             | 101 |
|      | Vedlegg D.....             | 102 |
|      | Vedlegg E.....             | 103 |
|      | Vedlegg F.....             | 104 |
|      | Vedlegg G.....             | 105 |
|      | Vedlegg H.....             | 106 |
|      | Vedlegg I.....             | 107 |
|      | Vedlegg J.....             | 108 |
|      | Vedlegg K.....             | 109 |
|      | Vedlegg L.....             | 110 |
|      | Vedlegg M.....             | 111 |
|      | Vedlegg N.....             | 112 |
|      | Vedlegg O.....             | 113 |
|      | Vedlegg P.....             | 114 |
|      | Vedlegg Q.....             | 115 |
|      | Vedlegg R.....             | 116 |
|      | Vedlegg S.....             | 117 |
|      | Vedlegg T.....             | 118 |
|      | Vedlegg U.....             | 119 |
|      | Vedlegg V.....             | 120 |

# 1. Innledning

## Energi som den store fellesnevneren

Energi, klima og miljø favner bredt; fra CO<sub>2</sub>, værmønstre, forurensning og miljøgifter, til velstand, forbruk og industri - listen er lang over assosierte begreper og tema. Omtrent alt vi omgir oss med kan settes i kontekst av klima og miljø. Bygningsmassen er intet unntak. Den største tilknytningen den har til klima og miljø er dens forbruk av energi og materialer gjennom livsløpet.

I norsk sammenheng har vi behov for å skille oss fra en stor del av resten av verden, ved at vi må håndtere et kaldt klima. Vi må varme opp våre hjem i størstedelen av året, mens sydeuropeere, til sammenligning, forsøker å holde varmen ute av sine. Våre hus og hjem skal ikke bare beskytte oss fra vær og vind, de skal bygge opp under våre behov for komfort og vårt forbruk. Vi skal kjøre hver vår bil til jobb, som attpåtil skal være elektrisk.

Norge har historisk sett vært i en særstilling. Med tilgangen på olje og gass, har dette i de siste 50 år latt nordmenn holde husene sine varme til en relativt lav pris - den tiden ser ut til å være forbi. Vannkraft har også bidratt med enorme fordeler, og gitt oss tilgang på ren energi. Nå ser vi hvordan denne kraften er ettertraktet i resten av Europa, med strømutveksling som bidrar til forhøyde priser i perioder. Vi trenger energi og vi trenger mer av den, helst uten negative konsekvenser for miljøet. Energi er kilden til absolutt alt vi omgir oss med; derfor er det alltid et poeng å bruke så lite av den som mulig. Generelt sett vil alle tiltak på alle områder som hjelper oss å bruke mindre energi, i utgangspunktet være positivt. En kilowattime spart ett sted er en kilowattime mer til rådighet et annet.

Norske husholdninger står for en betydelig andel av det nasjonale kraftbehovet, dette vil trolig også være tilfelle fremover. Vi kan og bør redusere dette behovet til et minimum, gjennom utstrakt bruk av eksisterende varme- og materialteknologi. Reduksjon i utslipp av klimagasser er i dag blitt et av de største politiske målene på nasjonal basis. Hvorvidt dette målet sammenfaller med målet om reduksjon av energiforbruk er ikke opplagt, som resultatene i denne oppgaven antyder.

Denne oppgaven forsøker å kartlegge potensialet for reduksjon av levert energi til typiske eneboliger fra 70-tallet, samt i hvilken grad de energibesparende tiltakene også bidrar til reduksjon av utslipp av klimagasser.

De aktuelle forskningsspørsmålene som oppgaven forsøker å svare på er oppført og utdypet her:

- Hvor mye energi kan man spare ved ulike bygg- og energitekniske tiltak?

Det er mulig å få verdier på hvor mye energi man kan spare i et gitt bygg, ved å sammenligne bygget i ulike tilstander, for eksempel tilstanden til et eldre bygg versus bygget etter det er utført ulike bygg- og energitekniske tiltak på det. Dette kan gjøres ved å for eksempel benytte energisimuleringsprogrammer.

- Hvor effektive er de ulike tiltakene i å redusere levert energi?

Det finnes en viss variasjon i de ulike bygg- og energitekniske tiltakene, både i hvor omfattende de er å utføre i praksis, hva de krever av materialer/produkter, hvor stor investerings- og driftskostnadene er, men også hvor mye netto levert energi de bidrar til å redusere hvert år gjennom deres forventede levetid. Det er ansett som nyttig å sammenligne hvor effektive de er i denne sammenheng, for å hensynta variasjonen i de forventede levetidene.

- Hvor mye utslipp av klimagasser kan tiltakene bidra med å kutte?

For å utrede hvorvidt de respektive tiltakene også bidrar til å kutte utslipp av klimagasser, benyttes resultatene fra kartleggingen av reduksjonen av den leverte energien (strøm), og verdier på utslipp fra selve materialet/produktet som blir benyttet. Resultatet er derfor basert på en summering av disse parameterne, og gir et netto utslipp (reduksjon eller økning).

- Hva er de miljømessige nedbetalingstidene til tiltakene?

Det er ansett som nyttig å kartlegge hvor mange år det tar for et gitt tiltak å lønne seg miljømessig sett, som betyr at det utredes hvor lang tid det tar å veie opp for økningen i utslipp forbundet med materialet/produktet til et tiltak. Dersom denne tiden eksempelvis er lengre enn den forventede levetiden, betyr det at tiltaket *ikke* lønner seg i denne sammenheng.

- Hvor effektive er tiltakene i å kutte utslipp av klimagasser?

På lik linje som ved energi, er det også ansett som nyttig å sammenligne hvor effektive tiltakene er i å redusere utslipp. Det er utført regnskap i 8 ulike scenarier, som skal illustrere hvordan tiltak presterer, gitt ulike verdier på utslippsfaktor og hvorvidt vedovn er benyttet eller ei. Detaljene rundt dette blir gjennomgått i teorikapittelet.

## 2. Teori

### 2.1 Bygningsmassen i Norge og dens byggetekniske tilstand

Den norske bygningsmassen består av bygg av varierende alder og byggeteknisk tilstand, dette gjelder både boliger og yrkesbygg. Siden krigens slutt har norske myndigheter utstedt en rekke krav til bygg, det som vi i dag kjenner som *byggeteknisk forskrift*, forkortet til TEK (1). TEK er et lovverk utstedt av myndighetene som stiller en rekke krav til alle bygg som oppføres i Norge. Den nyeste versjonen, TEK17, trådte i kraft 1. Juli 2017 og forskriften er å finne på lovdata.no (2), mens veiledning finnes på dibk.no (3). På dibk.no står det følgende om veiledning til TEK17: «Forskrift om tekniske krav til byggverk trekker opp grensen for det minimum av egenskaper et byggverk må ha for å kunne oppføres lovlig i Norge» (4). TEK17 kan beskrives som en refleksjon av dagens kunnskap om blant annet energibehov- og forbruk, og den tilgjengelige teknologien som inngår i bygg hva angår materialer og teknisk utstyr. Den gjenspeiler fokuset på og kunnskapen om miljø, energi og materialer, og vi kan forvente oss at det vil komme nye oppdateringer i nær fremtid som setter enda høyere krav til energibehov til bygg, for eksempel som reaksjon på EUs nye taksonomi i forbindelse med visjonen om nullutslippssamfunn innen 2050 (5). Passivhusstandarden er et eksempel på et høyere ambisjonsnivå enn det som er lovpålagt, som utbyggere på (hittil) frivillig basis har prosjektert etter. Kanskje vil den neste oppdateringen av byggeteknisk forskrift være en adaptasjon av passivhusstandarden (6).

Alle TEK som har kommet siden TEK49 har på sitt vis mer eller mindre gjenspeilet den teknologiske og byggetekniske utviklingen, samt de arkitektoniske og samfunnsøkonomiske behovene i samfunnet generelt. Mange av byggene som ble oppført basert på disse versjonene står fortsatt. TEK har gradvis fått strengere krav, og derfor er en stor andel av den norske bygningsmassen bygget etter relativt gamle og utdaterte krav, og som derfor har et relativt stort energibehov. Det er mye som tyder på at andelen er såpass stor at det finnes et godt grunnlag for å undersøke disse byggene og deres potensial for reduksjon i energibehov og klimagassutslipp nærmere (7).

## 2.2 Energiforbruk og energibehov

Med energibehov menes det beregnede behovet for energi til et bygg, som kan inkludere både elektrisitet og varme. Dette er en teoretisk verdi som kun er et resultat av beregninger foretatt i prosjektering eller simulering/modellering av et bygg (8). Beregningene gjøres ved å se på det totale varmetapet til et bygg, som blant annet påvirkes av hvilke materialer som er benyttet i bygningskroppen. Byggets geometri og størrelse virker også inn, ved at det oppvarmede arealet og volumet til bygget inngår som viktige parametere i beregningene.

TEK17 oppgir en energiramme for bygg i 13 kategorier, oppgitt i antall kWh/m<sup>2</sup>/år (årlig spesifikt energibehov per areal), der leiligheter har de strengeste kravene, og sykehus har de mildeste (9). Småhus har noe mildere krav enn leiligheter, og har i tillegg en korrigeringsfaktor som i praksis betyr at små hus har noe mildere krav enn store hus. Dette kommer av at det er mindre varmetap per m<sup>2</sup> boenhet i leilighetsblokker, fordi man har en optimalisering av forholdet mellom areal og volum. Kravet gjenspeiler at det er lettere å bruke mindre varme i leiligheter (per areal) enn i småhus, og særlig i eneboliger. En enebolig har varmetap mot alle sider (ut gjennom taket, gulvet og alle veggene), og er derfor den minst optimale bygningstypen med hensyn på varmetap. En leilighet har ikke nødvendigvis varmetap mot alle flater, da den ofte grenser mot minst en naboileilighet. I boligblokker kan en leilighet ofte grense til opptil fire andre leiligheter, og kun en fasade mot det fri.

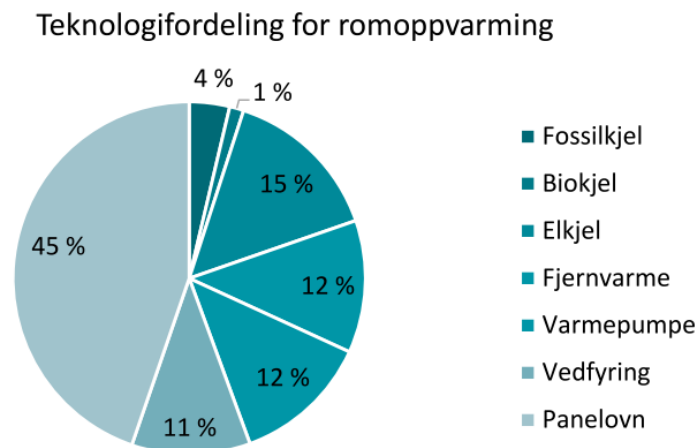
Til forskjell fra energibehov, er *energiforbruket* det faktiske forbruket av energi, inkludert strøm og varme. Når man måler et årsgjennomsnitt, ser man at det typisk varierer noe fra år til år, og større avvik i energiforbruket kan sees i år med uvanlig kalde vintre; vinteren 2009-2010 er et godt eksempel (7).

Forbruket påvirkes til en viss grad av samspillet mellom brukerne og de tekniske systemene som benyttes i bygget. Om det er panelovn, varmepumpe, gulvbåren varme, vedovn, eller en kombinasjon av disse, kan forbruket variere, delvis på grunn av forskjeller i det enkelte oppvarmingssystemets virkningsgrad og oppbygning, men delvis også på grunn av den enkelte bruker og deres kunnskap om det enkelte oppvarmingssystem. Å fyre med ved krever en annen adferd og innsats hos brukeren enn for eksempel panelovner.

Selv om et bygg er *beregnet* til å ha et visst oppvarmingsbehov, med tanke på romoppvarming eller tappevann, har brukerne i praksis mulighet til å *forbruke* mer. Derfor kan energibehov og energiforbruk avvike i realiteten, dette gjelder også beregnet *levert* energi til et bygg.

## 2.3 Energibruk i norske husholdninger

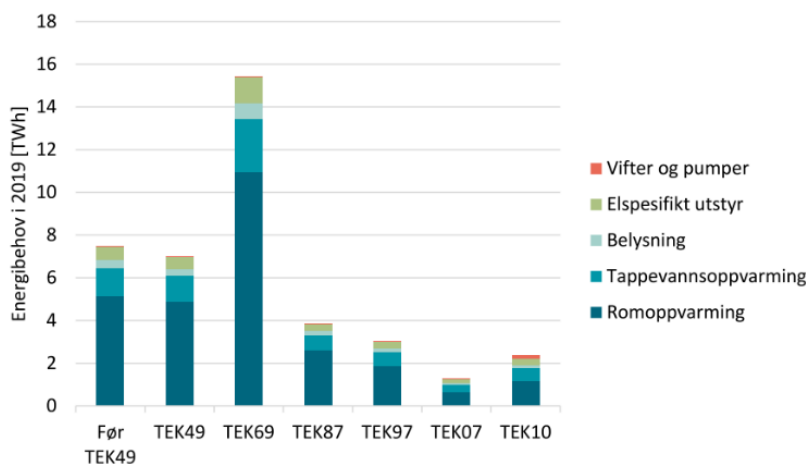
I dag bruker norske husholdninger strøm til oppvarming i svært stor grad. England et.al (NVE) påpeker i sin rapport at «Oppvarmingssystemet som bygningen er utstyrt med for å dekke oppvarmingsbehovet er styrende for hvilken energibærer som blir brukt. Dette systemet definerer også hvilken fleksibilitet som finnes til å veksle mellom ulike energibærere. I noen bygninger er det flere oppvarmingsløsninger, som supplerer hverandre og til dels er i «konkurrans», f.eks. vedfyring og panelovner som er en vanlig kombinasjon i boliger.» (7).



Figur 1: Diagrammet viser teknologifordeling (oppvarmingskilder) for romoppvarming i bygningsmassen. Figuren viser at panelovn er den mest utbredte oppvarmingskilden med god margin. Utklipp fra «Figur 1-25» i England et.al (NVE) sin rapport fra 2022 (7).

Figur 1 viser at panelovner står for 45% av romoppvarmingen, mens vedfyring står for 11%. Panelovn blir beskrevet som «[...] særnorsk og basert særlig på lave elpriser over lang tid.», og at «1,2 millioner boliger brukte vedovn i 2018 [...]» (7). På Energifaktanorge.no finner vi at strømforbruket i norske husholdninger alene var på ca. 36 TWh i 2022 (10).

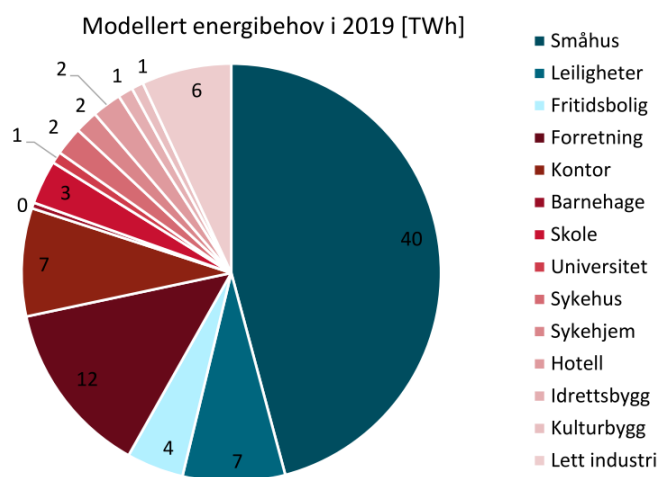




Figur 2: Figuren viser energibehovet i 2019 til småhus i ulike byggetekniske tilstander. Småhus fra syttitallet og eldre står for en betydelig stor andel av energibruken forbundet med romoppvarming. Utklipp fra «Figur 1-13» i England et.al (NVE) sin rapport fra 2022 (7).

Ser vi kun på romoppvarming, er det potensiale for å spare ca. 11-12 TWh dersom vi halverer energiforbruket forbundet med romoppvarming for alle byggene bygget etter TEK69 og eldre, (etter grovt estimat fra Figur 2) (7).

Den totale bygningsmassen deles inn i 13 kategorier, der småhus er en av dem (3) (7). Småhus skiller seg fra de andre kategoriene ved at de utgjør en betydelig andel av det totale arealet, men også av det totale energibehovet. Særlig er det romoppvarming som skiller seg ut med en stor andel, se Figur 2; hele 27 TWh går til romoppvarming (7). Vurdering av tiltak som reduserer varmetapet i småhus er sentralt i oppgaven, men også vurdering av oppvarmingskilder, da dette kan bidra til å senke det el-spesifikke energiforbruket.



Figur 3: Figuren viser at småhus har det største energibehovet av alle bygningskategorier med god margin. Utklipp fra «Figur 1-9» i England et.al (NVE) sin rapport fra 2022 (7).

England et.al viser til at det i 2022 fantes over 1,8 millioner boliger av typen eneboliger, tomannsboliger, rekkehus, kjedehus og andre mindre hus, der nesten 1,3 millioner av disse er eneboliger. Av disse eneboligene er over 750.000 eneboliger bygget før 1980. Rapporten påpeker småhus som følger TEK69 og eldre som gruppen med størst areal, med ca. 60% av det totale arealet, mens energibehovet til samme gruppe er omtrent 70%, tilsvarende ca.30 TWh (7). Skeie et.al påpeker også i sin rapport at eneboliger besitter det største potensialet for energieffektivisering (11).

## 2.4 Rehabilitering som miljøtiltak

Bevaring av eksisterende bygningsmasse gjennom rehabilitering er ansett som et reelt og viktig miljøtiltak. Utsagn som «De mest bærekraftige byggene finnes allerede», eller liknende uttalelser illustrerer godt at dette er en utbredt påstand i fagkretsene (12) (7). Fuglseth et.al. underbygger dette i sin rapport, og peker på at størstedelen av bygningsmassen som vil stå i 2050, og at rehabilitering av eksisterende bygningsmasse er et viktig steg mot et mer bærekraftig samfunn. Den norske bygningsmassen blir utpekt som en viktig målgruppe for reduksjon av energibehov (13). England et.al. peker også i sin rapport på at «Bygningsmassens utvikling og tilstand er et viktig grunnlag for å vurdere i hvilken grad energieffektivisering i bygningsmassen er viktig. Gjennom de siste 50 år har det skjedd svært mye med kravene til nye bygg. Dette har lagt grunnlaget for at nye bygg har blitt gradvis bedre; med mindre varmetap og bedre komfort.» Samtidig peker rapporten på mangelfull statistikk over energitilstanden til den eksisterende bygningsmassen (7). Uten en komplett oversikt over hvor mange bygg og i hvilken tilstand de er i, er det krevende å gi nøyaktige estimater på hvor stor en mulig besparelse i energi er samlet sett. At potensialet finnes og at det er betydelig er det derimot liten tvil om.

I tillegg til at rehabilitering kan bidra til reduksjon av energibehovet, vil det også foreligge et potensial for kutt i klimagassutslipp. Energiproduksjon bidrar i ulik grad til utslipp av klimagasser, avhengig av hvordan kraften er produsert, som er tallfestet ved en utslippsfaktor, se kapittel 2.9.

Fuglseth et.al legger i sin rapport vekt på nødvendigheten av å se energi og utslipp i sammenheng for å kunne bidra med helhetlige vurderinger i forbindelse med vurdering av energirehabiliterende tiltak på bygningsmassen. Rapporten viser til at byggebransjens bidrag til reduksjon av utslipp nasjonalt har «[...] stor betydning for at Norge skal nå sine klimamål, gjennom reduksjon av direkte utslipp fra byggefasen, reduksjon av energibruk i drift, og reduksjon av indirekte utslipp fra forbruk av byggematerialer.» (13).

Hva man *bør* eller *kan* gjøre med den eldre bygningsmassen er ikke nødvendigvis åpenbart, dersom målet er å utføre tiltak som er både økonomisk og miljømessig lønnsomt. Store sprik mellom hva som er lønnsomt for den enkelte huseier og hva som bidrar mest til de ambisiøse klima- og miljøpolitiske målene er eksempel på kompleksiteten i problemstillingen.

## 2.5 ENØK, energieffektivisering og energirehabilitering

ENØK er forkortelse for *energiøkonomisering*, som innebærer byggetekniske tiltak som har som hensikt å redusere energibruken og øke energieffektiviteten i bygg. Johannesen definerer ENØK slik: «Begrepet ENØK står for energiøkonomisering og dreier seg om hvordan man kan bruke energi på en mer økonomisk måte. Energiøkonomisering betyr ikke nødvendigvis at man skal kutte i komfort for å spare energi, men at man skal effektivisere og forvalte energien riktig – sløse mindre og få mer ut av hver kilowattime.» (14).

Det finnes en rekke tiltak som faller inn under begrepet ENØK, men ikke alle vil bli drøftet i oppgaven. De tiltakene som er mest sentrale i oppgaven er de som innebærer etterisolering, innstallering av varmpumpe og solceller. Av de tiltakene som er mindre relevante for oppgaven er blant annet tiltak som går ut på endret adferd hos brukerne, for eksempel bevissthet rundt varmtvannsforbruk, å slå av lys i rom som ikke er i bruk, senkning av termostat, etc.

Det er nokså letthendt å bruke begrepene ENØK, energirehabilitering og energieffektivisering om hverandre. Man kan si at all *energirehabilitering* er former for ENØK-tiltak, men ikke alle ENØK-tiltak er energirehabilitering. *Energieffektivisering* er nærmere ENØK i betydning, men ENØK kan på sin side sees på som et etablert begrep, og er som sådan en praktisk forkortelse.

En mer effektiv bruk av energi i et bygg vil nødvendigvis kunne oversettes til økonomiske fordeler for den enkelte beboer. Å bytte ut panelovner med varmpumpe som oppvarmingskilde er et eksempel på et energieffektiviseringstiltak; da en varmpumpe har i snitt en høyere effektivitet enn en panelovn, som betyr at man oppnår samme grad av oppvarming, men med mindre strøm, som i sin tur gir lavere strømrregning. *Energirehabilitering* går ut på å utføre rehabilitering av et bygg, som innebærer at man endrer den byggetekniske tilstanden slik at varmetapet og derfor energibehovet reduseres, og er dermed det mest hensiktsmessige begrepet i denne oppgaven, og vil også bli omtalt som *rehabilitering*, *energirehabilitering*, *totalrehabilitering* eller bare *rehab*.

## 2.6 EPD

EPD står for «Environmental Product Declaration», og benyttes i livssyklusanalyser, både generelt og spesifikt i denne oppgaven. En EPD er ifølge epd-norge.no «[...] et kortfattet dokument som oppsummerer miljøprofilen til en komponent, et ferdig produkt eller en tjeneste på en standardisert og objektiv måte.» (15). Enheten av interesse i en EPD i denne forbindelse er «GWP-total» og oppgir utslippet forbundet med produktet eller materialet med antall kg CO<sub>2</sub>eq.

## 2.7 LCC (life cycle cost analysis)

LCC-analyser er i korte trekk et regnskap, som veier drift- og investeringskostnader opp mot kostnadsreduksjoner forbundet med besparelser et eller flere tiltak bidrar med, sett i et livsløpsperspektiv. Om et tiltak bidrar til å redusere den leverte energien til et bygg, kan dette omregnes til kroner og øre for sluttbrukeren, men forbeholder blant annet antagelser om fremtidige energipriser, der presisjonen til disse prediksjonene er førende for presisjonen til hele analysen. LCC er ikke foretatt i oppgaven.

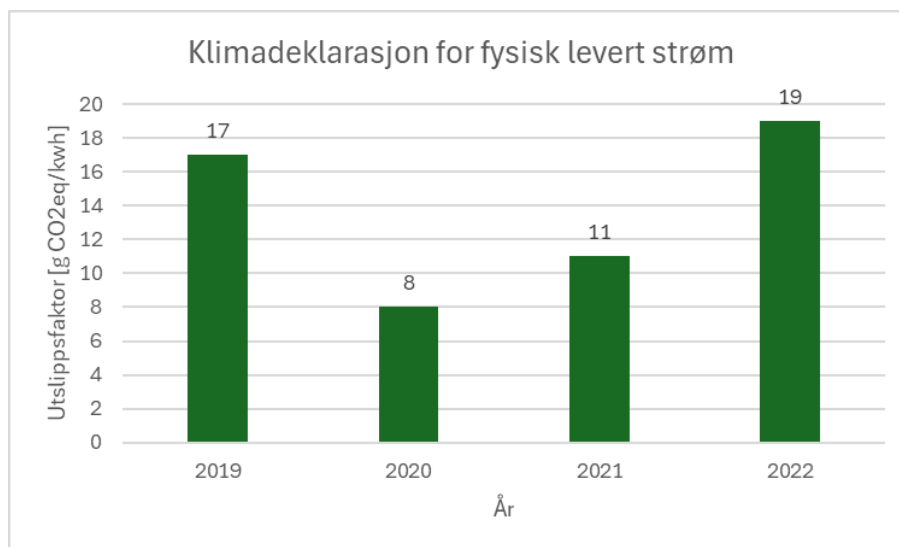
## 2.8 LCA (life cycle analysis)

LCA og LCC-analyse har noen likheter. Dersom man ønsker å finne ut av hvorvidt et byggeteknisk tiltak kan bidra til å redusere klimagassutslipp, gjør man tilsvarende som LCC, men istedenfor økonomisk kostnad, er det mengde klimagasser som er «valutaen». LCA blir beskrevet på lca.no som «[...] en systematisk kartlegging og vurdering av miljø- og ressurspåvirkninger gjennom hele livsløpet til et produkt/produktsystem.» (16). I slike analyser er man avhengig av dokumentasjon av utslipp forbundet med selve materialene og produktene som utgjør et tiltak, som kommer frem i miljødeklarasjonen. I oppgaven blir livssyklusanalyse brukt som metode, og kan i denne sammenheng best beskrives som en kartlegging av de miljømessige konsekvensene (med hensyn på klimagassutslipp) av implementering av et eller flere produkter eller materialer i forbindelse med energirehabilitering.

## 2.9 Utslippsfaktor

En utslippsfaktor er et tall på hvor mye klimagasser som slippes ut, i form av kg CO<sub>2</sub>eq/energienhet, også uttrykt som GWP (global warming potential); i denne sammenheng er aktuell energienhet oppgitt i kWh. Enheten kan variere avhengig av hva som beregnes, for eksempel (kg CO<sub>2</sub>eq) per liter eller kg drivstoff. Utslippsfaktoren kan bidra til å regne ut miljømessige konsekvenser av for eksempel en gitt økning eller reduksjon i levert strøm. Utslipp fra energiproduksjon er ansett som indirekte utslipp, mens direkte utslipp på sin side, ifølge Miljødirektoratet, er de utslipp «[...] som kommer fra alle fossile brensel- eller biomassebaserte forbrenningsaktiviteter på stedet (dvs. bruk av biomasse til matlaging, eller gass til oppvarming og varmtvann [...]). Den tredje og minst like viktige kilden til utslipp er de som er «[...] forbundet med materialbruk, gjennom utvinning, produksjon, transformasjon, transport og installasjon av konstruksjonsmateriale og varer som brukes i bygninger.» (17).

Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE) har publisert beregninger, statistikk og oversikt over utslippsfaktorer fra årene 2019, 2020, 2021 og 2022, der utslippsfaktorene var henholdsvis 17g, 8g, 11g og 19g CO<sub>2</sub>eq/kWh for fysisk levert strøm (18), se Figur 4.



Figur 4: Utslippsfaktor for fysisk levert strøm i Norge. Eget virke, med tall fra NVE (18).

NVE publiserte klimadeklarasjon for fysisk levert strøm, der det for 2021 er beregnet en relativt lav utslippsfaktor på 11 g CO<sub>2</sub>eq/kWh, der det også tas hensyn til strømutveksling med andre land i Europa. Likevel er resultatet en relativt lav verdi sammenlignet med europeiske utslippsfaktorer; som publikasjonen påpeker: «Økningen i den norske CO<sub>2</sub>-faktoren for strøm i 2021 skyldes blant annet at 2021 var det første hele året der utenlandskabelen, NordLink, mellom Norge og Tyskland ble tatt med i beregningen for Norge.» [...] CO<sub>2</sub>-faktoren i 2021 er også vesentlig lavere enn i EU-27 som de siste årene har hatt en CO<sub>2</sub>-faktor for strømforsyningen på rundt 300 g CO<sub>2</sub>e/kWh.» (18)

## 2.10 Relevant litteratur

Oppgaven har hentet inspirasjon fra et utvalg av fagrelevant litteratur. En av de viktigste kildene til oppgaven er rapporten fra England et.al. (NVE, DiBK) «*Underlag for langsiktig strategi for energieffektivisering ved renovering av bygninger*», som innledningsvis blir beskrevet som en rapport som skal «[...] gi en oversikt over bygningsmassen, med anslag på hvor stor andel av bygningsmassen som er bygget etter ulike historiske krav og hvilken energitilstand byggene har i dag, [...] beskrive kostnadseffektive tiltak for renovering av ulike bygg- og alderskategorier [...]» (7). Rapporten er en stor bidragsyter til datagrunnlaget.

En annen viktig kilde er Fuglseth et.al (Asplan Viak) sin rapport fra 2021, «*Klimagassutslipp fra oppgradering av eldre bygg 24 case-studier fra Innlandet*», der rapportens formål blant annet «[...] er å bidra til kunnskapsgrunnlaget som er nødvendig for å kunne gjøre beregninger av den samlede regionale effekten av bygningsvern som klimatiltak. En kjerneoppgave i oppdraget har vært å skissere kostnadseffektive oppgraderingstiltak for 12 av objektene. [...]» (13). I og med at rapporten er en casestudie, skiller den seg dermed i størst grad fra denne oppgaven ved at den gjør enkeltvis vurdering av spesifikke hus, med et stort spenn i byggeteknisk tilstand i tillegg til at alle byggene er verneverdige.

Rasmussen et.al sin prosjektrapport fra 2013 med tittelen «*Moltemyrmodellen - Oppgradering av 70-talls bolig mot passivhus standard*» (19) er en casestudie som forsøker å vurdere byggetekniske tiltaks økonomiske lønnsomhet. De fleste av tiltakene som beskrives der er også analysert i denne oppgaven. Rapporten er bidragsyter til datagrunnlaget.

Lauvraks casebaserte masteroppgave fra 2021 med tittelen «*Bærekraftpotensialet ved rehabilitering av den fredede tidligere amerikanske ambassaden i Oslo - En casestudie med klimagassberegning*» (20) viser interessante funn, der rehabilitering kan være miljøtiltak under visse omstendigheter.

I en rapport fra 2014 med tittelen «*Energiplan - tre trinn for tre epoker*» tar Skeie et.al. for seg trinnvis energirehabilitering av boliger fra 60-, 70-, og 80-tallet (11). Her blir trinnvis rehabilitering over tid vurdert opp mot totalrehabilitering, samt lønnsomhetsaspektet og gjennomførbarheten. Rapporten er bidragsyter til datagrunnlaget.

Multiconsults rapport fra 2023 med tittelen «*Kostnadsoptimalitet for gjeldende energikrav i TEK17*» ser på kostnader ved ulike tiltak utført på blant annet enebolig i TEK69-tilstand. Her blir det blant annet konkludert med at «[...] energioppgradering av eksisterende bygg [for

blant annet TEK69-boliger, at] de aller fleste tiltakene [er] ulønnsomme i privatøkonomisk beregning.» (21).



## 3. Metode

### 3.1 Modellbygget

Omfanget til oppgaven blir begrenset ved å velge ut småhus, nærmere bestemt eneboliger, som grunnlag for analyser, da denne gruppen skiller seg ut i statistikken over energibehovet til den eksisterende bygningsmassen i Norge på noen aktuelle punkter, se kapittel 2.3. Det finnes en rekke relevant litteratur på fagområdet (se kapittel 2.10), som på ulik vis sier noe om den eksisterende bygningsmassen og dens potensiale for reduksjon i energiforbruk og utslipp på nasjonal basis. På bakgrunn av denne litteraturen er det utarbeidet et referansebygg, som i denne oppgaven får navnet Modellbygget. Utvalgte verdier fra den eksterne litteraturen er i hovedsak ment som veiledende basis for Modellbyggets oppbygning og konfigurasjon, dette gjelder for eksempel typiske veggtykkelser for den tidstypiske tilstanden, herunder TEK69. Nøkkeltall for Modellbygget finnes i Vedlegg A.

Modellbygget har som hensikt å være representativt for eneboliger bygget på 70-tallet. Det tas likevel forbehold om at enkelte tiltak og forbedringer kan ha blitt utført i ettertid i slike bygg, som for eksempel skifte til LED-belysning, installasjon av elektrisk eller vannbåren gulvvarme i hele eller deler av bygget, eller legging av membran i våtrom. Det er også slik at jo flere energibesparende tiltak som er utført i ettertid på slike bygg, jo mindre effektive blir slike bygg- og energitekniske tiltak som drøftet i denne oppgaven. Det valgt å se bort fra posten «belysning» i simuleringen for å hensynta dette til en viss grad, samtidig som at en rentbrennende vedovn er valgt til fordel for en eldre og tidstypisk variant.

Grunnlaget for simulering av tiltak og oppgavens problemstilling er basert på en representativ hypotetisk enebolig bygget etter (tilnærmet lik) TEK69-standard. Før simuleringsarbeidet ble påbegynt, ble det først definert enkelte rammer for hva som i praksis ville realistisk å gjennomføre av tiltak i et slikt bygg. Et eksempel kan være hvor tykk isolasjon det er plass og mulighet til å etterisolere en kjellervegg med, eller hvor mye takhøyde man har til overs om man skal etterisolere kjellergulvet. Det ville ikke vært hensiktsmessig å simulere forbedring av et modellbygg der dette innebar urealistiske eller uoppnåelige tiltak. Å gjøre teoretiske beregninger uten å vurdere gjennomførbarheten ville frarøvet oppgavens nytteverdi, og er forsøkt unngått i så stor grad som mulig.

## 3.2 Valg, antagelser og begrensninger

Hensikten med oppgaven er å produsere resultater som er representative for en stor andel av eneboligene vi har i Norge, men ideelt sett også småhus generelt. Ettersom dette ikke er en casebasert oppgave, er det ansett som hensiktsmessig å heller produsere resultater basert på simulering av et representativt modellbygg, enn ett bestemt bygg (som ved en case-studie).

Resultatene gir verdier for energibesparelser som kan omregnes for liknende bygg med noe ulik størrelse, ved hjelp av den spesifikke enheten kWh/m<sup>2</sup>. Det er valgt å modellere et utvalg av tiltak, der følgende tiltak ikke er tatt med i oppgaven:

- Solfangere
- Væske-vann-varmepumpe (varmebrønn)
- Automatisk varmestyringssystem
- Biokjel.

### 3.3 Energisimulering

For å opparbeide et tallgrunnlag på Modellbyggets energibudsjett, ble energisimuleringsprogrammet Simien versjon 6.017 benyttet. Modellbygget ble konfigurert som én enkelt boenhet (en regulær familiebolig), med sokkeletasje/kjelleretasje og hovedetasje/1.etasje. Ved simulering var det kategorien småhus med én boenhet i Oslo-klima som var aktuelt, og derfor valgt. Kjelleretasjen og hovedetasjen ble konfigurert som én sone. For modellbyggets versjon med vedovn, bestod oppvarmingssystemet av elektrisitet kombinert med bioenergi, som i praksis er i form av panelovner kombinert med en (rentbrennende) vedovn i hver etasje. I praksis er panelovnen antatt å dekke det grunnleggende varmebehovet, og vedovnen er antatt benyttet når effekten fra panelovnene ikke er tilstrekkelig for å oppnå komfort på de kaldeste dagene. Hvorvidt det er panelovner eller elektriske varmekabler spiller ingen rolle, da effektiviteten er den samme, komforten vil derimot kunne være bedre ved varmekabler. Dekningsgraden til oppvarming via biovarme ble satt til 40%, en nokså høy andel. Valget ble tatt på bakgrunn av ønske om å illustrere at vedovn kan være et godt klimatiltak i seg selv. Den totale oppvarmingseffekten på 13 kW var basert på panelovn-vedovn-kombinasjonen, som i praksis kunne vært 4 frittstående panelovner på 2 kW hver, der de resterende 5 kW kom fra vedfyring. Dette var ansett som en rimelig antagelse, da 60% av 13 kW er 7,8 kW.

De respektive U-verdier til vegger, gulv og vinduer er beregnet ut fra antagelser om vanlige design- og materialvalg i byggeåret, samt kontrollert opp mot verdier fra den eksterne litteraturen. Ytterligere inputdata for Modellbygget fremkommer i tabellen «Modellbygg – nøkkeltall», se Vedlegg A.

I kjelleretasjen ble det antatt to soverom, et kombinert vaskerom og toalett, oppholdsrom og bod. Vinduer ble plassert på sydfasade i oppholdsrom, samt ett vindu på hvert av soverommene mot øst og mot vest. Huset var tenkt plassert på utgravet skrånende terreng, der sydfasaden var helt eksponert mot det fri, og nordsiden grenset mot grunn, med 2,2 m fyllingshøyde. Øst- og vestfasaden grenset mot terrenget med 2,2 m fyllingshøyde ved nordveggen, og skrånet ned mot null ved sydveggen. Det ble ikke tatt hensyn til omkringliggende bebyggelse eller terreng hva angår skyggeeffekt; dette var en forenkling. Syd- øst- og vestfasaden ble konfigurert som fasade, mens nordsiden som sokkeletasje. Soverommenes vinduer ble antatt benyttet som lufting, og konfigurert som «vinduslufting» i simuleringen. For å simulere et normalt og representativt bruk av avtrekk, ble avtrekksviften på vaskerommet gitt en driftstid på 2 timer forsert avtrekk hver dag fra 1.september til 1.mai, mens i resten av året (sommertid) stod viften på konstant. Dette ble gjort for å simulere

konservativt men nødvendig avtrekk i vinterhalvåret, og som mekanisk ventilasjon i sommerhalvåret, som tiltak for å bedre inneklimaet.

I hovedetasjen ble det antatt tre soverom, ett bad, kjøkken og oppholdsrom. Det var totalt 2 avtrekksvifter, en kjøkkenvifte og en baderomsvifte. Kjøkkenviften hadde forsert avtrekk med 1 time driftstid hver dag hele året, mens baderomsviften ble innstilt slik som den i kjelleretasjen. Taket ble konfigurert som kaldloft, med saltak med 20 graders helningsvinkel, med mønet orientert øst-vest. Isolasjonen i taket var plassert mellom takets undergurter. Det var en uisolert ytterdør, plassert på nordfasaden.

### 3.4 Analysemetodikk

Eldre bygningsmasse står nå overfor viktige valg: Man kan velge å forlenge byggets levetid ved å utføre en delvis eller total energirehabilitering av bygningsmassen, og på den måten bidra til å redusere energibehovet i løpet av byggets forlengede levetid. Man kan velge å rive bygget og erstatte det med et nytt. Mellom disse to ytterpunktene finnes det også et spekter av enkelttiltak man kan utføre. For å velge tiltak som har den største økonomiske gevinsten, kreves LCC-analyser (life cycle cost analysis). Det er ikke foretatt LCC-analyser i denne oppgaven. Ønsker man derimot å gjøre valg ut fra den største miljømessige gevinsten er LCA foretrukket metodikk. Denne oppgaven er derfor LCA-basert.

## 3.5 Kalkyler

Simuleringene som ble utført på Modellbygget resulterte i en rekke verdier for de respektive tiltakene, der hovedfokus lå på energibehovet til Modellbygget og den beregnede leverte energien. Disse tallene ble ført inn i regneark og organisert i egendefinerte kalkyler, og dannet grunnlaget for analysene i resultatkapittelet. I Tabell 1 ser man ett eksempel på den Excel-baserte kalkylemodellen, der alle verdier er hentet fra vedlegget «Årssimulering» i Simien.

Tabell 1: Kalkylemodell for energibudsjett, basert på output-verdier fra simuleringen. Dette eksemplaret viser resultater fra Tiltak A-0 – Referansetilstand versus TEK17-tilstand (med vedovn). Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT  |                     |                                 |                     |                                 |                     |                                 |
|---|---------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| MED VEDOVN  | REFERANSETILSTAND   |                                 | TEK17-TILSTAND      |                                 | ENDRING             |                                 |
| ENERGIPOST  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| ROMOPPVARMING   | 24699,0             | 152,5                           | 4829,0              | 29,8                            | -19870,0            | -122,7                          |
| VENTILASJONSVARME   | 0,0                 | 0,0                             | 24,0                | 0,1                             | 24,0                | 0,1                             |
| VARMTVANN   | 4825,0              | 29,8                            | 4825,0              | 29,8                            | 0,0                 | 0,0                             |
| VIFTER  | 132,0               | 0,8                             | 1577,0              | 9,7                             | 1445,0              | 8,9                             |
| PUMPER  | 0,0                 | 0,0                             | 145,0               | 0,9                             | 145,0               | 0,9                             |
| TEKNISK UTSTYR  | 2838,0              | 17,5                            | 2838,0              | 17,5                            | 0,0                 | 0,0                             |
| ROMKJØLING  | 0,0                 | 0,0                             | 770,0               | 4,8                             | 770,0               | 4,8                             |
| VENTILASJONSKJØLING   | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                                    | 32494,0             | 200,6                           | 15008,0             | 92,6                            | -17486,0            | -107,9                          |
| ENERGIVARE  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| DIREKTE EL.   | 24002               | 148,2                           | 9511                | 58,7                            | -14491              | -89,5                           |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                                    | 0                   | 0,0                             | 1909                | 11,8                            | 1909                | 11,8                            |
| BIOBRENSSEL   | 15437               | 95,3                            | 3018                | 18,6                            | -12419              | -76,7                           |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                                      | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| TOTALT LEVERT ENERGI  | 39439               | 243,5                           | 14438               | 89,1                            | -25001              | -154,3                          |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT  | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| NETTO LEVERT ENERGI   | 39439               | 243,5                           | 14438               | 89,1                            | -25001              | -154,3                          |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:                 |                     |                                 |                     |                                 | 63 %                |                                 |
| NETTO LEVERT ENERGI EKS. BIOENERGI                          | 24002               |                                 | 11420               |                                 | -12582              |                                 |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI, EKS. BIOENERGI: |                     |                                 |                     |                                 | 52 %                |                                 |

Det finnes 2 versjoner av energibudsjettet til Modellbygget, en *med* og en *uten* vedovn. Tabell 1 viser versjonen med vedovn, og Vedlegg C viser versjonen uten vedovn. I versjonen med vedovn er det, i forbindelse med levert energi, tatt hensyn til at bioenergi i praksis er ved, som ikke kommer levert via strømmettet. Derfor ble bioenergi trukket fra i regnskapet, da det var ønskelig å se hvor mye mindre levert energi (i form av strøm/direkte el.) Modellbygget ville mottatt ved et gitt tiltak. Dette ble gjort i forbindelse med den utslippsbaserte livssyklusanalysen. Det ble valgt å anse ved/bioenergi som utslippsfritt i denne sammenheng. Dette valget ble gjort som en forenkling. Samtidig anerkjennes det at det finnes litteratur som påpeker utslippsfaktor også for ved; utslippsfaktor på 14 g CO<sub>2</sub>eq/kWh for ved er eksempelvis oppgitt i rapporten til Fuglseth et.al. (13).

I forbindelse med den energibaserte livssyklusanalysen var det aktuelt å se hvor mye energi man kan spare, også bioenergi medregnet, ved et gitt tiltak. I forbindelse med den utslippsbaserte livssyklusanalysen, ble verdier for GWP til hvert enkelt tiltak benyttet. Tallverdier og spesifikasjoner ble hentet fra de respektive EPD-dokumentene.

For å finne de eventuelle reduksjonene i GWP, ble en kalkylemodell slik vi ser i Vedlegg D benyttet, for å konvertere den sparte energien fra et tiltak til (reduksjon eller økning av) utslipp. I tiltak som innebar solceller var det medregnet et gitt årlig effekttap (oppgitt av leverandøren/produsenten av solcellene) i løpet av den oppgitte forventede levetiden. I tiltak som innebar solceller kombinert med andre tiltak, var det kalkulert årlig kombinert energibesparelse, se Vedlegg E, og den korteste levetiden ble den dimensjonerende levetiden.

I Vedlegg V ser man en komplett samling av resultater fra kalkylene til alle tiltak. Tabellen inneholder beskrivelse av tiltakene, tiltakskoden, og viser resultater for et utslippsbasert regnskap.

### 3.6 Utslippsfaktor som beregningsgrunnlag

I arbeidet med å frembringe verdier for utslippsfaktorer til analyser og beregninger i oppgaven, ble det benyttet 2 kilder. På bakgrunn av NVEs publikasjoner oppgitt i kapittel 2.9, ble det valgt å bruke utslippsfaktoren fra 2021 i utslippsanalysen, med en liten modifikasjon. Utslippsfaktoren var modellert med en årlig reduksjon på 20% og 5%, for å illustrere en hypotetisk utvikling gitt en henholdsvis svært ambisiøs og en noe mindre ambisiøs satsning på å produsere utslippsfri kraft innen 2050. Beregningene viste at ved 20% årlig reduksjon, ble utslippsfaktoren nær null omtrent i 2050 (beregnet 25 år frem i tid, med startår i 2024). 2 ulike scenarier ble dermed basert (med modifikasjoner) på tall fra NVE. De to resterende verdiene for utslippsfaktor benyttet i utslippsanalysen ble hentet fra «*Norsk Standard NS 3720:2018 – Metode for klimagassberegninger for bygninger*», der henholdsvis 18 g og 136 g CO<sub>2</sub>eq/kWh var verdier for «*norsk strømmiks*» og «*europaisk strømmiks*», der begge tilfeller var beregnet som et gjennomsnitt for perioden 2015 til 2075 (22).

### 3.7 EPD-dokumentasjon

Alle EPD-dokumenter som ble benyttet i denne oppgaven er listet opp i Tabell 2, med epd-norge.no (15) som kilde til brorparten av dokumentasjonen. Hver EPD har egen URL som oppgis i kolonnen til høyre i tabellen, som henviser til nettstedet der de ble lastet ned fra, se Tabell 2. I hver EPD som er benyttet, er det verdiene tilhørende posten «GWP-total» som er hentet ut og tatt med i livssyklusanalysen, dette gjelder alle poster fra A1 til D.

Tabell 2: Referanseliste for EPD-dokumenter. \*I forbindelse med EPD-dokumentet til luft-luft-varmepumpen, er dokumentet tilsendt fra Simon Utstøl via e-post. I dokumentet henvises det til en nettside, der et antas at dokumentasjonen er publisert (dokumentasjonen er på fransk).

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Asfaltbelegg til tak  | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/takbelegg-membraner/mestertekk-kombi-1">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/takbelegg-membraner/mestertekk-kombi-1</a>   |
| Dampspærre            | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/takbelegg-membraner/kullafolietm-0-20-mm">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/takbelegg-membraner/kullafolietm-0-20-mm</a>   |
| Gipsplater            | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/bygningsplater-skillevegg/gyproc-normal-standard-plasterboard">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/bygningsplater-skillevegg/gyproc-normal-standard-plasterboard</a>   |
| Grunnmursplast        | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/takbelegg-membraner/oldroyd-eco">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/takbelegg-membraner/oldroyd-eco</a>   |
| Gulvvarmerør          | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/rorsystemer/pert-s3">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/rorsystemer/pert-s3</a>   |
| Kledning              | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/heltreprodukter/grunnet-grankledning-bas">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/heltreprodukter/grunnet-grankledning-bas</a>   |
| Konstruksjonsvirke    | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/heltreprodukter/konstruksjonsvirke-og-hovellast-av-gran-1">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/heltreprodukter/konstruksjonsvirke-og-hovellast-av-gran-1</a>   |
| Maling                | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/maling-belegg-med-organiske-bindemidler/drygolin-optimal-jotun-a-s">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/maling-belegg-med-organiske-bindemidler/drygolin-optimal-jotun-a-s</a>   |
| Parkett               | <a href="https://www.bauwerk-parkett.com/int-en/professional/downloads/audit-reports-and-certificates.html">https://www.bauwerk-parkett.com/int-en/professional/downloads/audit-reports-and-certificates.html</a>   |
| Radonsperre           | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/takbelegg-membraner/canes-radonsperre-0-35-mm">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/takbelegg-membraner/canes-radonsperre-0-35-mm</a>   |
| Mineralull            | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/isolasjon/rockwool-redair-batts-thermal-insulation-for-the-nordics-market">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/isolasjon/rockwool-redair-batts-thermal-insulation-for-the-nordics-market</a>   |
| Skyvedør              | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/dorer-og-vinduer/gilje-skyvedor-extra">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/dorer-og-vinduer/gilje-skyvedor-extra</a>   |
| Solceller             | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/solcellepaneler-og-komponenter/alpha-pure-rx">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/solcellepaneler-og-komponenter/alpha-pure-rx</a>   |
| Sponplater            | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/bygningsplater-skillevegg/forestia-sponplater-standard">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/bygningsplater-skillevegg/forestia-sponplater-standard</a>   |
| Ventilasjonsaggregat  | <a href="https://www.swegon.com/no/produkter-og-tjenester/luftbehandling/luftbehandlingsaggregater/casa/casa-r7-h/">https://www.swegon.com/no/produkter-og-tjenester/luftbehandling/luftbehandlingsaggregater/casa/casa-r7-h/</a>   |
| Ventilasjonsrør       | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/ventilasjon-og-ventilasjonskomponenter/circular-ventilation-duct-folded-norway">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/ventilasjon-og-ventilasjonskomponenter/circular-ventilation-duct-folded-norway</a>   |
| Vindspærre            | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/takbelegg-membraner/tyvek-firecurb-soft">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/takbelegg-membraner/tyvek-firecurb-soft</a>   |
| Vinduer               | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/dorer-og-vinduer/fast-extra-vindu-med-aluminiumskledning">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/dorer-og-vinduer/fast-extra-vindu-med-aluminiumskledning</a>   |
| Ytterdør              | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/dorer-og-vinduer/nordan-bor-external-door-with-grooved-decor-without-glass">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/dorer-og-vinduer/nordan-bor-external-door-with-grooved-decor-without-glass</a>   |
| XPS                   | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/isolasjon/jackofoam-xps-norway">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/isolasjon/jackofoam-xps-norway</a>   |
| EPS                   | <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/isolasjon/jackopor-eps-norway">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/isolasjon/jackopor-eps-norway</a>   |
| *Luft-luft-varmepumpe | <a href="http://www.batiment-energiecarbone.fr/">http://www.batiment-energiecarbone.fr/</a>   |
| Luft-vann-varmepumpe  | <a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=00ab3cef-5d1b-48c8-a220-4f8ac01b7dd7&amp;version=20.23.050&amp;stock=OBD_2023_I&amp;lang=en">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=00ab3cef-5d1b-48c8-a220-4f8ac01b7dd7&amp;version=20.23.050&amp;stock=OBD_2023_I&amp;lang=en</a> |



### 3.8 Tiltaksoversikt

For å oppnå en systematisk oversikt over de ulike tiltakene og de respektive energisimuleringer, ble tiltakene delt inn i kategorier og nummer, med totalt 17 tiltakskonstellasjoner, se Tabell 3.

Tabell 3: Oversikt over alle tiltak. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| TILTAKS KODE | TILTAKS BESKRIVELSE  |
|--------------|--|
| <b>A-0</b>   | REFERANSETILSTAND VERSUS TEK17-TILSTAND  |
| <b>A-1</b>   | INSTALLASJON AV SOLCELLER I REFERANSETILSTAND  |
| <b>A-2</b>   | INSTALLASJON AV LUFT-VANN-VARMEPUMPE I REFERANSETILSTAND                                     |
| <b>A-3</b>   | INSTALLASJON AV LUFT-LUFT-VARMEPUMPE I REFERANSETILSTAND                                     |
| <b>A-4</b>   | INSTALLASJON AV SOLCELLER KOMBINERT MED LUFT-VANN-VARMEPUMPE I REFERANSETILSTAND             |
| <b>A-5</b>   | INSTALLASJON AV SOLCELLER KOMBINERT MED LUFT-LUFT-VARMEPUMPE I REFERANSETILSTAND             |
| <b>B-1</b>   | ISOLERING AV YTTERVEGG   |
| <b>B-2</b>   | ISOLERING AV GULV MOT GRUNN  |
| <b>B-3</b>   | ISOLERING AV TAK/KALDLOFT  |
| <b>B-4</b>   | UTSKIFTNING AV VINDUER OG DØRER  |
| <b>B-5</b>   | INSTALLERING AV BALANSERT VENTILASJON  |
| <b>C-0</b>   | SAMTLIGE TILTAK I KATEGORI B (TOTAL ENERGIREHABILITERING)                                    |
| <b>C-1</b>   | INSTALLASJON AV LUFT-LUFT-VARMEPUMPE VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND                         |
| <b>C-2</b>   | INSTALLASJON AV LUFT-VANN-VARMEPUMPE VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND                         |
| <b>C-3</b>   | INSTALLASJON AV SOLCELLER VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND                                    |
| <b>C-4</b>   | INSTALLASJON AV SOLCELLER KOMBINERT MED LUFT-VANN-VARMEPUMPE VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND |
| <b>C-5</b>   | INSTALLASJON AV SOLCELLER KOMBINERT MED LUFT-LUFT-VARMEPUMPE VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND |

Kategori A representerer bygget uten byggetekniske endringer som reduserer oppvarmingsbehovet, men beskriver i stedet endringer i byggets energi- og oppvarmingssystemer. Her inngår 2 typer varmepumper, samt solceller. Unntaket er Tiltak A-0, som kun er ment som et sammenligningsgrunnlag av energibehovet og levert energi for nytt versus eldre bygg.

Kategori B representerer separate tiltak som fører til endringer av energibehovet. Her inngår tilleggs- og etterisolering, utskifting av vinduer og dører, samt installasjon av balansert ventilasjon.

Kategori C tar utgangspunkt i at samtlige tiltak i kategori B er utført, med ulike endringer i og kombinasjoner av energi- og oppvarmingssystemer.

### 3.9 Tiltaksbeskrivelse

Tiltakene er konfigurert med et utvalg av materialer og produkter, basert på den tilgjengelige EPD-dokumentasjonen. I forbindelse med energisimulering er det på forhånd beregnet endrede U-verdier basert på de respektive materialene. Alle bygningsrelaterte arbeider i forbindelse med reelle tiltaksgjennomføringer, samt festemidler er ikke medregnet i livssyklusanalysen, kun de oppgitte materialer og produkter.

Tiltakene i kategori C representerer endring i energisystemet i et allerede totalrehabilitert bygg. På denne måten ser man hvordan energisystemstiltakene presterer sammenlignet med installasjon i referansetilstand, der energibehovet er betydelig større.

### 3.10 Tiltak A-0 – Referansetilstand versus TEK17-tilstand

Modellbyggets referansetilstand beskriver bygget slik det er i sin helhet uten noen form for tiltak på hverken bygningskroppen eller energisystemet. Dette er utgangspunktet for sammenligning av alle tiltak. I simuleringsprogrammet ble Modellbygget konfigurert til sin referansetilstand, og resultatene fra simuleringen dannet grunnlaget for vurdering og sammenligning av energibehov og levert energi i ulike tilstander og rehabiliteringsnivåer. Deretter ble aktuelle parametere justert for å oppnå (tilnærmet) TEK17-nivå, dette ble gjort uten vurdering av hvilke produkter og materialer som i praksis kreves. Sammenligningen med en tilsvarende bolig på TEK17-nivå gjøres utelukkende for å illustrere differansen i levert energi, og danner ikke grunnlag for en livssyklusanalyse med hensyn på utslipp av klimagasser. Disse to tilstandene sammenlignes for å danne grunnlag for evaluering av den potensielle reduksjonen i levert energi.

### 3.11 Tiltak A-1 – Installasjon av solceller i referansetilstand

Tiltak A-1 representerer installasjon av 50 m<sup>2</sup> solceller på modellbyggets sydvendte takflate. Det er valgt et reelt produkt fra markedet, fra solcelleleverandøren REC Solar, der produktets EPD bidrar med aktuelle GWP-verdier. Produktvalg for solceller er «REC alpha pure RX» med 470 Wp (23). Arealet som dekkes av solceller settes til 50 m<sup>2</sup>, der takets sydvendte andel er på omtrent 56 m<sup>2</sup>. I simuleringsprogrammet ble verdier for nominell virkningsgrad lagt inn, basert på tall fra leverandørens tekniske data. Resterende input-verdier ble beholdt som «default».

### 3.12 Tiltak A-2 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe i referansetilstand

Tiltak A-2 representerer installasjon av en luft-vann-varmepumpe, og innebærer en varmepumpe som dekker 77% av romoppvarming og 100% av oppvarming av tappevann. Varmepumpen har en kapasitet på 10 kW, og vedovnen bidrar med det resterende effektbehovet. Tiltaket ville i realiteten ikke være hensiktsmessig å innføre med mindre det allerede fantes, eller ble installert, vannbåren gulvvarme. Det ville heller ikke vært rasjonelt å unngå å etterisolere gulv mot grunn når man først legger gulvbåren varme, da det oppstår et stort varmetap mot grunnen. Likevel ble dette tiltaket simulert isolert sett, og det ble antatt at hele bygget hadde eksisterende gulvvarmesystem.

### 3.13 Tiltak A-3 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe i referansetilstand

Tiltak A-3 representerer installasjon av en luft-luft-varmepumpe. Ved simulering ble oppvarmingssystemet endret, men i tillegg ble også andre endringer simulert, med hensikt å illustrere brukernes endrede oppførsel hva angår manuell temperaturregulering. Varmepumpen bidrar ikke til luftskifte, derfor ble avtrekksviftenes konfigurasjon beholdt. Derimot bør man forvente at lufting med vinduer blir mindre relevant, da dette er en måte for brukerne å regulere temperaturen og dermed den termiske komforten på, som en varmepumpe kan bidra med i stedet. Derfor ble det valgt å fjerne postene «vinduslufting» fra simuleringen, da varmepumpen antas å eliminere dette behovet. Oppvarming via varmepumpen og vedovn ble spesifisert i simuleringsprogrammet som oppvarmingssystem med maksimal avgitt effekt på 13,6 kW, der varmepumpens bidrag er på 8,2 kW ved 60% andel av romoppvarming. Utover de 8,2 kilowattene, vil fyring med vedovn bidra med ytterligere 5,4 kW, som ble ansett som en rimelig antagelse.

GWP-verdier ble hentet fra et EPD-dokument (tilsendt på e-post av Simon Utstøl). Dokumentet er fransk, og oppgir følgende aktuelle verdier for en generisk luft-luft-varmepumpe:

Effekt på 5 kW, levetid på 17 år, med GWP-total lik 1890 Kg CO<sub>2</sub>eq.

Selv om effekten til varmepumpen oppgitt i dokumentet er noe ulik den simulerte effekten, er det ansett som en rimelig antagelse å benytte GWP-verdien, og at dette vil være representativt for andre varmepumper med andre spesifikasjoner og større effekt. Det finnes få eller ingen kilder til EPD for varmepumper av denne typen lett tilgjengelig, derfor er det i dette tilfellet gjort antagelser som muligens kan påvirke nøyaktigheten til analysens resultater. Til sammenligning er GWP-verdien for en luft-vann-varmepumpe betydelig mindre.

### 3.14 Tiltak A-4 - Installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller i referansetilstand

Tiltak A-4 representerer installasjon av både solceller kombinert med luft-vann-varmepumpe i referansetilstand. Se kapittel 3.12 og 3.11 for detaljer.

### 3.15 Tiltak A-5 - Installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller i referansetilstand

Tiltak A-5 representerer installasjon av både solceller kombinert med luft-luft-varmepumpe i referansetilstand. Se kapittel 3.13 og 3.11 for detaljer.

### 3.16 Tiltak B-1 – Isolering av yttervegger

Tiltak B-1 representerer tilleggs- og etterisolering av kjeller- og yttervegger. Det ble simulert at kjellerveggene ble etterisolert utvendig med 250 mm XPS. Stenderveggene ble påført med trykkfast mineralull (som ikke krevde utvidet stendervegg). Eksisterende isolasjon i stenderveggen ble byttet ut med lik type som ved påføring. Luftlekkasjene ble halvert for å simulere at den nye isolasjonen og vindtettingen førte til drastisk reduksjon i luftlekkasjer, dette var kun en forenkling. I tillegg ble kuldebroverdien redusert fra 0,06 til 0,05 som også var en forenkling. Ny dampspærre, nye gipsvegger innvendig, sponplater utenpå eksisterende stendervegg, vindsperre, kledning, grunnmursplast til kjellerveggen og malingsstrøk hvert 10. år ble også inkludert i tiltaket i livssyklusanalysen, men ble ikke simulert.

### 3.17 Tiltak B-2 – Isolering av gulv mot grunn

Tiltak B-2 representerer isolering av kjellergulvet. Gulvet har en antatt begrensning i forbindelse med takhøyden, som betyr at det ikke er plass til mer etterisolering i gulvet enn 200 mm. Derfor ble 200 mm EPS lagt direkte på betonggulvet, deretter gulvbelegg. Simuleringsprogrammet hadde prekonfigurerte valg som gav U-verdi på 0,12, som tok med i beregning en ekstra isolasjonstykkelse på 200 mm. Gulvbeleggets varmemotstand ble sett bort fra, og det eksisterende gulvbelegget ble erstattet med tilsvarende, som en forenkling. I tillegg ble radonsperre lagt på. Gulvbelegget, ekskludert betong og isolasjon, ble antatt som 22 mm sponplate og 14 mm parkett, som også var et prekonfigurert valgalternativ under fanen «varmelagring i innvendig sjikt» i simuleringsprogrammet.

### 3.18 Tiltak B-3 – Isolering av tak og kaldloft

Tiltak B-3 representerer etter- og tilleggsisolering av taket og kaldloftet. Det opprinnelige taket var konfigurert som kaldloft med 150 mm isolasjon mellom undergurter. Ved isolering av tak eller kaldloft har man i praksis flere muligheter: Innblåsing av isolasjon i kaldloftet, nedføring av innertaket med ytterligere isolasjon, eller isolere mellom takstolene/taksperrere. Valget som ble simulert gikk ut på sistnevnte, og i tillegg ble isolasjonen mellom undergurtene skiftet ut. Takstolene var antatt 150 mm og økte med ytterligere 150 mm, som gav mulighet for total isolasjonstykkelse på 300 mm. Isolasjonen mellom undergurtene og den mellom taksperrere jobber sammen og gir i virkeligheten en bedre U-verdi enn den som fremkommer ved valg av et prekonfigurert alternativ i simuleringsprogrammet, men dette ble ikke tatt hensyn til. Valget gav mulighet til å, i et reelt tilfelle, beholde opprinnelig takhøyde, eller i det minste tillate mulighet for trekking av ventilasjonsrør på 100 mm over himlingen. Luftlekkasjene ble redusert fra 8 til 6 luftskifter per time, som resultat av forbedret vindtetting i takkonstruksjonen. Det ble antatt at eventuelt takstein i praksis behøvde utskiftning, i tillegg til innertaket og dampsperrere. I livssyklusanalysen ble derfor gips til himling, dampsperrere, isolasjon, taktro, vindsperrere, konstruksjonsvirke og asfaltbelegg inkludert. Vindskier, takrenner, etc. ble ikke tatt med i beregningene.

### 3.19 Tiltak B-4 – Utskiftning av vinduer og dører

Tiltak B-4 representerer utskiftning av alle vinduer og dører. Alle vinduer og ytterdøren ble byttet ut med nye, med U-verdi lik ca.  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Det ble valgt å ikke simulere reduksjon av kuldebroverdier, men luftlekkasjer ble redusert fra 8 til 7 luftskifter per time ved dette enkelttiltaket, selv om det i realiteten ville blitt enda mindre luftlekkasjer ved utskifting av vinduer, grunnet bedre tetting når det gjøres i kombinasjon med isolering og vindtetting av ytterveggene. Som en forenkling ble størrelsen og antall vinduer uendret i selve simuleringen, men i materialbeskrivelsen fremkom det valg av 2 stk store skyvedører, ny ytterdør og 9 stk vinduer. Dette valget ble delvis gjort på bakgrunn av tilgjengelige EPD'er, men også for å illustrere hva som er realistisk ved utbytte av vinduer. Det var tenkt plassert en skyvedør i hver etasje, en i hovedetasjen på sydfasaden ut mot balkongen og en på kjellerveggens sydfasade.

### 3.20 Tiltak B-5 – Installasjon av balansert ventilasjon

Tiltak B-5 representerer installasjon av balansert ventilasjon med varmegjenvinner. Når det monteres ventilasjonsanlegg, er det ikke hensiktsmessig å gjøre det med eksisterende (store) luftlekkasjer, da ventilasjonen er avhengig av en tett klimaskjerm for å fungere optimalt. Derfor ble luftlekkasjene satt til 0,6 /h i stedet for 8 /h, med forbehold om at man antok at huset fikk montert ny vindsperre på vegger og mot kaldloft/tak, samt fornyet tetting rundt vinduer og dører. Dette tiltaket innebar dermed vindtetting, ny kledning og maling i tillegg til ventilasjonsrør og selve aggregatet. Antall meter ventilasjonsrør var basert på et grovt estimat. De opprinnelige baderomsviftene ble fjernet. Ventilasjonsaggregatet ble antatt enten plassert i kaldloft eller i vaskerom. Det finnes en rekke ulike aggregater på markedet, noen har mulighet for tilkobling til kjøkkenheten, andre krever separat kjøkkenavtrekk. I simuleringen ble separat kjøkkenavtrekk beholdt, driftstiden forble også uendret. Fordelen med separat kjøkkenavtrekk er at det ikke sprer lukt fra matlaging i hele huset, slik som kan oppstå ved roterende varmegjenvinnere. I livssyklusanalysen fulgte ovennevnte materialer og produkter med, men ved tiltak C-0 vil vindtetting, kledning og maling følge med i kombinasjon med isolering og vindtetting av yttervegg og tak i stedet.

### 3.21 Tiltak C-0 – Innføring av samtlige tiltak i kategori B (total energirehabilitering)

Tiltak C-0 representerer en total energirehabilitering (utenom endring av oppvarmingssystemene), og innebærer innføring av tiltak B-1 til B-5. Ved totalrehabilitering vil i praksis hele boligen være utilgjengelig for beboelse, derfor bør man utføre ekstra tiltak som ellers ville være ugunstig og lite økonomisk. For eksempel er det å legge ny dampsperre fornuftig, eller legge vannbåren varme med påstøp i alle gulv. Kanskje kan også et teknisk rom være fordelaktig å opprette, som kan romme ventilasjonsaggregat, varmtvannsbereder, etc. Ved dette tiltaket kunne all vinduslufting, alle lufteluker og vifter med unntak av kjøkkenavtrekket fjernes, da ventilasjonen sørget for tilstrekkelig luftskifte. Kaldloftet ble fjernet til fordel for tak i simuleringen, selv om det i realiteten fortsatt ville vært et kaldloft.

### 3.22 Tiltak C-1 - Installasjon av luft-luft-varmepumpe ved totalrehabiliteret tilstand

Tiltak C-1 representerer en kombinasjon av A-3 og C-0, som tilsvarer installasjon av luft-luft-varmepumpe i et totalrehabiliteret bygg, se kapittel 3.21 og 3.13 for detaljer.

### 3.23 Tiltak C-2 - Installasjon av luft-vann-varmepumpe ved totalrehabiliteret tilstand

Tiltak C-2 representerer en kombinasjon av A-2 og C-0, som tilsvarer installasjon av luft-vann-varmepumpe i et totalrehabiliteret bygg. Se kapittel 3.21 og 3.12 for detaljer.

### 3.24 Tiltak C-3 – Installasjon av solceller ved totalrehabiliteret tilstand

Tiltak C-3 representerer en kombinasjon av A-1 og C-0, som tilsvarer installasjon av solceller i et totalrehabiliteret bygg, se kapittel 3.21 og 3.11 for detaljer.

### 3.25 Tiltak C-4 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller ved totalrehabiliteret tilstand

Tiltak C-4 representerer en kombinasjon av A-4 og C-0, som tilsvarer installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller i et totalrehabiliteret bygg, se kapittel 3.21 og 3.14 for detaljer.

### 3.26 Tiltak C-5 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller ved totalrehabiliteret tilstand

Tiltak C-5 representerer en kombinasjon av A-5 og C-0, som tilsvarer installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller, i et totalrehabiliteret bygg, se kapittel 3.21 og 3.15 for detaljer.



## 4. Resultater

Simulering av tiltakene har resultert i ulike verdier for endring i energibehovet og levert energi. I Vedlegg B ser man ett eksempel på hvordan disse verdiene er samlet, alle tiltak har tilsvarende tabell. Energiposten bioenergi representerer forbruk av ved i en (effektiv) vedovn, og det ble foretatt to sett med simuleringer, ett med og ett uten vedovn som oppvarmingskilde. Hvert tiltak er tildelt sitt eget delkapittel, der de respektive resultatene er presentert. Resultatene er todelt; en del omhandler analysen av de potensielle besparelsene i levert energi, og en del omhandler de potensielle reduksjonene i klimagassutslipp. I energianalysen vurderes det kun hvor mye reduksjon i levert energi et gitt tiltak bidrar til. Det er ikke gjort analyse av økonomisk kostnad. Det er beregnet total besparelse for all levert energi, og i tilfellet med vedovn skilles det mellom levert energi (inkludert bioenergi) og levert strøm. Det er beregnet verdier for den forventede levetiden til hvert enkelt tiltak, og der det finnes ulike levetider, er det tatt utgangspunkt i en felles levetid. Det er også beregnet en energibesparelse ut fra en korrigeringsfaktor, som gir en total energibesparelse dersom tiltaket hadde en levetid på 60 år. Verdiene fra reduksjonen i levert strøm var grunnlaget for beregning av utslipp i utslippsanalysen; korrigeringsfaktoren inngikk ikke som beregningsgrunnlag i den forbindelse. Resultater fra tiltakets energibesparelse i løpet av den forventede levetiden var beregnet om til GWP oppgitt i antall kg CO<sub>2</sub>eq, basert på 4 ulike utslippsfaktorer, beskrevet i detalj i kapittel 2.9. Det er også beregnet en «break even»-utslippsfaktorverdi, som er minimum utslippsfaktor for at tiltaket skal lønne seg miljømessig sett, dette er gjort for både med og uten vedovn.

## 4.1 Tiltak A-0 – Referansetilstand versus TEK17-tilstand

Resultatene fra simulering av referansetilstanden til Modellbygget viser som forventet nokså typiske verdier for tilsvarende boliger. Boligen har et høyt energibehov, se Tabell 4 og særlig står romoppvarming for en betydelig andel.

Tabell 4: Kalkylemodell for energibudsjett, basert på output-verdier fra simuleringen. Dette eksemplaret viser resultater fra Tiltak A-0 – Referansetilstand versus TEK17-tilstand (uten vedovn). Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT                              |                     |                                 |                     |                                 |                     |                                 |
|---|---------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| UTEN VEDOVN                                 | REFERANSETILSTAND   |                                 | TEK17-TILSTAND      |                                 | ENDRING             |                                 |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| TOTALT NETTO ENERGI                         | 32494,0             | 200,6                           | 15008,0             | 92,6                            | -17486,0            | -107,9                          |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 34740               | 214,4                           | 11420               | 70,5                            | -23320              | -144,0                          |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                                 |                     |                                 | 67 %                |                                 |

Tabell 5: Kalkylemodell for energibudsjett, basert på output-verdier fra simuleringen. Dette eksemplaret viser resultater fra Tiltak A-0 – Referansetilstand versus TEK17-tilstand (med vedovn). Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT  |                     |                                 |                     |                                 |                     |                                 |
|---|---------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| MED VEDOVN  | REFERANSETILSTAND   |                                 | TEK17-TILSTAND      |                                 | ENDRING             |                                 |
| ENERGIPOST  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| TOTALT NETTO ENERGI   | 32494,0             | 200,6                           | 15008,0             | 92,6                            | -17486,0            | -107,9                          |
| ENERGIVARE  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| NETTO LEVERT ENERGI   | 39439               | 243,5                           | 14438               | 89,1                            | -25001              | -154,3                          |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:                 |                     |                                 |                     |                                 | 63 %                |                                 |
| NETTO LEVERT ENERGI EKS. BIOENERGI                          | 24002               |                                 | 11420               |                                 | -12582              |                                 |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI, EKS. BIOENERGI: |                     |                                 |                     |                                 | 52 %                |                                 |

Oppvarmingsbehovet er på ca. 25.000 kWh/år, og det totale netto energibehovet er på ca. 32.500 kWh/år. Dette er gjeldene for både med og uten vedovn. Derimot er fyring med ved mindre effektivt enn strøm, som gjenspeiles i verdiene for netto levert energi på 39.439 kWh/år og 34.740 kWh/år for henholdsvis med og uten vedovn, en differanse på nesten 5.000 kWh/år. Boligen oppnår energimerke G gul og G rød for henholdsvis med og uten vedovn.

I Tabell 4 og Tabell 5 ser man også verdier fra TEK17-tilstand, der energibehovet er kraftig redusert. Oppvarmingsbehovet er også mer jevnt fordelt på de ulike postene. Romoppvarming, sammen med tappevann, står begge bare for i underkant av 5.000 kWh/år.

I tillegg har man romkjøling, som sørger for bedre termisk komfort i sommerhalvåret. Netto levert energi kommer på ca.14.500 kWh/år og ca.11.500 kWh/år for henholdsvis med og uten vedovn. Boligen oppnår energimerke B oransje og A oransje for henholdsvis med og uten vedovn.

Tabell 6: Vurdering av energibudsjett for Tiltak A-0 - Referansetilstand versus TEK17-tilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| VURDERING AV ENERGIBUDSJETTET           |             |                             |                                       |                                      |   |                           |   |
|---|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|---|
| TILTAKSBESKRIVELSE                      | TILTAKSKODE |                             | ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT ENERGI [kWh] | PROSENTVIS REDUKSJON I LEVERT ENERGI | TOTAL ENERGIBESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN [kWh] | LEVETID TIL TILTAKET [ÅR] | TOTAL ENERGIBESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN, JUSTERT TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh] |
| REFERANSETILSTAND VERSUS TEK17-TILSTAND | A-0         | MED VEDOVN, INKL. BIOENERGI | 25001                                 | 63 %                                 | 1 500 060   | 60                        | 1 500 060   |
|   |             | MED VEDOVN, EKS. BIOENERGI  | 12582                                 | 52 %                                 | 754 920   |                           | 754 920   |
|   |             | UTEN VEDOVN                 | 23320                                 | 67 %                                 | 1 399 200   |                           | 1 399 200   |

I Tabell 6 ser man tiltakets energibesparelse, både for ett enkeltår og gjennom en hypotetisk levetid på 60 år. Sammenligningen forbeholder at Modellbygget kan forlenge levetiden med ytterligere 60 år. Ser man bort fra forbruk av ved, vil en slik ny bolig med vedovn forbruke over 750.000 kWh mindre strøm enn en eldre bolig i løpet av 60 år. For en bolig uten vedovn, der all oppvarming er strømbasert og energieffektiv (med varmepumpe i den nye boligen), vil energibesparelsen være nesten dobbelt, på ca. 1.400.000 kWh.

## 4.2 Tiltak A-1 – Installasjon av solceller i referansetilstand

### Tiltakets energianalyse

Resultatene fra simulering av installering av solceller på modellbygget i referansetilstanden viser et overskudd av strøm på ca.10.000 kWh/år, vel å merke kun det første året. På grunn av slik solcelleteknologien er per i dag, vil modulene gradvis miste noe av strømproduksjonskapasiteten, eller effekten. Dette er tatt hensyn til i beregningen av den totale strømproduksjonen til solcellene gjennom levetiden på 25 år. Vedlegg D viser kalkylen for dette. Produsenten av solcellene oppgir et forventet effekttap på 2% det første året, deretter 0,25% hvert år (23). Dette resulterer i en total energibesparelse på ca. 237.000 kWh i løpet av 25 år. For å gjøre en sammenligning mellom andre tiltak, er det oppført en egen post, se Tabell 7, der den totale energiproduksjonen til modulene er beregnet ved en hypotetisk levetid på 60 år, gjennom en korreksjonsfaktor. Dette gir kun en veiledende verdi, og er kun hypotetisk.

Tabell 7: Vurdering av energibudsjettet for Tiltak A-1 – Installasjon av solceller i referansetilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| VURDERING AV ENERGI BUDSJETTET                |             |                             |                                       |                                      |  |                           |  |
|---|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------|--|
| TILTAKSBESKRIVELSE                            | TILTAKSKODE |                             | ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT ENERGI [kWh] | PROSENTVIS REDUKSJON I LEVERT ENERGI | TOTAL ENERGI BESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN [kWh] | LEVETID TIL TILTAKET [ÅR] | TOTAL ENERGI BESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN, JUSTERT TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh] |
| INSTALLASJON AV SOLCELLER I REFERANSETILSTAND | A-1         | MED VEDOVN, INKL. BIOENERGI | 9953                                  | 25 %                                 | 237 439  | 25                        | 569 854  |
|   |             | MED VEDOVN, EKS. BIOENERGI  | 9953                                  | 41 %                                 | 237 439  |                           | 569 854  |
|   |             | UTEN VEDOVN                 | 9953                                  | 29 %                                 | 237 439  |                           | 569 854  |

Solceller vil ikke bidra til endring av netto energibehov, men reduserer den leverte energien, som kun er i form av strøm, med en verdi tilsvarende solcellenes strømproduksjon. I Tabell 7 ser man at mulig besparelse i levert strøm oppnås uavhengig av vedovn, og ved justering til 60 års levetid får man litt over 569.000 kWh. Den prosentvise reduksjonen er ulik, og relativt sett størst når man ser på bygg med vedovn fratrukket bioenergi, på maksimalt 41% reduksjon. Den største gjennomsnittlige årlige reduksjonen i levert strøm er på 9.498 kWh/år.

### Tiltakets utslippsanalyse

I Tabell 8 ser man resultater fra beregning av netto utslipp fra tiltaket, der beregningen er basert på summering av 1) *reduksjonen* i utslipp forbundet med den sparte strømmen i løpet av levetiden til tiltaket, og 2) selve produktets utslipp, oppgitt i respektiv EPD, herunder solceller, se Tabell 9.

Tabell 8: Livssyklusanalyse av Tiltak A-1 – Installasjon av solceller i referansetilstand. Utlipp fra Excel. Eget verk.

| <b>LIVSSYKLUSANALYSE - UTSLIPP</b>               |  |                 |  |                         |  |                         |
|--|--|-----------------|--|-------------------------|--|-------------------------|
| TILTAKSBESKRIVELSE                               | TILTAKSKODE  | UTSLIPPSFAKTOR  | MED VEDOVN                               |                         | UTEN VEDOVN                              |                         |
|  |  |                 | NETTO UTSLIPP<br>[Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID<br>[ÅR] | NETTO UTSLIPP<br>[Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID<br>[ÅR] |
| INSTALLASJON AV SOLCELLER I<br>REFERANSETILSTAND | A-1  | 11 g, 20%       | 9062                                     | -                       | 9062                                     | -                       |
|  |  | 11 g, 5%        | 8074                                     | -                       | 8074                                     | -                       |
|  |  | 18 g, KONSTANT  | 5321                                     | -                       | 5321                                     | -                       |
|  |  | 136 g, KONSTANT | -22697                                   | 8                       | -22697                                   | 8                       |
|  | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, **(MED VEDOVN) | **(41 g), 41 g  | -140                                     | 25                      | -140                                     | 25                      |

I Tabell 8 ser man at det er like verdier for tilfellet med og uten vedovn. Tiltaket lønner seg rent miljømessig sett ikke, med mindre man har en utslippsfaktor på minst 41 g CO<sub>2</sub>eq/kWh. Ved utslippsfaktor 136 g CO<sub>2</sub>eq/kWh bidrar tiltaket til å kutte over 22.000 kg CO<sub>2</sub>eq, som gir et gjennomsnittlig årlig utslippskutt på 908 kg CO<sub>2</sub>eq.

Tabell 9: Nøkkeltall for solceller benyttet i livssyklusanalysen.  
Kilder: for EPD se Tabell 2; for produktspesifikasjoner til solcellene: (23)

| <b>SOLCELLER</b>                         |  |                                      |
|--|--|--------------------------------------|
| PRODUKTSPEKIFIKASJONER                   |  |                                      |
| PRODUSENT:                               | REC SOLAR  |                                      |
| PRODUKTNAVN:                             | REC470 AA PURE-RX, 470 Wp  |                                      |
| PRODUKTREFERANSE, URL:                   | <a href="https://www.recgroup.com/en/alpha?parent=81&amp;type=product">https://www.recgroup.com/en/alpha?parent=81&amp;type=product</a>  |                                      |
| EPD-REFERANSE:                           | URL: <a href="https://www.epd-norge.no/epder/bygg/solcellepaneler-og-komponenter/alpha-pure-rx">https://www.epd-norge.no/epder/bygg/solcellepaneler-og-komponenter/alpha-pure-rx</a> |                                      |
|  | FILNAVN: SOLCELLER - NEPD-5362-4671_Alpha-Pure-RX  |                                      |
| FORVENTET LEVETID                        | 25,0   | ÅR                                   |
| MENGDE                                   | 50,0   | m <sup>2</sup>                       |
| GWP PER ENHET (D.U. = 1 m <sup>2</sup> ) | 191,9  | Kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> |
| <b>GWP TOTAL</b>                         | <b>9594,6</b>  | <b>Kg CO<sub>2</sub>eq</b>           |

## 4.3 Tiltak A-2 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe i referansetilstand

### Tiltakets energianalyse

Resultatene fra simulering av installering av luft-vann-varmepumpe i referansetilstand viser endring i oppvarmingsbehovet. Systemvirkningsgraden til varmepumpen er ulik fra direkte el. (strøm) i forbindelse med oppvarming av tappevannet. Dette er trolig grunnen til den endrede verdien på netto energibehov, i tillegg til at pumpene involvert i det vannbårne distribusjonsanlegget trekker noe strøm. Dette resulterer i en økning i netto energibehov på ca. 4.400 kWh/år, som er uavhengig av vedovn. De største endringene er derimot i den leverte energien, der selve varmepumpen trekker over 13.000 kWh/år. Direkte el. reduseres med over 15.000 kWh/år, behovet for vedfyring reduseres med over 5000 kWh/år, som resulterer i en total reduksjon i levert energi på nesten 7.500 kWh/år, der bare 2.200 kWh/år av dette er strøm. For et bygg uten vedovn er den leverte strømmen redusert med over 10.000 kWh/år, en nokså stor differanse. Her ser man et eksempel på at det har mye å si hvorvidt det benyttes vedovn i en bolig eller ei. Når det ikke er vedovn til oppvarming, må varmepumpen jobbe ca. 50% mer, derfor ser man en økning i andelen strøm benyttet til varmepumpesystemet fra 13.000 til nesten 21.000 kWh/år. Endringen i netto energibehov er likt som for tilfellet uten vedovn.

Tabell 10: Vurdering av energibudsjetten for Tiltak A-2 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe i referansetilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| VURDERING AV ENERGIBUDSJETTET                            |             |                             |                                       |                                      |   |                           |   |
|--|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|---|
| TILTAKSBESKRIVELSE                                       | TILTAKSKODE |                             | ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT ENERGI [kWh] | PROSENTVIS REDUKSJON I LEVERT ENERGI | TOTAL ENERGIBESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN [kWh] | LEVETID TIL TILTAKET [ÅR] | TOTAL ENERGIBESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN, JUSTERT TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh] |
| INSTALLASJON AV LUFT-VANN-VARMEPUMPE I REFERANSETILSTAND | A-2         | MED VEDOVN, INKL. BIOENERGI | 7445                                  | 19 %                                 | 148 900   | 20                        | 446 700   |
|  |             | MED VEDOVN, EKS. BIOENERGI  | 2201                                  | 9 %                                  | 44 020  |                           | 132 060   |
|  |             | UTEN VEDOVN                 | 10103                                 | 29 %                                 | 202 060   |                           | 606 180   |

I Tabell 10 ser man at størst mulig besparelse i levert strøm oppnås i bygg uten vedovn, og ved justering til 60 års levetid får man litt over 600.000 kWh reduksjon i levert strøm. Den største gjennomsnittlige årlige reduksjonen i levert strøm er på 10.103 kWh/år.

## Tiltakets utslippsanalyse

Tabell 11: Livssyklusanalyse av Tiltak A-2 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe i referansetilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| <b>LIVSSYKLUSANALYSE - UTSLIPP</b>                       |  |                 |  |                         |  |                         |
|--|--|-----------------|--|-------------------------|--|-------------------------|
| TILTAKSBESKRIVELSE                                       | TILTAKSKODE  | UTSLIPPSFAKTOR  | MED VEDOVN                               |                         | UTEN VEDOVN                              |                         |
|  |  |                 | NETTO UTSLIPP<br>[Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID<br>[ÅR] | NETTO UTSLIPP<br>[Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID<br>[ÅR] |
| INSTALLASJON AV LUFT-VANN-VARMEPUMPE I REFERANSETILSTAND | A-2  | 11 g, 20%       | 180                                      | -                       | -250                                     | 11                      |
|  |  | 11 g, 5%        | -11                                      | 20                      | -1126                                    | 5                       |
|  |  | 18 g, KONSTANT  | -493                                     | 8                       | -3337                                    | 2                       |
|  |  | 136 g, KONSTANT | -5687                                    | 1                       | -27181                                   | 1                       |
|  | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, **(MED VEDOVN) | ** (7 g), 1,5 g | -9                                       | 20                      | -3                                       | 20                      |

I Tabell 11 man at det er ulike verdier for tilfellet med og uten vedovn. I tilfellet uten vedovn har varmepumpen det største bidraget. Man ser at tiltaket lønner seg hovedsakelig i alle tilfeller og at ved 136 g CO<sub>2</sub>eq/kWh kutter tiltaket utslipp med over 27.000 kg CO<sub>2</sub>eq, som gir et gjennomsnittlig årlig utslippskutt på 1359 kg CO<sub>2</sub>eq. For tilfellet med vedovn slår tiltaket betydelig dårligere ut, men det likevel lønnsømt i tilfellene med konstant utslippsfaktor.

Tabell 12: Nøkkeltall for luft-vann-varmepumpe benyttet i livssyklusanalysen.  
Kilder: se Tabell 2. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| <b>LUFT-VANN-VARMEPUMPE</b> |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| PRODUKTSPEKIFIKASJONER      |                             |
| PRODUSENT:                  | UKJENT                      |
| PRODUKTNAVN:                | INGEN, GENERISK VARMEPUMPE  |
| FORVENTET LEVETID           | 20 ÅR                       |
| MENGDE                      | 1 STK                       |
| GWP TOTAL                   | 299,6 Kg CO <sub>2</sub> eq |

## 4.4 Tiltak A-3 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe i referansetilstand

### Tiltakets energianalyse

Resultatene fra simulering av installering av luft-luft-varmepumpe i referansetilstand viser en reduksjon i oppvarmingsbehovet, i tillegg til den leverte energien. Dette forklares ved at postene «vinduslufting» ble fjernet i simuleringen, for å illustrere et endret temperaturreguleringsmønster, da varmepumpen både kan kjøle og varme opp boligen. Kjølingen krever omtrent 1.000 kWh/år, og selv om varmepumpen krever ca. 5.000 kWh/år i strøm, bidrar den til å redusere den leverte energien med litt i underkant av 13.000 kWh/år, der ca. 10.500 kWh/år er strøm. I tilfelle uten vedovn trekker varmepumpen som forventet mer strøm, men den leverte energien, der alt er strøm, reduseres med nesten 18.000 kWh/år.

Tabell 13: Vurdering av energibudsjettet for Tiltak A-3 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe i referansetilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| VURDERING AV ENERGIBUDSJETTET                            |             |                             |                                       |                                      |   |                           |   |
|--|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|---|
| TILTAKSBESKRIVELSE                                       | TILTAKSKODE |                             | ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT ENERGI [kWh] | PROSENTVIS REDUKSJON I LEVERT ENERGI | TOTAL ENERGIBESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN [kWh] | LEVETID TIL TILTAKET [ÅR] | TOTAL ENERGIBESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN, JUSTERT TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh] |
| INSTALLASJON AV LUFT-LUFT-VARMEPUMPE I REFERANSETILSTAND | A-3         | MED VEDOVN, INKL. BIOENERGI | 12939                                 | 33 %                                 | 219 963   | 17                        | 776 340   |
|  |             | MED VEDOVN, EKS. BIOENERGI  | 10566                                 | 44 %                                 | 179 622   |                           | 633 960   |
|  |             | UTEN VEDOVN                 | 17891                                 | 51 %                                 | 304 147   |                           | 1 073 460   |

I Tabell 13 ser man at størst mulig besparelse i levert strøm oppnås i bygg uten vedovn, og ved justering til 60 års levetid får man litt over 1.000.000 kWh reduksjon i levert strøm. Den største gjennomsnittlige årlige reduksjonen i levert strøm er på 17.891 kWh/år.

### Tiltakets utslippsanalyse

Tabell 14: Livssyklusanalyse av Tiltak A-3 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe i referansetilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| LIVSSYKLUSANALYSE - UTSLIPP                              |  |                    |                                       |                      |                                       |                      |
|--|--|--------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| TILTAKSBESKRIVELSE                                       | TILTAKSKODE                                    | UTSLIPPFAKTOR      | MED VEDOVN                            |                      | UTEN VEDOVN                           |                      |
|  |  |                    | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] |
| INSTALLASJON AV LUFT-LUFT-VARMEPUMPE I REFERANSETILSTAND | A-3  | 11 g, 20%          | 1322                                  | -                    | 928                                   | -                    |
|  |  | 11 g, 5%           | 537                                   | -                    | -400                                  | 14                   |
|  |  | 18 g, KONSTANT     | -1343                                 | 10                   | -3585                                 | 6                    |
|  |  | 136 g, KONSTANT    | -22539                                | 2                    | -39474                                | 1                    |
|  | MINSTE KONSTANTE UTSLIPPFAKTOR, **(MED VEDOVN) | ** (10,5 g), 6,2 g | 4                                     | 17                   | 4                                     | 17                   |

I Tabell 14 ser man at det også her er ulike verdier for tilfellet med og uten vedovn. I tilfellet uten vedovn har varmepumpen det største bidraget. Man ser at tiltaket lønner seg i flere tilfeller og at ved 136 g CO<sub>2</sub>eq/kWh kutter tiltaket utslipp med over 39.000 kg CO<sub>2</sub>eq, som gir et gjennomsnittlig årlig utslippskutt på 2322 kg CO<sub>2</sub>eq. For tilfellet med vedovn slår tiltaket noe dårligere ut, men det likevel lønnsømt i tilfellene med konstant utslippsfaktor.



Tabell 15: Nøkkeltall for luft-luft-varmepumpe benyttet i livssyklusanalysen.  
 Kilder: se Tabell 2.  
 Utklipp fra Excel. Eget verk.

| <b>LUFT-LUFT-VARMEPUMPE</b>   |                            |                 |
|-------------------------------|----------------------------|-----------------|
| <b>PRODUKTSPEKIFIKASJONER</b> |                            |                 |
| <b>PRODUSENT:</b>             | <b>UKJENT</b>              |                 |
| <b>PRODUKTNAVN:</b>           | <b>GENERISK VARMEPUMPE</b> |                 |
| <b>SERVICE LIFE</b>           | <b>17</b>                  | <b>ÅR</b>       |
| <b>MENGDE</b>                 | <b>1</b>                   | <b>STK</b>      |
| <b>GWP TOTAL</b>              | <b>1890</b>                | <b>Kg CO2eq</b> |

## 4.5 Tiltak A-4 - Installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller i referansetilstand

### Tiltakets energianalyse

Dette tiltaket er i praksis en kombinasjon av A-2 og A-1. Varmepumpen bidrar til endring i oppvarmingsbehov og solcellene bidrar med lik mengde produsert strøm som ved enkelttiltaket. Man ser et eksempel på et lite samspill mellom solceller og varmepumpe, der andelen av solcellenes produserte strøm som leveres tilbake til nettet øker med 90 kWh/år. Når det kun er varmepumpe installert bruker den ca 3.800 kWh/år mer enn når solcellene kommer i tillegg. Det er med andre ord en differanse mellom dette tiltaket, og summen av tiltakene til solceller og varmepumpe enkeltvis. Man får dermed mer ut av tiltakene gjennom denne kombinasjonen.

Tabell 16: Vurdering av energibudsjetten for Tiltak A-4 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller i referansetilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| VURDERING AV ENERGIBUDSJETTET  |             |                             |                                       |                                      |  |                           |  |
|--|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------|--|
| TILTAKSBEKRIVELSE  | TILTAKSKODE |                             | ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT ENERGI [kWh] | PROSENTVIS REDUKSJON I LEVERT ENERGI | TOTAL ENERGIESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN [kWh] | LEVETID TIL TILTAKET [ÅR] | TOTAL ENERGIESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN, JUSTERT TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh] |
| INSTALLASJON AV SOLCELLER KOMBINERT MED LUFT-VANN-VARMEPUMPE I REFERANSETILSTAND | A-4         | MED VEDOVN, INKL. BIOENERGI | 18492                                 | 47 %                                 | 369 840  | 20                        | 1 109 520  |
|  |             | MED VEDOVN, EKS. BIOENERGI  | 13248                                 | 55 %                                 | 264 960  |                           | 794 880  |
|  |             | UTEN VEDOVN                 | 20056                                 | 58 %                                 | 401 120  |                           | 1 203 360  |

I Tabell 16 ser man at størst mulig besparelse i levert strøm oppnås i bygg uten vedovn, og ved justering til 60 års levetid får man litt over 1.200.000 kWh reduksjon i levert strøm. Den største gjennomsnittlige årlige reduksjonen i levert strøm er på 20.056 kWh/år.

### Tiltakets utslippsanalyse

Tabell 17: Livssyklusanalyse av Tiltak A-4 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller i referansetilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| LIVSSYKLUSANALYSE - UTSLIPP  |  |                 |                                       |                      |                                       |                      |
|--|--|-----------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| TILTAKSBEKRIVELSE  | TILTAKSKODE                                      | UTSLIPPSFAKTOR  | MED VEDOVN                            |                      | UTEN VEDOVN                           |                      |
|  |  |                 | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] |
| INSTALLASJON AV SOLCELLER + LUFT-VANN-VARMEPUMPE I REFERANSETILSTAND | A-4  | 11 g, 20%       | 9186                                  | -                    | 8816                                  | -                    |
|  |  | 11 g, 5%        | 8074                                  | -                    | 7113                                  | -                    |
|  |  | 18 g, KONSTANT  | 5267                                  | -                    | 2816                                  | -                    |
|  |  | 136 g, KONSTANT | -25067                                | 6                    | -43585                                | 4                    |
|  | MINSTE KONSTANTE UTSLIPPSFAKTOR, ***(MED VEDOVN) | **(39 g), 26 g  | -131                                  | 20                   | -330                                  | 20                   |

I Tabell 17 ser man at det er ulike verdier for tilfellet med og uten vedovn. I tilfellet uten vedovn har varmepumpen det største bidraget. Man ser at tiltaket kun lønner seg ved 136 g CO<sub>2</sub>eq/kWh, for både med og uten vedovn, der tiltaket i tilfellet uten vedovn kutter utslipp med

over 45.000 kg CO<sub>2</sub>eq, som gir et gjennomsnittlig årlig utslippskutt på 2179 kg CO<sub>2</sub>eq (basert på minste felles levetid på 20 år).

Tabell 18: Tabellen viser kombinasjon av nøkkeltall fra solceller og luft-vann-varmepumpe.  
Kilder: se Tabell 2.  
Utklipp fra Excel. Eget verk.

| <b>LUFT-VANN-VARMEPUMPE + SOLCELLER</b> |                                   |
|---|-----------------------------------|
| <b>PRODUKTSPEKIFIKASJONER</b>           |                                   |
| FORVENTET LEVETID VARMEPUMPE            | 20,0 ÅR                           |
| FORVENTET LEVETIDSOLCELLER              | 25,0 ÅR                           |
| MINSTE FELLES LEVETID, DIMENSJONERENDE  | 20,0 ÅR                           |
| GWP SOLCELLER                           | 9594,6 Kg CO <sub>2</sub> eq      |
| GWP VARMEPUMPE                          | 299,6 Kg CO <sub>2</sub> eq       |
| <b>GWP TOTALT</b>                       | <b>9894,2 Kg CO<sub>2</sub>eq</b> |

## 4.6 Tiltak A-5 - Installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller i referansetilstand

### Tiltakets energianalyse

Dette tiltaket er i praksis en kombinasjon av A-3 og A-1. Varmepumpen bidrar til endring i oppvarmingsbehov og solcellene bidrar med lik mengde produsert strøm som ved enkelttiltaket. Man ser en svært liten endring i mengde energi levert tilbake til nettet fra solstrømsproduksjonen på 4-5 kWh/år, tilsvarende mengde strøm blir benyttet i varmepumpesystemet. Dette er muligens et bidrag fra solcellene til varmepumpen under kjøling. Reduksjonen i levert energi er lik for dette tiltaket som for summen av enkelttiltakene A-1 og A-3. Dette gjelder for både med og uten vedovn.

Tabell 19: Vurdering av energibudsjettet for Tiltak A-5 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller i referansetilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk

| VURDERING AV ENERGIBUDSJETTET  |             |                             |                                       |                                      |   |                           |   |
|--|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|---|
| TILTAKSBESKRIVELSE   | TILTAKSKODE |                             | ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT ENERGI [kWh] | PROSENTVIS REDUKSJON I LEVERT ENERGI | TOTAL ENERGIBESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN [kWh] | LEVETID TIL TILTAKET [ÅR] | TOTAL ENERGIBESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN, JUSTERT TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh] |
| INSTALLASJON AV SOLCELLER KOMBINERT MED LUFT-LUFT-VARMEPUMPE I REFERANSETILSTAND | A-5         | MED VEDOVN, INKL. BIOENERGI | 22892                                 | 58 %                                 | 389 164   | 17                        | 1 373 520   |
|  |             | MED VEDOVN, EKS. BIOENERGI  | 20519                                 | 85 %                                 | 348 823   |                           | 1 231 140   |
|  |             | UTEN VEDOVN                 | 27844                                 | 80 %                                 | 473 348   |                           | 1 670 640   |

I Tabell 19 ser man at størst mulig besparelse i levert strøm oppnås i bygg uten vedovn, og ved justering til 60 års levetid får man litt over 1.670.000 kWh reduksjon i levert strøm. Den største gjennomsnittlige årlige reduksjonen i levert strøm er på 27.844 kWh/år.

### Tiltakets utslippsanalyse

Tabell 20: Livssyklusanalyse av Tiltak A-5 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller i referansetilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| LIVSSYKLUSANALYSE - UTSLIPP  |             |   |                                       |                      |                                       |                      |
|--|-------------|---|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| TILTAKSBESKRIVELSE   | TILTAKSKODE | UTSLIPPSFAKTOR                                  | MED VEDOVN                            |                      | UTEN VEDOVN                           |                      |
|  |             |   | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] |
| INSTALLASJON AV SOLCELLER KOMBINERT MED LUFT-LUFT-VARMEPUMPE I REFERANSETILSTAND | A-5         | 11 g, 20%                                       | 10394                                 | -                    | 10000                                 | -                    |
|  |             | 11 g, 5%  | 8899                                  | -                    | 7962                                  | -                    |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                  | 5315                                  | -                    | 3074                                  | -                    |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                 | -35129                                | 5                    | -52064                                | 4                    |
|  |             | MINSTE KONSTANTE UTSLIPPSFAKTOR. **(MED VEDOVN) | **(34 g), 25 g                        | -169                 | 17                                    | -197                 |

I Tabell 20 ser man at det er ulike verdier for tilfellet med og uten vedovn. I tilfellet uten vedovn har varmepumpen det største bidraget. Man ser at tiltaket kun lønner seg ved 136 g CO<sub>2</sub>eq/kWh, for både med og uten vedovn, der tiltaket i tilfellet uten vedovn kutter utslipp med over 52.000 kg CO<sub>2</sub>eq, som gir et gjennomsnittlig årlig utslippskutt på 3063 kg CO<sub>2</sub>eq (basert på minste felles levetid på 17 år).

Tabell 21: Tabellen viser kombinasjon av nøkkeltall fra solceller og luft-luft-varmepumpe. Kilder: se Tabell 2.  
Utklipp fra Excel. Eget verk

| <b>LUFT-LUFT-VARMEPUMPE +<br/>SOLCELLER</b> |                 |                 |
|---|-----------------|-----------------|
| <b>PRODUKTSPEKIFIKASJONER</b>               |                 |                 |
| <b>FORVENTET LEVETID VARMEPUMPE</b>         | <b>17</b>       | <b>ÅR</b>       |
| <b>FORVENTET LEVETID SOLCELLER</b>          | <b>25</b>       | <b>ÅR</b>       |
| <b>FELLES FORVENTEDE LEVETID</b>            | <b>17</b>       | <b>ÅR</b>       |
| <b>GWP SOLCELLER</b>                        | <b>9594,55</b>  | <b>Kg CO2eq</b> |
| <b>GWP VARMEPUMPE</b>                       | <b>1890</b>     | <b>Kg CO2eq</b> |
| <b>GWP TOTALT</b>                           | <b>11484,55</b> | <b>Kg CO2eq</b> |

## 4.7 Tiltak B-1 – Isolering av yttervegger

### Tiltakets energianalyse

Resultatene fra simulering av isolering av yttervegger viser en moderat reduksjon i oppvarmingsbehovet, på ca. 4.900 kWh/år, den leverte energien reduseres med ca. 6.200 kWh/år, der ca. 3.200 kWh/år er direkte el, for tilfellet med vedovn. For tilfelle uten vedovn er reduksjonen i levert strøm større, på ca. 5.200 kWh/år.

Tabell 22: Vurdering av energibudsjettet for Tiltak B-1 – Isolering av yttervegger. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| VURDERING AV ENERGIBUDSJETTET |             |                             |                                       |                                      |   |                           |   |
|-------------------------------|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|---|
| TILTAKSBESKRIVELSE            | TILTAKSKODE |                             | ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT ENERGI [kWh] | PROSENTVIS REDUKSJON I LEVERT ENERGI | TOTAL ENERGIBESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN [kWh] | LEVETID TIL TILTAKET [ÅR] | TOTAL ENERGIBESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN, JUSTERT TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh] |
| ISOLERING AV YTTERVEGG        | B-1         | MED VEDOVN, INKL. BIOENERGI | 6251                                  | 16%                                  | 312 550   | 50                        | 375 060   |
|                               |             | MED VEDOVN, EKS. BIOENERGI  | 3192                                  | 13%                                  | 159 600   |                           | 191 520   |
|                               |             | UTEN VEDOVN                 | 5320                                  | 15%                                  | 266 000   |                           | 319 200   |

I Tabell 22 ser man at størst mulig besparelse i levert strøm oppnås i bygg uten vedovn, og ved justering til 60 års levetid får man ca. 320.000 kWh reduksjon i levert strøm. Derimot er den største totale besparelsen i energi i tilfellet med vedovn, der besparelsen er 375.000 kWh. Den største gjennomsnittlige årlige reduksjonen i levert strøm er på 5.320 kWh/år.

### Tiltakets utslippsanalyse

Tabell 23: Livssyklusanalyse av Tiltak B-1 – Isolering av yttervegger. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| LIVSSYKLUSANALYSE - UTSLIPP |  |                 |                                       |                      |                                       |                      |
|-----------------------------|--|-----------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| TILTAKSBESKRIVELSE          | TILTAKSKODE                                      | UTSLIPPSFAKTOR  | MED VEDOVN                            |                      | UTEN VEDOVN                           |                      |
|                             |  |                 | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] |
| ISOLERING AV YTTERVEGG      | B-1  | 11 g, 20%       | 5891                                  | -                    | 5774                                  | -                    |
|                             |  | 11 g, 5%        | 5418                                  | -                    | 4986                                  | -                    |
|                             |  | 18 g, KONSTANT  | 3193                                  | -                    | 1278                                  | -                    |
|                             |  | 136 g, KONSTANT | -15639                                | 14                   | -30110                                | 9                    |
|                             | MINSTE KONSTANTE UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (38 g), 23 g | 1                                     | 50                   | -52                                   | 50                   |

I Tabell 23 ser man at det er ulike verdier for tilfellet med og uten vedovn. I tilfellet uten vedovn har tiltaket det største bidraget. Man ser at tiltaket kun lønner seg ved 136 g CO<sub>2</sub>eq/kWh, for både med og uten vedovn, der tiltaket i tilfellet uten vedovn kutter utslipp med over 30.000 kg CO<sub>2</sub>eq, som gir et gjennomsnittlig årlig utslippskutt på 602 kg CO<sub>2</sub>eq.

Tabell 24: Nøkkeltall for Tiltak B-1 – Isolering av yttervegger.

Kilder: se Tabell 2.

Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ISOLERING AV YTTERVEGG                  |         |                |               |           |   |
|---|---------|----------------|---------------|-----------|---|
| PRODUKT/MATERIALE                       | MENGDEN | GWP TOTAL      | GWP PER ENHET | LEVETID   | KOMMENTAR   |
|   |         | [kg CO2eq]     | [kg CO2eq]    | ÅR        |   |
| GIPSVEGG [m2]                           | 98      | 242,45         | 2,47          | 60        |   |
| DAMPSPERRE [m2]                         | 98      | 35,10          | 0,36          | 50        |   |
| ISOLASJON, 150 mm (mellom stender) [m2] | 86      | 254,75         | 2,96          | 60        |   |
| ISOLASJON 200 mm (utenpå stender) [m2]  | 98      | 665,27         | 6,79          | 60        |   |
| SPONPLATE, 22 mm [m3]                   | 2,2     | 721,54         | 327,97        | 60        |   |
| VINDTETTING [m2]                        | 100     | 52,58          | 0,53          | 60        |   |
| KLEDNING [m2]                           | 100     | 567,91         | 5,68          | 60        |   |
| MALING [Kg] (behov 19 liter = 15 kg)    | 15      | 200,40         | 2,67          | 10        | DET ANTAS AT NY MALING PÅFØRES HVERT 10. ÅR I 50 ÅR |
| XPS, 200 mm [m2]                        | 91      | 3117,74        | 34,26         | 60        |   |
| GRUNNMURSPLAST [m2]                     | 91      | 208,44         | 2,29          | 50        |   |
| <b>SUM YTTERVEGG</b>                    |         | <b>6066,19</b> |               | <b>50</b> | <b>FELLES LEVETID ER SATT TIL 50 ÅR</b>             |

## 4.8 Tiltak B-2 – Isolering av gulv mot grunn

### Tiltakets energianalyse

Resultatene fra simulering av isolering av gulv mot grunn viser en moderat reduksjon i oppvarmingsbehovet, på ca. 1.800 kWh/år, den leverte energien reduseres med ca. 2.300 kWh/år, der ca. 1.200 kWh/år er direkte el, for tilfellet med vedovn. For tilfelle uten vedovn er reduksjonen i levert strøm større, på ca. 2.000 kWh/år.

Tabell 25: Vurdering av energibudsjettet for Tiltak B-2 – Isolering av gulv mot grunn. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| VURDERING AV ENERGI BUDSJETTET |             |                             |                                       |                                      |  |                           |  |
|--------------------------------|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------|--|
| TILTAKSBESKRIVELSE             | TILTAKSKODE |                             | ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT ENERGI [kWh] | PROSENTVIS REDUKSJON I LEVERT ENERGI | TOTAL ENERGI BESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN [kWh] | LEVETID TIL TILTAKET [ÅR] | TOTAL ENERGI BESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN, JUSTERT TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh] |
| ISOLERING AV GULV MOT GRUNN    | B-2         | MED VEDOVN, INKL. BIOENERGI | 2307                                  | 6 %                                  | 115 350  | 50                        | 138 420  |
|                                |             | MED VEDOVN, EKS. BIOENERGI  | 1178                                  | 5 %                                  | 58 900   |                           | 70 680   |
|                                |             | UTEN VEDOVN                 | 1962                                  | 6 %                                  | 98 100   |                           | 117 720  |

I Tabell 25 ser man at størst mulig besparelse i levert strøm oppnås i bygg uten vedovn, og ved justering til 60 års levetid får man ca. 117.000 kWh reduksjon i levert strøm. Derimot er den største totale besparelsen i energi i tilfellet med vedovn, der besparelsen er 138.000 kWh. Den største gjennomsnittlige årlige reduksjonen i levert strøm er på 1.962 kWh/år.

### Tiltakets utslippsanalyse

Tabell 26: Livssyklusanalyse av Tiltak B-2 – Isolering av gulv mot grunn. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| LIVSSYKLUSANALYSE - UTSLIPP |             |   |                                       |                      |                                       |                      |
|-----------------------------|-------------|---|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| TILTAKSBESKRIVELSE          | TILTAKSKODE | UTSLIPPSFAKTOR                                  | MED VEDOVN                            |                      | UTEN VEDOVN                           |                      |
|                             |             |   | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] |
| ISOLERING AV GULV MOT GRUNN | B-2         | 11 g, 20%                                       | 7137                                  | -                    | 7094                                  | -                    |
|                             |             | 11 g, 5%  | 6963                                  | -                    | 6804                                  | -                    |
|                             |             | 18 g, KONSTANT                                  | 6142                                  | -                    | 5436                                  | -                    |
|                             |             | 136 g, KONSTANT                                 | -808                                  | 45                   | -6140                                 | 27                   |
|                             |             | MINSTE KONSTANTE UTSLIPPSFAKTOR, **(MED VEDOVN) | **(123 g), 74 g                       | -43                  | 50                                    | -57                  |

I Tabell 26 ser man at det er ulike verdier for tilfellet med og uten vedovn. I tilfellet uten vedovn har tiltaket det største bidraget. Man ser at tiltaket kun lønner seg ved 136 g CO<sub>2</sub>eq/kWh, for både med og uten vedon, der tiltaket i tilfellet uten vedovn kutter utslipp med over 6.100 kg CO<sub>2</sub>eq, som gir et gjennomsnittlig årlig utslippskutt på 123 kg CO<sub>2</sub>eq.



Tabell 27: Nøkkeltall for Tiltak B-2 – Isolering av gulv mot grunn.  
 Kilder: se Tabell 2.  
 Utklipp fra Excel. Eget virke.

| <b>ISOLERING AV GULV MOT GRUNN</b>      |         |                         |                         |           |   |
|---|---------|-------------------------|-------------------------|-----------|---|
| PRODUKTER/MATERIALER                    | MENGDEN | GWP TOTAL               | GWP PER ENHET           | LEVETID   | KOMMENTAR                               |
|   |         | [kg CO <sub>2</sub> eq] | [kg CO <sub>2</sub> eq] | ÅR        |   |
| EPS 80, 200 mm [m <sup>2</sup> ]        | 81      | 1481,09                 | 18,29                   | 60        |   |
| RADONSPERRE [m <sup>2</sup> ]           | 81      | 179,85                  | 2,22                    | 60        |   |
| SPONPLATE, 22 mm [m <sup>3</sup> ]      | 3,56    | 1168,89                 | 327,97                  | 60        |   |
| PARKETT, 14 mm [m <sup>2</sup> ]        | 162     | 4014,57                 | 24,78                   | 50        |   |
| GULVVARMERØR, 16X2 mm [kg], grovestimat | 60      | 357,65                  | 5,96                    | 50        |   |
| <b>SUM GULV MOT GRUNN</b>               |         | <b>7202,05</b>          |                         | <b>50</b> | <b>FELLES LEVETID ER SATT TIL 50 ÅR</b> |

## 4.9 Tiltak B-3 – Isolering av tak og kaldloft

### Tiltakets energianalyse

Resultatene fra simulering av isolering av tak og kaldloft viser en moderat reduksjon i oppvarmingsbehovet, på ca. 2.000 kWh/år. Den leverte energien reduseres med ca. 2.500 kWh/år, der ca. 1.300 kWh/år er direkte el, for tilfellet med vedovn. For tilfelle uten vedovn er reduksjonen i levert strøm større, på ca. 2.200 kWh/år.

Tabell 28: Vurdering av energibudsjettet for Tiltak B-3 – Isolering av tak og kaldloft. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| VURDERING AV ENERGI BUDSJETTET |             |                             |                                       |                                      |  |                           |  |
|--------------------------------|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------|--|
| TILTAKSBESKRIVELSE             | TILTAKSKODE |                             | ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT ENERGI [kWh] | PROSENTVIS REDUKSJON I LEVERT ENERGI | TOTAL ENERGI BESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN [kWh] | LEVETID TIL TILTAKET [ÅR] | TOTAL ENERGI BESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN, JUSTERT TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh] |
| ISOLERING AV TAK/KALDLOFT      | B-3         | MED VEDOVN, INKL. BIOENERGI | 2579                                  | 7 %                                  | 128 950  | 50                        | 154 740  |
|                                |             | MED VEDOVN, EKS. BIOENERGI  | 1317                                  | 5 %                                  | 65 850   |                           | 79 020   |
|                                |             | UTEN VEDOVN                 | 2194                                  | 6 %                                  | 109 700  |                           | 131 640  |

I Tabell 28 ser man at størst mulig besparelse i levert strøm oppnås i bygg uten vedovn, og ved justering til 60 års levetid får man ca. 131.000 kWh reduksjon i levert strøm. Derimot er den største totale besparelsen i energi i tilfellet med vedovn, der besparelsen er 154.000 kWh. Den største gjennomsnittlige årlige reduksjonen i levert strøm er på 2.194 kWh/år.

### Tiltakets utslippsanalyse

Tabell 29: Livssyklusanalyse av Tiltak B-3 – Isolering av tak og kaldloft. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| LIVSSYKLUSANALYSE - UTSLIPP |   |                 |                                       |                      |                                       |                      |
|-----------------------------|---|-----------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| TILTAKSBESKRIVELSE          | TILTAKSKODE                                     | UTSLIPPSFAKTOR  | MED VEDOVN                            |                      | UTEN VEDOVN                           |                      |
|                             |   |                 | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] |
| ISOLERING AV TAK/KALDLOFT   | B-3   | 11 g, 20%       | 2307                                  | -                    | 2259                                  | -                    |
|                             |   | 11 g, 5%        | 2112                                  | -                    | 1934                                  | -                    |
|                             |   | 18 g, KONSTANT  | 1194                                  | -                    | 405                                   | -                    |
|                             |   | 136 g, KONSTANT | -6576                                 | 14                   | -12539                                | 8                    |
|                             | MINSTE KONSTANTE UTSLIPPSFAKTOR, **(MED VEDOVN) | ** (37 g), 22 g | -57                                   | 49                   | -34                                   | 50                   |

I Tabell 29 ser man at det er ulike verdier for tilfellet med og uten vedovn. I tilfellet uten vedovn har tiltaket det største bidraget. Man ser at tiltaket kun lønner seg ved 136 g CO<sub>2</sub>eq/kWh, for både med og uten vedovn, der tiltaket i tilfellet uten vedovn kutter utslipp med over 12.000 kg CO<sub>2</sub>eq, som gir et gjennomsnittlig årlig utslippskutt på 251 kg CO<sub>2</sub>eq.

Tabell 30: Nøkkeltall for Tiltak B-3 – Isolering av tak og kaldloft.  
Kilder: se Tabell 2. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| <b>ISOLERING AV TAK OG KALDLOFT</b>        |        |            |               |         |                                  |
|--|--------|------------|---------------|---------|----------------------------------|
|  | MENGDE | GWP TOTAL  | GWP PER ENHET | LEVETID | KOMMENTAR                        |
|  |        | [kg CO2eq] | [kg CO2eq]    | ÅR      |                                  |
| GIPS(HIMLING), 2X12,5 mm [m2]              | 162,00 | 400,79     | 2,47          | 60      |                                  |
| DAMPSPERRE [m2]                            | 81,00  | 29,01      | 0,36          | 50      |                                  |
| ISOLASJON, 150 mm (MELLOM TAKSPERRER) [m2] | 176,00 | 521,35     | 2,96          | 60      |                                  |
| ISOLASJON, 150 mm (MELLOM UNDERGURT) [m2]  | 72,00  | 213,28     | 2,96          | 60      |                                  |
| K-VIRKE, 48X148 mm [m3]                    | 1,40   | -2,96      | -2,12         | 60      |                                  |
| VINDSPERRE [m2]                            | 112,00 | 58,89      | 0,53          | 60      |                                  |
| TAKTRO, SPONPLATER [m3]                    | 2,46   | 808,12     | 327,97        | 60      |                                  |
| ASFALTBELEGG [m2]                          | 112,00 | 351,23     | 3,14          | 60      |                                  |
| SUM TAK OG KALDLOFT                        |        | 2379,71    |               | 50      | FELLES LEVETID ER SATT TIL 50 ÅR |

## 4.10 Tiltak B-4 – Utskiftning av vinduer og dører

### Tiltakets energianalyse

Resultatene fra simulering av utskiftning av vinduer og dører viser en moderat reduksjon i oppvarmingsbehovet, på ca. 4.600 kWh/år, den leverte energien reduseres med ca. 5.900 kWh/år, der ca. 3.000 kWh/år er direkte el, for tilfellet med vedovn. For tilfelle uten vedovn er reduksjonen i levert strøm større, på ca. 5.000 kWh/år.

Tabell 31: Vurdering av energibudsjettet for Tiltak B-4 – Utskiftning av vinduer og dører. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| VURDERING AV ENERGI BUDSJETTET |             |                             |                                       |                                      |  |                           |  |
|--------------------------------|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------|--|
| TILTAKSBESKRIVELSE             | TILTAKSKODE |                             | ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT ENERGI [kWh] | PROSENTVIS REDUKSJON I LEVERT ENERGI | TOTAL ENERGI BESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN [kWh] | LEVETID TIL TILTAKET [ÅR] | TOTAL ENERGI BESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN, JUSTERT TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh] |
| BYTTE AV VINDUER OG DØRER      | B-4         | MED VEDOVN, INKL. BIOENERGI | 5885                                  | 15 %                                 | 353 100  | 60                        | 353 100  |
|                                |             | MED VEDOVN, EKS. BIOENERGI  | 3005                                  | 13 %                                 | 180 300  |                           | 180 300  |
|                                |             | UTEN VEDOVN                 | 5008                                  | 14 %                                 | 300 480  |                           | 300 480  |

I Tabell 31 ser man at størst mulig besparelse i levert strøm oppnås i bygg uten vedovn, på ca. 300.000 kWh reduksjon i levert strøm. Derimot er den største totale besparelsen i energi i tilfellet med vedovn, der besparelsen er 353.000 kWh. Den største gjennomsnittlige årlige reduksjonen i levert strøm er på 5.008 kWh/år.

### Tiltakets utslippsanalyse

Tabell 32: Livssyklusanalyse av Tiltak B-4 – Utskiftning av vinduer og dører. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| LIVSSYKLUSANALYSE - UTSLIPP |  |                 |                                       |                      |                                       |                      |
|-----------------------------|--|-----------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| TILTAKSBESKRIVELSE          | TILTAKSKODE                                      | UTSLIPPSFAKTOR  | MED VEDOVN                            |                      | UTEN VEDOVN                           |                      |
|                             |  |                 | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] |
| BYTTE AV VINDUER OG DØRER   | B-4  | 11 g, 20%       | 2422                                  | -                    | 2312                                  | -                    |
|                             |  | 11 g, 5%        | 1957                                  | -                    | 1536                                  | -                    |
|                             |  | 18 g, KONSTANT  | -658                                  | 48                   | -2821                                 | 29                   |
|                             |  | 136 g, KONSTANT | -21934                                | 17                   | -38278                                | 4                    |
|                             | MINSTE KONSTANTE UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (15 g), 9 g  | -117                                  | 58                   | -117                                  | 58                   |

I Tabell 32 ser man at det er ulike verdier for tilfellet med og uten vedovn. I tilfellet uten vedovn har tiltaket det største bidraget. Man ser at tiltaket kun lønner seg ved 18 og 136 g CO<sub>2</sub>eq/kWh, for både med og uten vedon, der tiltaket i tilfellet uten vedovn kutter utslipp med over 38.000 kg CO<sub>2</sub>eq, som gir et gjennomsnittlig årlig utslippskutt på 638 kg CO<sub>2</sub>eq.

Tabell 33: Nøkkeltall for Tiltak B-4 – Utskiftning av vinduer og dører.  
Kilder: se Tabell 2. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| UTSKIFTING AV VINDUER OG DØRER |        |            |               |         |   |
|--------------------------------|--------|------------|---------------|---------|---|
|                                | MENGDE | GWP TOTAL  | GWP PER ENHET | LEVETID | KOMMENTAR   |
|                                |        | [kg CO2eq] | [kg CO2eq]    |         |   |
| YTTERDØR                       | 1      | 475,6      | 237,8         | 30      | ANTAR UTBYTTE AV DØR 1 GANG. ytterdør fra NorDan, modell "835 Vega", mål 1,23m x 2,18 m |
| VINDUER                        | 9      | 1564,0     | 173,8         | 60      | fastkarmvindu fra gijje, mål 1,23m x 1,48m  |
| BALKONGDØRER                   | 2      | 547,6      | 273,8         | 60      | balkongdør fra NorDan, modell "ND Patio door", mål 3 m x 2,18 m                         |
| SUM VINDUER OG DØRER           |        | 2587,2     |               |         | FELLES LEVETID ER SATT TIL 60 ÅR  |

## 4.11 Tiltak B-5 – Installasjon av balansert ventilasjon

### Tiltakets energianalyse

Resultatene fra simulering av installasjon av balansert ventilasjon viser en moderat reduksjon i oppvarmingsbehovet, på ca. 5.000 kWh/år, den leverte energien reduseres med ca. 6.900 kWh/år, der ca. 2.600 kWh/år er direkte el, for tilfellet med vedovn. For tilfelle uten vedovn er reduksjonen levert strøm større, på ca. 5.600 kWh/år.

Tabell 34: Vurdering av energibudsjettet for Tiltak B-5 – Installasjon av balansert ventilasjon. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| VURDERING AV ENERGI BUDSJETTET        |             |                             |                                       |                                      |  |                           |  |
|---------------------------------------|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------|--|
| TILTAKSBESKRIVELSE                    | TILTAKSKODE |                             | ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT ENERGI [kWh] | PROSENTVIS REDUKSJON I LEVERT ENERGI | TOTAL ENERGI BESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN [kWh] | LEVETID TIL TILTAKET [ÅR] | TOTAL ENERGI BESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN, JUSTERT TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh] |
| INSTALLASJON AV BALANSERT VENTILASJON | B-5         | MED VEDOVN, INKL. BIOENERGI | 6885                                  | 17%                                  | 172 125  | 25                        | 413 100  |
|                                       |             | MED VEDOVN, EKS. BIOENERGI  | 2615                                  | 11%                                  | 65 375   |                           | 156 900  |
|                                       |             | UTEN VEDOVN                 | 5585                                  | 16%                                  | 139 625  |                           | 335 100  |

I Tabell 34 ser man at størst mulig besparelse i levert strøm oppnås i bygg uten vedovn, på ca. 335.000 kWh reduksjon i levert strøm. Derimot er den største totale besparelsen i energi i tilfellet med vedovn, der besparelsen er 413.000 kWh. Den største gjennomsnittlige årlige reduksjonen i levert strøm er på 5.585 kWh/år.

### Tiltakets utslippsanalyse

Tabell 35: Livssyklusanalyse av Tiltak B-5 – Installasjon av balansert ventilasjon. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| LIVSSYKLUSANALYSE - UTSLIPP           |  |                 |                                       |                      |                                       |                      |
|---------------------------------------|--|-----------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| TILTAKSBESKRIVELSE                    | TILTAKSKODE                                    | UTSLIPPFAKTOR   | MED VEDOVN                            |                      | UTEN VEDOVN                           |                      |
|                                       |  |                 | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] |
| INSTALLASJON AV BALANSERT VENTILASJON | B-5  | 11 g, 20%       | 1948                                  | -                    | 1785                                  | -                    |
|                                       |  | 11 g, 5%        | 1676                                  | -                    | 1204                                  | -                    |
|                                       |  | 18 g, KONSTANT  | 915                                   | -                    | -422                                  | 21                   |
|                                       |  | 136 g, KONSTANT | -6800                                 | 6                    | -16898                                | 3                    |
|                                       | MINSTE KONSTANTE UTSLIPPFAKTOR, **(MED VEDOVN) | ** (32 g), 15 g | -1                                    | 25                   | -3                                    | 25                   |

I Tabell 35 ser man at det er ulike verdier for tilfellet med og uten vedovn. I tilfellet uten vedovn har tiltaket det største bidraget. Man ser at tiltaket kun lønner seg ved 136 g CO<sub>2</sub>eq/kWh, for både med og uten vedovn, men også ved 18 g CO<sub>2</sub>eq/kWh for tilfellet uten vedovn. På det meste kutter tiltaket utslipp med over 16.000 kg CO<sub>2</sub>eq, som gir et gjennomsnittlig årlig utslippskutt på 676 kg CO<sub>2</sub>eq.

Tabell 36: Nøkkeltall for Tiltak B-5 – Installasjon av balansert ventilasjon.  
Kilder: se Tabell 2. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| BALANSERT VENTILASJON               |         |                         |                         |         |  |
|-------------------------------------|---------|-------------------------|-------------------------|---------|--|
| PRODUKT/MATERIALE                   | MENGDEN | GWP TOTAL               | GWP PER ENHET           | LEVETID | KOMMENTAR                              |
|                                     |         | [kg CO <sub>2</sub> eq] | [kg CO <sub>2</sub> eq] |         |  |
| AGGREGAT [STK]                      | 1       | 606,2                   | 606,2                   | 25      |  |
| RØR [m]                             | 80      | 158,3                   | 2,0                     | 50      | GROVESTIMAT AV LENGDEBEHOV             |
| VINDTETTING [m <sup>2</sup> ]       | 100     | 52,6                    | 0,5                     | 60      |  |
| KLEDNING [m <sup>2</sup> ]          | 100     | 567,9                   | 5,7                     | 60      |  |
| MALING [Kg] (behov 19 liter, 15 kg) | 15      | 100,2                   | 2,7                     | 10      |  |
| <b>SUM VENTILASJON</b>              |         | <b>1485,2</b>           |                         |         | <b>FELLES LEVETID SETTES LIK 25 ÅR</b> |

## 4.12 Tiltak C-0 – Innføring av samtlige tiltak i kategori B (total energirehabilitering)

### Tiltakets energianalyse

Resultatene fra simulering av samtlige tiltak i kategori B, som tilsvarer total energirehabilitering, viser en betydelig reduksjon i oppvarmingsbehovet, på ca. 17.300 kWh/år, den leverte energien reduseres med ca. 22.700 kWh/år, der ca. 10.500 kWh/år er direkte el, for tilfellet med vedovn. For tilfelle uten vedovn er reduksjonen i levert strøm større, på ca. 19.000 kWh/år.

Tabell 37: Vurdering av energibudsjettet for Tiltak C-0 – Innføring av samtlige tiltak i kategori B, tilsvarende total energirehabilitering. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| VURDERING AV ENERGIBUDSJETTET |             |                             |                                       |                                      |  |                           |  |
|-------------------------------|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------|--|
| TILTAKSBEKRIVELSE             | TILTAKSKODE |                             | ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT ENERGI [kWh] | PROSENTVIS REDUKSJON I LEVERT ENERGI | TOTAL ENERGI BESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN [kWh] | LEVETID TIL TILTAKET [ÅR] | TOTAL ENERGI BESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN, JUSTERT TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh] |
| SAMTLIGE TILTAK I KATEGORI B  | C-0         | MED VEDOVN, INKL. BIOENERGI | 22693                                 | 58 %                                 | 1 134 650  | 50                        | 1 361 580  |
|                               |             | MED VEDOVN, EKS. BIOENERGI  | 10483                                 | 44 %                                 | 524 150  |                           | 628 980  |
|                               |             | UTEN VEDOVN                 | 18976                                 | 55 %                                 | 948 800  |                           | 1 138 560  |

I Tabell 37 ser man at størst mulig besparelse i levert strøm oppnås i bygg uten vedovn, på ca. 1.138.000 kWh reduksjon i levert strøm. Derimot er den største totale besparelsen i energi i tilfellet med vedovn, der besparelsen er 1.361.000 kWh. Den største gjennomsnittlige årlige reduksjonen i levert strøm er på 18.976 kWh/år.

### Tiltakets utslippsanalyse

Tabell 38: Livssyklusanalyse av Tiltak C-0 – Innføring av samtlige tiltak i kategori B, tilsvarende total energirehabilitering. Utklipp fra Excel, eget verk.

| LIVSSYKLUSANALYSE - UTSLIPP  |   |                 |                                       |                      |                                       |                      |
|------------------------------|---|-----------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| TILTAKSBEKRIVELSE            | TILTAKSKODE                                     | UTSLIPPSFAKTOR  | MED VEDOVN                            |                      | UTEN VEDOVN                           |                      |
|                              |   |                 | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] |
| SAMTLIGE TILTAK I KATEGORI B | C-0   | 11 g, 20%       | 19029                                 | -                    | 18562                                 | -                    |
|                              |   | 11 g, 5%        | 17477                                 | -                    | 15752                                 | -                    |
|                              |   | 18 g, KONSTANT  | 10171                                 | -                    | 2528                                  | -                    |
|                              |   | 136 g, KONSTANT | -51678                                | 14                   | -109431                               | 8                    |
|                              | MINSTE KONSTANTE UTSLIPPSFAKTOR, **(MED VEDOVN) | **{(38 g), 21 g | -312                                  | 50                   | -319                                  | 50                   |

I Tabell 38 ser man at det er ulike verdier for tilfellet med og uten vedovn. I tilfellet uten vedovn har tiltaket det største bidraget. Man ser at tiltaket kun lønner seg ved 136 g CO<sub>2</sub>eq/kWh, for både med og uten vedovn. På det meste kutter tiltaket utslipp med over 109.000 kg CO<sub>2</sub>eq, som gir et gjennomsnittlig årlig utslippskutt på 2189 kg CO<sub>2</sub>eq (basert på minste felles levetid på 50 år).



Tabell 39: Nøkkeltall for Tiltak C-0 – Innføring av samtlige tiltak i Kategori B, tilsvarende total energirehabilitering.  
Kilder: se Tabell 2. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| SAMTLIGE TILTAK I KATEGORI B (TOTAL ENERGIREHABILITERING) |        |                         |                             |               |   |
|---|--------|-------------------------|-----------------------------|---------------|---|
| PRODUKT/MATERIALE   | MENGD  | GWP TOTAL<br>[kg CO2eq] | GWP PER ENHET<br>[kg CO2eq] | LEVETID<br>ÅR | KOMMENTAR   |
| <b>YTTERVEGG</b>  |        |                         |                             |               |   |
| GIPSVEGG [m2]   | 98     | 242,45                  | 2,47                        | 60            |   |
| DAMPSPERRE [m2]   | 98     | 35,10                   | 0,36                        | 50            |   |
| ISOLASJON, 150 mm (mellom stender) [m2]                   | 86     | 254,75                  | 2,96                        | 60            |   |
| ISOLASJON 200 mm (utenpå stender) [m2]                    | 98     | 665,27                  | 6,79                        | 60            |   |
| SPONPLATE, 22 mm [m3]                                     | 2,2    | 721,54                  | 327,97                      | 60            |   |
| VINDTETTING [m2]  | 100    | 52,58                   | 0,53                        | 60            |   |
| KLEDNING [m2]   | 100    | 567,91                  | 5,68                        | 60            |   |
| MALING [Kg] (behov 19 liter = 15 kg)                      | 15     | 200,40                  | 2,67                        | 10            | DET ANTAS AT NY MALING PÅFØRES HVERT 10. ÅR I 50 ÅR, GWP TOTALER MULTIPLISERT MED 5     |
| XPS, 200 mm [m2]  | 91     | 3117,74                 | 34,26                       | 60            |   |
| GRUNNMURSPLAST [m2]                                       | 91     | 208,44                  | 2,29                        | 50            |   |
| <b>SUM YTTERVEGG</b>                                      |        | <b>6066,19</b>          |                             | <b>50</b>     | <b>FELLES LEVETID ER SATT TIL 50 ÅR</b>   |
| <b>GULV MOT GRUNN</b>                                     |        |                         |                             |               |   |
| EPS 80, 200 mm [m2]                                       | 81     | 1481,09                 | 18,29                       | 60            |   |
| RADONSPERRE [m2]  | 81     | 179,85                  | 2,22                        | 60            |   |
| SPONPLATE, 22 mm [m3]                                     | 3,56   | 1168,89                 | 327,97                      | 60            |   |
| PARKEIT, 14 mm [m2]                                       | 162    | 4014,57                 | 24,78                       | 50            |   |
| GULVVARMERØR, 16x2 mm [kg], grovestimat                   | 60     | 357,65                  | 5,96                        | 50            |   |
| <b>SUM GULV MOT GRUNN</b>                                 |        | <b>7202,05</b>          |                             | <b>50</b>     | <b>FELLES LEVETID ER SATT TIL 50 ÅR</b>   |
| <b>TAK/KALDLOFT</b>                                       |        |                         |                             |               |   |
| GIPS(HIHLING), 2X12,5 mm [m2]                             | 162,00 | 400,79                  | 2,47                        | 60            |   |
| DAMPSPERRE [m2]   | 81,00  | 29,01                   | 0,36                        | 50            |   |
| ISOLASJON, 150 mm (MELLOM TAKSPERRER) [m2]                | 176,00 | 521,35                  | 2,96                        | 60            |   |
| ISOLASJON, 150 mm (MELLOM UNDERGURT) [m2]                 | 72,00  | 213,28                  | 2,96                        | 60            |   |
| K-VIRKE, 48x148 mm [m3]                                   | 1,40   | -2,96                   | -2,12                       | 60            |   |
| VINDSPERRE [m2]   | 112,00 | 58,89                   | 0,53                        | 60            |   |
| TAKTRO, SPONPLATER [m3]                                   | 2,46   | 808,12                  | 327,97                      | 60            |   |
| ASFALTBELEGG [m2]   | 112,00 | 351,23                  | 3,14                        | 60            |   |
| <b>SUM TAK OG KALDLOFT</b>                                |        | <b>2379,71</b>          |                             | <b>50</b>     | <b>FELLES LEVETID ER SATT TIL 50 ÅR</b>   |
| <b>VINDUER OG DØRER</b>                                   |        |                         |                             |               |   |
| YTTERDØR  | 1      | 475,6                   | 237,8                       | 30            | ANTAR UTBYTTE AV DØR 1 GANG, ytterdør fra NorDan, modell "835 Vega", mål 1,23m x 2,18 m |
| VINDUER   | 9      | 1564,0                  | 173,8                       | 60            | fastkarmvindu fra gille, mål 1,23m x 1,48m  |
| BALKONGDØRER  | 2      | 547,6                   | 273,8                       | 60            | balkongdør fra NorDan, modell "ND Patio door", mål 3 m x 2,18 m                         |
| <b>SUM VINDUER OG DØRER</b>                               |        | <b>2587,2</b>           |                             |               | <b>FELLES LEVETID ER SATT TIL 60 ÅR</b>   |
| <b>BALANSERT VENTILASJON</b>                              |        |                         |                             |               |   |
| AGGREGAT [STK]  | 1      | 1212,4                  | 606,2                       | 25            | AGGREGATET ERSTATTES 1 GANG   |
| RØR [m]   | 80     | 158,3                   | 2,0                         | 50            | GROVESTIMAT AV LENGDEBHOV   |
| <b>SUM VENTILASJON</b>                                    |        | <b>1370,7</b>           |                             |               | <b>FELLES LEVETID SETTES LIK 50 ÅR</b>  |
| <b>SUM ALLE TILTAK</b>                                    |        | <b>19605,9</b>          |                             | <b>50</b>     | <b>FELLES LEVETID FOR ALLE TILTAK SETTES LIK 50 ÅR</b>                                  |

## 4.13 Tiltak C-1 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe ved totalrehabilitert tilstand

### Tiltakets energianalyse

Resultatene fra simulering av installering av luft-luft-varmepumpe ved totalrehabilitert tilstand viser moderat økning i oppvarmingsbehovet, på ca. 1.700 kWh/år, den leverte energien reduseres med 1.318 kWh/år, men ca. 1.487 kWh/år reduksjon i levert energi er strøm for tilfellet med vedovn. Dette er fordi man ser en liten økning i bioenergi på 169 kWh/år. For tilfelle uten vedovn er reduksjonen i levert strøm større, på ca. 2.845 kWh/år.

Tabell 40: Vurdering av energibudsjettet for Tiltak C-1 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe ved totalrehabilitert tilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| VURDERING AV ENERGIBUDSJETTET  |             |                             |                                       |                                      |   |                           |   |
|--|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|---|
| TILTAKSBESKRIVELSE   | TILTAKSKODE |                             | ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT ENERGI [kWh] | PROSENTVIS REDUKSJON I LEVERT ENERGI | TOTAL ENERGIBESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN [kWh] | LEVETID TIL TILTAKET [ÅR] | TOTAL ENERGIBESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN, JUSTERT TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh] |
| INSTALLASJON AV LUFT-LUFT-VARMEPUMPE VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND | C-1         | MED VEDOVN, INKL. BIOENERGI | 1318                                  | 8 %                                  | 22 406  | 17                        | 79 080  |
|  |             | MED VEDOVN, EKS. BIOENERGI  | 1487                                  | 11 %                                 | 25 279  |                           | 89 220  |
|  |             | UTEN VEDOVN                 | 2845                                  | 18 %                                 | 48 365  |                           | 170 700   |

I Tabell 40 ser man at størst mulig besparelse i levert strøm oppnås i bygg uten vedovn, og ved justering til 60 års levetid får man litt over 170.000 kWh reduksjon i levert strøm. Den største gjennomsnittlige årlige reduksjonen i levert strøm er på 2.845 kWh/år.

### Tiltakets utslippsanalyse

Tabell 41: Livssyklusanalyse av tiltak C-1 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe ved totalrehabilitert tilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| LIVSSYKLUSANALYSE - UTSLIPP  |   |                 |                                       |                      |                                       |                      |
|--|---|-----------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| TILTAKSBESKRIVELSE   | TILTAKSKODE                                     | UTSLIPPSFAKTOR  | MED VEDOVN                            |                      | UTEN VEDOVN                           |                      |
|  |   |                 | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] |
| INSTALLASJON AV LUFT-LUFT-VARMEPUMPE VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND | C-1   | 11 g, 20%       | 1810                                  | -                    | 1737                                  | -                    |
|  |   | 11 g, 5%        | 1700                                  | -                    | 1526                                  | -                    |
|  |   | 18 g, KONSTANT  | 1435                                  | -                    | 1019                                  | -                    |
|  |   | 136 g, KONSTANT | -1548                                 | 10                   | -4688                                 | 5                    |
|  | MINSTE KONSTANTE UTSLIPPSFAKTOR, **(MED VEDOVN) | ** (75 g), 40 g | -6                                    | 17                   | -45                                   | 17                   |

I Tabell 41 ser man at det også her er ulike verdier for tilfellet med og uten vedovn. I tilfellet uten vedovn har varmepumpen det største bidraget. Man ser at tiltaket kun lønner ved 136 g CO<sub>2</sub>eq/kWh, der tiltaket på det meste kutter utslipp med over 4.600 kg CO<sub>2</sub>eq, som gir et gjennomsnittlig årlig utslippskutt på 276 kg CO<sub>2</sub>eq.

## 4.14 Tiltak C-2 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe ved totalrehabilitert tilstand

### Tiltakets energianalyse

Resultatene fra simulering av installasjon av luft-vann-varmepumpe ved totalrehabilitert tilstand viser en beskjeden økning i netto energibehov, på 500 kWh/år, grunnet strømforbruket til pumper i varmepumpesystemet. Den leverte energien reduseres med ca. 5.700 kWh/år, og ca. 4.300 kWh/år reduksjon i direkte el. for tilfellet med vedovn. For tilfellet uten vedovn er reduksjonen levert strøm mindre, på ca. 2.700 kWh/år.

Tabell 42: Vurdering av energibudsjettet for Tiltak C-2 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe ved totalrehabilitert tilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| VURDERING AV ENERGIBUDSJETTET  |             |                             |                                       |                                      |   |                           |   |
|--|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|---|
| TILTAKSBESKRIVELSE   | TILTAKSKODE |                             | ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT ENERGI [kWh] | PROSENTVIS REDUKSJON I LEVERT ENERGI | TOTAL ENERGIBESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN [kWh] | LEVETID TIL TILTAKET [ÅR] | TOTAL ENERGIBESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN, JUSTERT TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh] |
| INSTALLASJON AV LUFT-VANN-VARMEPUMPE VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND | C-2         | MED VEDOVN, INKL. BIOENERGI | 5685                                  | 34 %                                 | 113 700   | 20                        | 341 100   |
|  |             | MED VEDOVN, EKS. BIOENERGI  | 4313                                  | 32 %                                 | 86 260  |                           | 258 780   |
|  |             | UTEN VEDOVN                 | 2714                                  | 17 %                                 | 54 280  |                           | 162 840   |

I Tabell 42 ser man at størst mulig besparelse i levert strøm oppnås i bygg med vedovn, og ved justering til 60 års levetid får man litt over 258.000 kWh reduksjon i levert strøm. Størst reduksjon i energi får man i tilfellet med vedovn, på ca. 341.000 kWh. Dette tiltaket skiller seg fra de andre tiltakene, ved at boliger med vedovn gir større energibesparelse, også for direkte el. Den største gjennomsnittlige årlige reduksjonen i levert strøm er på 2.714 kWh/år.

### Tiltakets utslippsanalyse

Tabell 43: Livssyklusanalyse av Tiltak C-2 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe ved totalrehabilitert tilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| LIVSSYKLUSANALYSE - UTSLIPP  |   |                 |                                       |                      |                                       |                      |
|--|---|-----------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| TILTAKSBESKRIVELSE   | TILTAKSKODE                                     | UTSLIPPSFAKTOR  | MED VEDOVN                            |                      | UTEN VEDOVN                           |                      |
|  |   |                 | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] |
| INSTALLASJON AV LUFT-VANN-VARMEPUMPE VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND | C-2   | 11 g, 20%       | 65                                    | -                    | 152                                   | -                    |
|  |   | 11 g, 5%        | -309                                  | 10                   | -83                                   | 16                   |
|  |   | 18 g, KONSTANT  | -1253                                 | 4                    | -677                                  | 7                    |
|  |   | 136 g, KONSTANT | -11432                                | 1                    | -7082                                 | 1                    |
|  | MINSTE KONSTANTE UTSLIPPSFAKTOR, **(MED VEDOVN) | **(3,5 g), 6 g  | -2                                    | 20                   | -26                                   | 19                   |

I Tabell 43 ser man at det også her er ulike verdier for tilfellet med og uten vedovn. I tilfellet med vedovn har varmepumpen det største bidraget. Man ser at tiltaket lønner seg, med unntak av ved 11 g (20% red.) CO<sub>2</sub>eq/kWh. På det meste kutter tiltaket utslipp med over 11.000 kg CO<sub>2</sub>eq, som gir et gjennomsnittlig årlig utslippskutt på 572 kg CO<sub>2</sub>eq.

## 4.15 Tiltak C-3 – Installasjon av solceller ved totalrehabiliteret tilstand

### Tiltakets energianalyse

Resultatene i dette tiltaket er i all hovedsak identiske med Tiltak A-1. Solcellene produserer den samme mengden strøm uavhengig av den byggtekniske tilstanden til huset de er montert på.

Tabell 44: Vurdering av energibudsjettet for Tiltak C-3 – Installasjon av solceller ved totalrehabiliteret tilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| VURDERING AV ENERGIBUDSJETTET                             |             |                             |                                       |                                      |   |                           |   |
|---|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|---|
| TILTAKSBESKRIVELSE  | TILTAKSKODE |                             | ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT ENERGI [kWh] | PROSENTVIS REDUKSJON I LEVERT ENERGI | TOTAL ENERGIBESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN [kWh] | LEVETID TIL TILTAKET [ÅR] | TOTAL ENERGIBESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN, JUSTERT TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh] |
| INSTALLASJON AV SOLCELLER VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND | C-3         | MED VEDOVN, INKL. BIOENERGI | 9953                                  | 59 %                                 | 237 439   | 25                        | 569 854   |
|   |             | MED VEDOVN, EKS. BIOENERGI  | 9953                                  | 74 %                                 | 237 439   |                           | 569 854   |
|   |             | UTEN VEDOVN                 | 9953                                  | 63 %                                 | 237 439   |                           | 569 854   |

Man ser i Tabell 44 at den prosentvise reduksjonen har andre verdier sammenlignet med tiltak A-1; her også er det i tilfellet med vedovn (fratrasket bioenergi) at verdien er størst, med 74%. Man ser ved dette tiltaket, at jo bedre isolert ett bygg er, og jo lavere energibehovet er, dess større blir den relative reduksjonen i levert strøm. Har boligen et betydelig lavt varmetapstall, vil tiltak som dette potensielt kunne bidra til å gjøre boligen til et plusshus. Ved å for eksempel designe taket slik at hele takflaten vender mot syd, på lik linje med halvparten av takflaten i modellbygget, vil arealet doble seg, og dermed også strømproduksjonen doble seg. Alternativt kan man også dekke sydvendt fasade med solceller. Teoretisk sett ville dette tiltaket i så fall produsert over 6.300 kWh/år (første året) i overskudd, som kunne leveres til nettet. Gitt at vedovn ble benyttet, ville huset vært et plusshus. Den største gjennomsnittlige årlige reduksjonen i levert strøm er på 9.498 kWh/år.

### Tiltakets utslippsanalyse

For resultater, se kapittel 4.2.

## 4.16 Tiltak C-4 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller ved totalrehabiliteret tilstand

### Tiltakets energianalyse

Resultatene fra simulering av installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller ved totalrehabiliteret tilstand viser hovedsakelig identiske resultater som i Tiltak C-2, men i tillegg bidrar solcellene til å redusere den leverte energien, sammen med varmepumpen, med over 15.600 kWh/år, og resulterer i at boligen har et overskudd på ca.700 kWh/år i strøm. Ser man dermed bort fra bioenergi, er boligen et pluss hus. For tilfelle uten vedovn, er den leverte energien redusert til kun 80 kWh/år, den leverte energien er redusert med hele 99%.

Tabell 45: Vurdering av energibudsjettet for Tiltak C-4 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller ved totalrehabiliteret tilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| VURDERING AV ENERGIBUDSJETTET  |             |                             |                                       |                                      |  |                           |  |
|--|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------|--|
| TILTAKSBESKRIVELSE   | TILTAKSKODE |                             | ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT ENERGI [kWh] | PROSENTVIS REDUKSJON I LEVERT ENERGI | TOTAL ENERGI BESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN [kWh] | LEVETID TIL TILTAKET [ÅR] | TOTAL ENERGI BESPARELSE I LØPET AV LEVETIDEN, JUSTERT TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh] |
| INSTALLASJON AV SOLCELLER KOMBINERT MED LUFT-VANN-VARMEPUMPE VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND | C-4         | MED VEDOVN, INKL. BIOENERGI | 15638                                 | 93 %                                 | 304 866  | 20                        | 914 597  |
|  |             | MED VEDOVN, EKS. BIOENERGI  | 14266                                 | 106 %                                | 277 426  |                           | 832 277  |
|  |             | UTEN VEDOVN                 | 15684                                 | 99 %                                 | 305 786  |                           | 917 357  |

I Tabell 45 ser man at størst mulig besparelse i både levert energi og strøm oppnås i bygg uten vedovn, og ved justering til 60 års levetid får man litt over 917.000 kWh reduksjon i levert strøm. Den største gjennomsnittlige årlige reduksjonen i levert strøm er på 15.289 kWh/år. Tiltaket fører til at bygget i praksis blir mer eller mindre selvforsynt med energi.

### Tiltakets utslippsanalyse

Tabell 46: Livssyklusanalyse av Tiltak C-4 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller ved totalrehabiliteret tilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| LIVSSYKLUSANALYSE - UTSLIPP  |   |                  |                          |                      |                          |                      |
|--|---|------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| TILTAKSBESKRIVELSE   | TILTAKSKODE                                     | UTSLIPPSFAKTOR   | MED VEDOVN               |                      | UTEN VEDOVN              |                      |
|  |   |                  | NETTO UTSLIPP [Kg CO2eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] | NETTO UTSLIPP [Kg CO2eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] |
| INSTALLASJON AV SOLCELLER KOMBINERT MED LUFT-VANN-VARMEPUMPE VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND | C-4   | 11 g, 20%        | 9131                     | -                    | 9054                     | -                    |
|  |   | 11 g, 5%         | 7930                     | -                    | 7730                     | -                    |
|  |   | 18 g, KONSTANT   | 4900                     | -                    | 4390                     | -                    |
|  |   | 136 g, KONSTANT  | -27836                   | 6                    | -31693                   | 5                    |
|  | MINSTE KONSTANTE UTSLIPPSFAKTOR, **(MED VEDOVN) | **{(36 g), 33 g} | -93                      | 20                   | -197                     | 20                   |

I Tabell 46 ser man at det er ulike verdier for tilfellet med og uten vedovn. I tilfellet uten vedovn har tiltaket det største bidraget. Man ser at tiltaket kun lønner seg ved 136 g CO<sub>2</sub>eq/kWh, for både med og uten vedovn. På det meste kutter tiltaket utslipp med over

31.000 kg CO<sub>2</sub>eq, som gir et gjennomsnittlig årlig utslippskutt på 1585 kg CO<sub>2</sub>eq (basert på minste felles levetid på 20 år).

## 4.17 Tiltak C-5 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller ved totalrehabilitert tilstand

### Tiltakets energianalyse

Resultatene fra simulering av installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller ved totalrehabilitert tilstand viser en beskjeden økning i netto energibehov, på ca. 1700 kWh/år, hovedsakelig grunnet strømforbruket til kjøling i varmepumpesystemet. Den leverte energien reduseres med ca. 11.200 kWh/år, og ca. 11.400 kWh/år reduksjon i direkte el. for tilfellet med vedovn. For tilfelle uten vedovn er reduksjonen levert strøm mindre, på ca. 12.800 kWh/år.

Tabell 47: Vurdering av energibudsjettet for Tiltak C-5 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller ved totalrehabilitert tilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| VURDERING AV ENERGIUDSJETTET   |             |                             |                                       |                                      |  |                           |  |
|--|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------|--|
| TILTAKSBESKRIVELSE   | TILTAKSKODE |                             | ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT ENERGI [kWh] | PROSENTVIS REDUKSJON I LEVERT ENERGI | TOTAL ENERGIRESERVARE I LØPET AV LEVETIDEN [kWh] | LEVETID TIL TILTAKET [ÅR] | TOTAL ENERGIRESERVARE I LØPET AV LEVETIDEN, JUSTERT TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh] |
| INSTALLASJON AV SOLCELLER KOMBINERT MED LUFT-LUFT-VARMEPUMPE VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND | C-5         | MED VEDOVN, INKL. BIOENERGI | 11272                                 | 67 %                                 | 196 818  | 17                        | 694 652  |
|  |             | MED VEDOVN, EKS. BIOENERGI  | 11441                                 | 85 %                                 | 199 860  |                           | 705 389  |
|  |             | UTEN VEDOVN                 | 12798                                 | 81 %                                 | 224 286  |                           | 791 598  |

I Tabell 47 ser man at størst mulig besparelse i levert energi, så vel som strøm, oppnås i bygg med vedovn, og ved justering til 60 års levetid får man litt over 791.000 kWh reduksjon i levert strøm. Den største gjennomsnittlige årlige reduksjonen i levert strøm er på 15.289 kWh/år.

### Tiltakets utslippsanalyse

Tabell 48: Livssyklusanalyse av Tiltak C-5 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller ved totalrehabilitert tilstand. Utklipp fra Excel. Eget verk.

| LIVSSYKLUSANALYSE - UTSLIPP  |             |   |                                       |                      |                                       |                      |
|--|-------------|---|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| TILTAKSBESKRIVELSE   | TILTAKSKODE | UTSLIPPSFAKTOR                                  | MED VEDOVN                            |                      | UTEN VEDOVN                           |                      |
|  |             |   | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] | NETTO UTSLIPP [Kg CO <sub>2</sub> eq] | NEDBETALINGSTID [ÅR] |
| INSTALLASJON AV SOLCELLER KOMBINERT MED LUFT-LUFT-VARMEPUMPE VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND | C-5         | 11 g, 20%                                       | 10882                                 | -                    | 10809                                 | -                    |
|  |             | 11 g, 5%  | 10061                                 | -                    | 9888                                  | -                    |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                  | 8093                                  | -                    | 7678                                  | -                    |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                 | -14140                                | 8                    | -17278                                | 7                    |
|  |             | MINSTE KONSTANTE UTSLIPPSFAKTOR, **(MED VEDOVN) | **(61 g), 55 g                        | -9                   | 17                                    | -147                 |

I Tabell 48 ser man at det er ulike verdier for tilfellet med og uten vedovn, men differansen er liten. I tilfellet uten vedovn har tiltaket det største bidraget. Man ser at tiltaket kun lønner seg ved 136 g CO<sub>2</sub>eq/kWh, for både med og uten vedon. På det meste kutter tiltaket utslipp med over 17.000 kg CO<sub>2</sub>eq, som gir et gjennomsnittlig årlig utslippskutt på 1016 kg CO<sub>2</sub>eq (basert på minste felles levetid på 17 år).

## 4.18 Rangering av tiltakene

For å oppsummere resultatene, er det utarbeidet en rangering av tiltakene etter 1) hvor effektive tiltakene er med hensyn på reduksjon i levert energi (strøm), som tar hensyn til at tiltakene har ulik forventet levetid, 2) hvor stor utslippsreduksjonen er, og 3) hvor effektive tiltakene er med hensyn på reduksjon i utslipp, som også tar hensyn til at tiltakene har ulik forventet levetid.

Tabell 49: Rangering av tiltakenes netto utslipp, rangert etter hvor stor utslippsreduksjonen er, sortert fra størst til minst, fordelt på de ulike utslippsfaktorene. De røde tallene viser verdier som gir økning i utslipp, de grønne viser reduksjon. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| RANGERING AV TILTAKENES NETTO UTSLIPP |                          |             |                          |                  |                          |                   |                          |              |                          |             |                          |                  |                          |                   |                          |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|-------------|--------------------------|------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
| MED VEDOVN                            |                          |             |                          |                  |                          |                   | UTEN VEDOVN              |              |                          |             |                          |                  |                          |                   |                          |
| [11 g, 20 %]                          |                          | [11 g, 5 %] |                          | [18 g, KONSTANT] |                          | [136 g, KONSTANT] |                          | [11 g, 20 %] |                          | [11 g, 5 %] |                          | [18 g, KONSTANT] |                          | [136 g, KONSTANT] |                          |
| TILTAK                                | NETTO UTSLIPP [Kg CO2eq] | TILTAK      | NETTO UTSLIPP [Kg CO2eq] | TILTAK           | NETTO UTSLIPP [Kg CO2eq] | TILTAK            | NETTO UTSLIPP [Kg CO2eq] | TILTAK       | NETTO UTSLIPP [Kg CO2eq] | TILTAK      | NETTO UTSLIPP [Kg CO2eq] | TILTAK           | NETTO UTSLIPP [Kg CO2eq] | TILTAK            | NETTO UTSLIPP [Kg CO2eq] |
| C-2                                   | 65                       | C-2         | -309                     | C-2              | -1253                    | C-0               | -51678                   | A-2          | -250                     | A-2         | -1126                    | A-3              | -3585                    | C-0               | -109431                  |
| A-2                                   | 180                      | A-2         | -11                      | B-4              | -658                     | A-5               | -35129                   | C-2          | 152                      | A-3         | -400                     | A-2              | -3337                    | A-5               | -52064                   |
| A-3                                   | 1322                     | A-3         | 537                      | A-2              | -493                     | C-3               | -27836                   | A-3          | 928                      | C-2         | -83                      | B-4              | -2821                    | A-4               | -43585                   |
| C-1                                   | 1810                     | B-5         | 1676                     | A-3              | 537                      | C-4               | -27836                   | C-1          | 1737                     | B-5         | 1204                     | C-2              | -677                     | A-3               | -39474                   |
| B-5                                   | 1948                     | C-1         | 1700                     | B-5              | 915                      | A-4               | -25067                   | B-5          | 1785                     | C-1         | 1526                     | B-5              | -422                     | B-4               | -38278                   |
| B-3                                   | 2307                     | B-4         | 1957                     | B-3              | 1194                     | A-1               | -22697                   | B-3          | 2259                     | B-4         | 1536                     | B-3              | 405                      | C-4               | -31693                   |
| B-4                                   | 2422                     | B-3         | 2112                     | C-1              | 1435                     | A-3               | -22539                   | B-4          | 2312                     | B-3         | 1934                     | C-1              | 1019                     | B-1               | -30110                   |
| B-1                                   | 5891                     | B-1         | 5418                     | B-1              | 3193                     | B-4               | -21934                   | B-1          | 5774                     | B-1         | 4986                     | B-1              | 1278                     | A-2               | -27181                   |
| B-2                                   | 7137                     | B-2         | 6963                     | C-4              | 4900                     | B-1               | -15639                   | B-2          | 7094                     | B-2         | 6804                     | C-0              | 2528                     | A-1               | -22697                   |
| A-1                                   | 9062                     | C-4         | 7930                     | A-4              | 5267                     | C-5               | -14140                   | A-4          | 8816                     | A-4         | 7113                     | A-4              | 2816                     | C-3               | -22697                   |
| C-3                                   | 9062                     | A-4         | 8074                     | A-5              | 5315                     | C-2               | -11432                   | C-4          | 9054                     | C-4         | 7730                     | A-5              | 3074                     | C-5               | -17278                   |
| C-4                                   | 9131                     | A-1         | 8074                     | A-1              | 5321                     | B-5               | -6800                    | A-1          | 9062                     | A-5         | 7962                     | C-4              | 4390                     | B-5               | -16898                   |
| A-4                                   | 9186                     | C-3         | 8074                     | C-3              | 5321                     | B-3               | -6576                    | C-3          | 9062                     | A-1         | 8074                     | A-1              | 5321                     | B-3               | -12539                   |
| A-5                                   | 10394                    | A-5         | 8899                     | B-2              | 6142                     | A-2               | -5687                    | A-5          | 10000                    | C-3         | 8074                     | C-3              | 5321                     | C-2               | -7082                    |
| C-5                                   | 10882                    | C-5         | 10061                    | C-5              | 8093                     | C-1               | -1548                    | C-5          | 10809                    | C-5         | 9888                     | B-2              | 5436                     | B-2               | -6140                    |
| C-0                                   | 19029                    | C-0         | 17477                    | C-0              | 10171                    | B-2               | -808                     | C-0          | 18562                    | C-0         | 15752                    | C-5              | 7678                     | C-1               | -4688                    |

I Tabell 49 ser man en oversikt over netto utslipp fra tiltakene. Øverst ser man de tiltakene som slår best ut.

Tabell 50: Rangering av tiltakenes gjennomsnittlige årlige netto utslipp, rangert etter hvor effektivt tiltaket er i å redusere utslipp, sortert fra størst til minst utslipp per år, fordelt på de ulike utslippsfaktorene. De røde tallene viser verdier som gir økning i utslipp, de grønne viser reduksjon. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| RANGERING AV TILTAKENES EFFEKTIVITET I UTSLIPPSREDUKSJON |                                     |             |                                     |                  |                                     |                   |                                     |              |                                     |             |                                     |                  |                                     |                   |                                     |
|--|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|--------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| MED VEDOVN   |                                     |             |                                     |                  |                                     |                   | UTEN VEDOVN                         |              |                                     |             |                                     |                  |                                     |                   |                                     |
| [11 g, 20 %]   |                                     | [11 g, 5 %] |                                     | [18 g, KONSTANT] |                                     | [136 g, KONSTANT] |                                     | [11 g, 20 %] |                                     | [11 g, 5 %] |                                     | [18 g, KONSTANT] |                                     | [136 g, KONSTANT] |                                     |
| TILTAK   | UTSLIPPSEFFEKT IVITET [Kg CO2eq/ÅR] | TILTAK      | UTSLIPPSEFFEKT IVITET [Kg CO2eq/ÅR] | TILTAK           | UTSLIPPSEFFEKT IVITET [Kg CO2eq/ÅR] | TILTAK            | UTSLIPPSEFFEKT IVITET [Kg CO2eq/ÅR] | TILTAK       | UTSLIPPSEFFEKT IVITET [Kg CO2eq/ÅR] | TILTAK      | UTSLIPPSEFFEKT IVITET [Kg CO2eq/ÅR] | TILTAK           | UTSLIPPSEFFEKT IVITET [Kg CO2eq/ÅR] | TILTAK            | UTSLIPPSEFFEKT IVITET [Kg CO2eq/ÅR] |
| C-2  | 3                                   | C-2         | -15                                 | C-2              | -63                                 | A-5               | -2066                               | A-2          | -12                                 | A-2         | -56                                 | A-3              | -211                                | A-5               | -3063                               |
| A-2  | 9                                   | A-2         | -1                                  | A-2              | -25                                 | C-4               | -1392                               | C-2          | 8                                   | A-3         | -24                                 | A-2              | -167                                | A-3               | -2322                               |
| B-4  | 40                                  | A-3         | 32                                  | B-4              | -11                                 | A-3               | -1326                               | B-4          | 39                                  | C-2         | -4                                  | B-4              | -47                                 | C-0               | -2189                               |
| B-3  | 46                                  | B-4         | 33                                  | B-3              | 24                                  | A-4               | -1253                               | B-3          | 45                                  | B-4         | 26                                  | C-2              | -34                                 | A-4               | -2179                               |
| A-3  | 78                                  | B-3         | 42                                  | A-3              | 32                                  | C-3               | -1113                               | A-3          | 55                                  | B-3         | 39                                  | B-5              | -17                                 | C-4               | -1585                               |
| B-5  | 78                                  | B-5         | 67                                  | B-5              | 37                                  | C-0               | -1034                               | B-5          | 71                                  | B-5         | 48                                  | B-3              | 8                                   | A-2               | -1359                               |
| C-1  | 106                                 | C-1         | 100                                 | B-1              | 64                                  | A-1               | -908                                | C-1          | 102                                 | C-1         | 90                                  | B-1              | 26                                  | C-5               | -1016                               |
| B-1  | 118                                 | B-1         | 108                                 | C-1              | 84                                  | C-5               | -832                                | B-1          | 115                                 | B-1         | 100                                 | C-0              | 51                                  | A-1               | -908                                |
| B-2  | 143                                 | B-2         | 139                                 | B-2              | 123                                 | C-2               | -572                                | B-2          | 142                                 | B-2         | 136                                 | C-1              | 60                                  | C-3               | -908                                |
| A-1  | 362                                 | A-1         | 323                                 | C-0              | 203                                 | B-4               | -366                                | A-1          | 362                                 | C-0         | 315                                 | B-2              | 109                                 | B-5               | -676                                |
| C-3  | 362                                 | C-3         | 323                                 | A-1              | 213                                 | B-1               | -313                                | C-3          | 362                                 | A-1         | 323                                 | A-4              | 141                                 | B-4               | -638                                |
| C-0  | 381                                 | C-0         | 350                                 | C-3              | 213                                 | A-2               | -284                                | C-0          | 371                                 | C-3         | 323                                 | A-5              | 181                                 | B-1               | -602                                |
| C-4  | 457                                 | C-4         | 397                                 | C-4              | 245                                 | B-5               | -272                                | A-4          | 441                                 | A-4         | 356                                 | A-1              | 213                                 | C-2               | -354                                |
| A-4  | 459                                 | A-4         | 404                                 | A-4              | 263                                 | B-3               | -132                                | C-4          | 453                                 | C-4         | 386                                 | C-3              | 213                                 | C-1               | -276                                |
| A-5  | 611                                 | A-5         | 523                                 | A-5              | 313                                 | C-1               | -91                                 | A-5          | 588                                 | A-5         | 468                                 | C-4              | 220                                 | B-3               | -251                                |
| C-5  | 640                                 | C-5         | 592                                 | C-5              | 476                                 | B-2               | -16                                 | C-5          | 636                                 | C-5         | 582                                 | C-5              | 452                                 | B-2               | -123                                |

I Tabell 50 ser man en oversikt over gjennomsnittlig årlig reduksjon i netto utslipp fra tiltakene. Øverst ser man de tiltakene som slår best ut.



Tabell 51: Rangering av tiltakenes gjennomsnittlige årlige reduksjon i levert energi, rangert etter hvor stor reduksjonen er, sortert fra størst til minst. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| RANGERING AV TILTAKENES EFFEKTIVITET I REDUKSJON AV LEVERT ENERGI |   |                                 |  |             |  |
|---|---|---------------------------------|--|-------------|--|
| MED VEDOVN INKLUDERT BIOENERGI                                    |   | MED VEDOVN EKSKLUDERT BIOENERGI |  | UTEN VEDOVN |  |
| TILTAK  | GJENNOMSNIITTLIG ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT ENERGI [kWh/ÅR] | TILTAK                          | GJENNOMSNIITTLIG ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT STRØM [kWh/ÅR] | TILTAK      | GJENNOMSNIITTLIG ÅRLIG REDUKSJON I LEVERT STRØM [kWh/ÅR] |
| A-5   | 22892   | A-5                             | 20519  | A-5         | 27844  |
| C-0   | 22693   | C-4                             | 13871  | A-4         | 20056  |
| A-4   | 18492   | A-4                             | 13248  | C-0         | 18976  |
| C-4   | 15243   | C-5                             | 11756  | A-3         | 17891  |
| A-3   | 12939   | A-3                             | 10566  | C-4         | 15289  |
| C-5   | 11578   | C-0                             | 10483  | C-5         | 13193  |
| A-1   | 9498  | A-1                             | 9498   | A-2         | 10103  |
| C-3   | 9498  | C-3                             | 9498   | A-1         | 9498   |
| A-2   | 7445  | C-2                             | 4313   | C-3         | 9498   |
| B-5   | 6885  | B-1                             | 3192   | B-5         | 5585   |
| B-1   | 6251  | B-4                             | 3005   | B-1         | 5320   |
| B-4   | 5885  | B-5                             | 2615   | B-4         | 5008   |
| C-2   | 5685  | A-2                             | 2201   | C-1         | 2845   |
| B-3   | 2579  | C-1                             | 1487   | C-2         | 2714   |
| B-2   | 2307  | B-3                             | 1317   | B-3         | 2194   |
| C-1   | 1318  | B-2                             | 1178   | B-2         | 1962   |

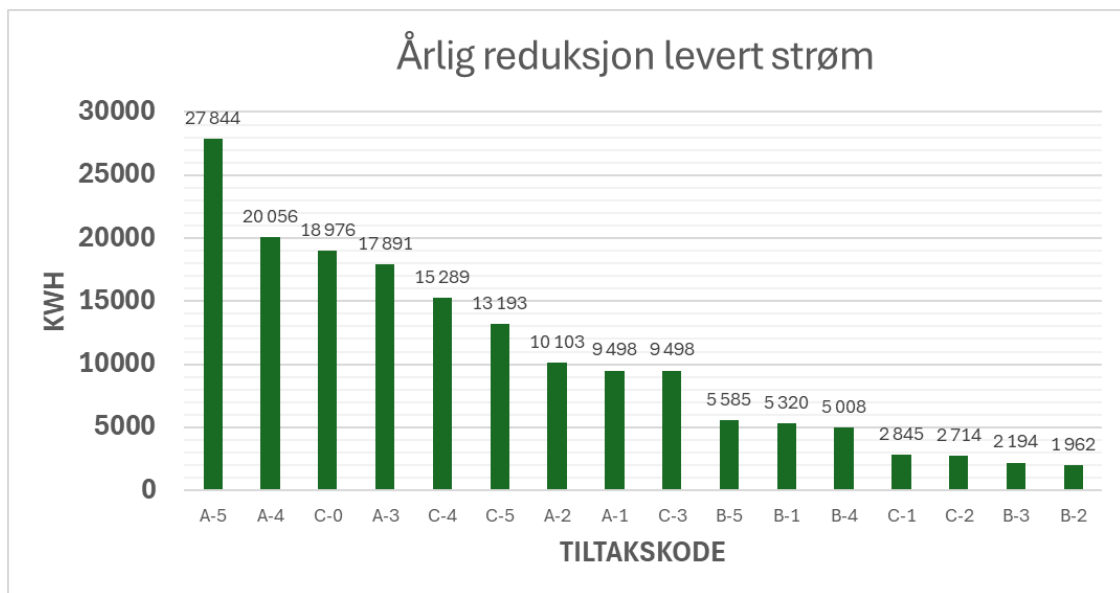
I Tabell 51 ser man hvilke tiltak som har den største gjennomsnittlige årlige reduksjonen i levert energi, rangert fra størst til minst.

Tabell 52: Rangering av tiltakenes totale reduksjon i levert energi, der tiltakene er korrigert til 60 års levetid, rangert etter hvor stor reduksjonen er, sortert fra størst til minst. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| <b>RANGERING AV TILTAKENES EFFEKTIVITET I REDUKSJON AV LEVERT ENERGI MED KORRIGERING TIL 60 ÅRS LEVETID</b> |  |  |   |                    |   |
|---|--|--|---|--------------------|---|
| <b>MED VEDOVN INKLUDERT BIOENERGI</b>   |  | <b>MED VEDOVN EKSKLUDERT BIOENERGI</b> |   | <b>UTEN VEDOVN</b> |   |
| <b>TILTAK</b>   | <b>TOTAL REDUKSJON I LEVERT ENERGI JUSTER TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh]</b> | <b>TILTAK</b>                          | <b>TOTAL REDUKSJON I LEVERT STRØM JUSTER TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh]</b> | <b>TILTAK</b>      | <b>TOTAL REDUKSJON I LEVERT STRØM JUSTER TIL 60 ÅRS LEVETID [kWh]</b> |
| A-5   | 1373520  | A-5                                    | 1231140   | A-5                | 1670640   |
| C-0   | 1361580  | C-4                                    | 832277  | A-4                | 1203360   |
| A-4   | 1109520  | A-4                                    | 794880  | C-0                | 1138560   |
| C-4   | 914597   | C-5                                    | 705389  | A-3                | 1073460   |
| A-3   | 776340   | A-3                                    | 633960  | C-4                | 917357  |
| C-5   | 694652   | C-0                                    | 628980  | C-5                | 791598  |
| A-1   | 569854   | A-1                                    | 569854  | A-2                | 606180  |
| C-3   | 569854   | C-3                                    | 569854  | A-1                | 569854  |
| A-2   | 446700   | C-2                                    | 258780  | C-3                | 569854  |
| B-5   | 413100   | B-1                                    | 191520  | B-5                | 335100  |
| B-1   | 375060   | B-4                                    | 180300  | B-1                | 319200  |
| B-4   | 353100   | B-5                                    | 156900  | B-4                | 300480  |
| C-2   | 341100   | A-2                                    | 132060  | C-1                | 170700  |
| B-3   | 154740   | C-1                                    | 89220   | C-2                | 162840  |
| B-2   | 138420   | B-3                                    | 79020   | B-3                | 131640  |
| C-1   | 79080  | B-2                                    | 70680   | B-2                | 117720  |

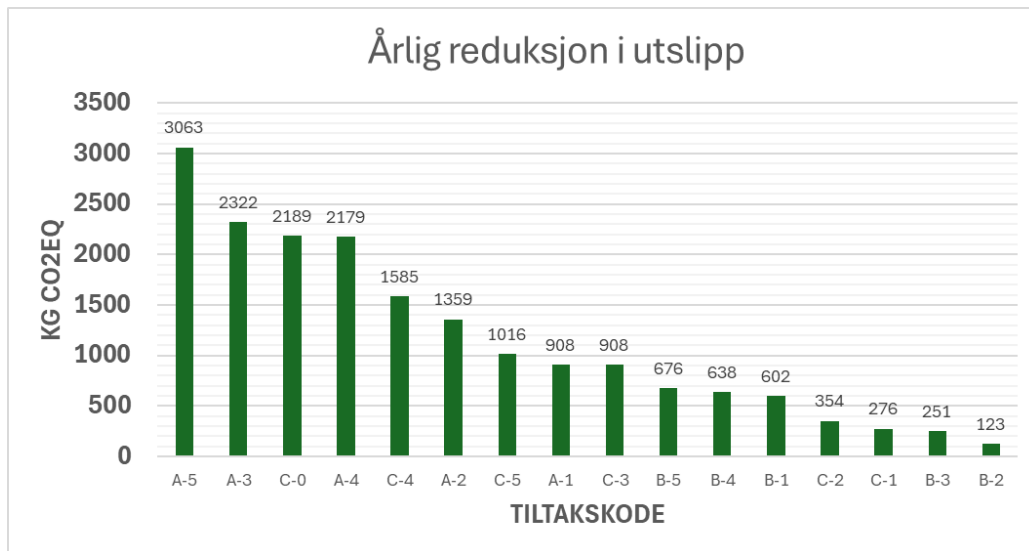
I Tabell 52 ser man hvor stor reduksjon i levert energi alle tiltakene ville bidratt med dersom de hadde en levetid på 60 år. Dette vil i praksis si, at dersom tiltak som har kortere forventet levetid enn 60 år, erstattes de med identiske materialer eller produkter, slik at de får virke i 60 år.

Figur 5 viser tiltakenes gjennomsnittlige årlige reduksjon i levert strøm i tilfellet uten vedovn. Det blir tydelig hvordan enkelttiltakene som utgjør kategori B er blant de minst effektive i denne sammenheng.



Figur 5: Oversikt over den årlige (gjennomsnittlige) reduksjonen av levert strøm for alle tiltak utenom A-0. Tallene gjelder for tilfellet uten vedovn  
Utklipp fra Excel. Eget virke.

I Figur 6 ser man en nesten lik rangering av tiltakenes prestasjon som i Figur 5.



Figur 6: Oversikt over den årlige (gjennomsnittlige) reduksjonen av utslipp for alle tiltak utenom A-0. Tallene gjelder for tilfellet uten vedovn og med utslippsfaktor 136 g CO<sub>2</sub>eq/kWh. Utklipp fra Excel. Eget virke.

Tiltak A-4 scorer bedre enn A-3 på energireduksjon, men er noe mindre effektiv i reduksjon av utslipp. Dette gjelder også for C-5 og A-2, der C-5 er mer effektiv i å redusere levert strøm, men mindre effektiv i å redusere utslipp enn A-2. De 7 tiltakene med dårligst prestasjonene gjelder alle tiltak i kategori B, samt begge typer varmepumper installert i totalrehabiliteret tilstand.

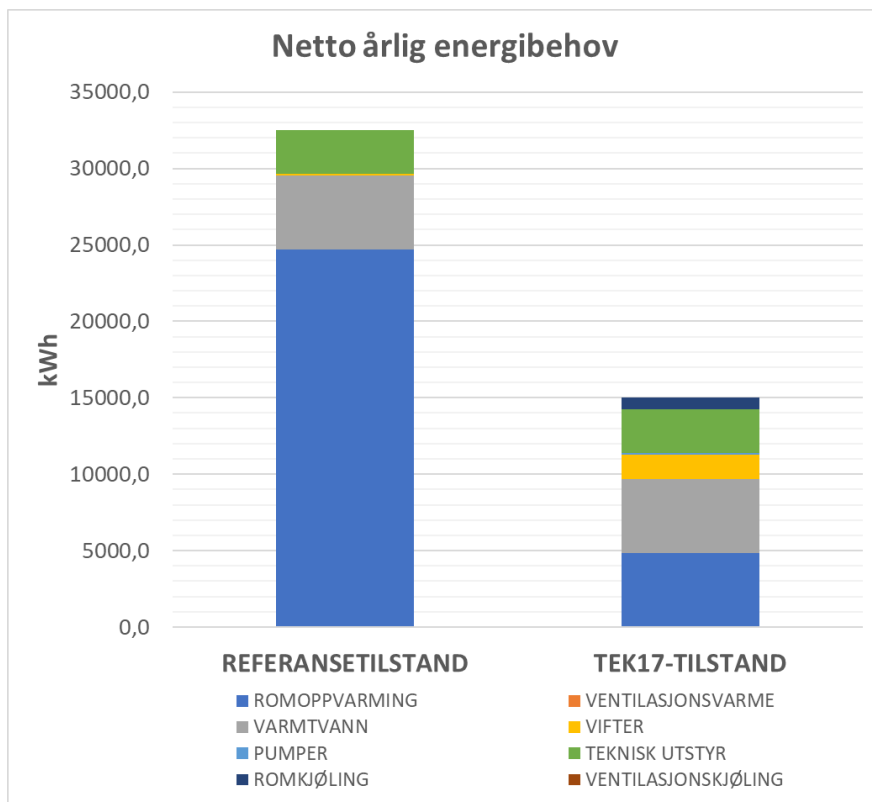
## 5. Diskusjon

### 5.1 Tiltak A-0 – Referansetilstand versus TEK17-tilstand

I tillegg til at resultatene fra analysen av alle de forbedrende tiltakene gir grunnlag for interessante diskusjoner, er det også sentralt å vurdere konsekvensene av å *ikke* utføre noen tiltak på bygningsmassen. Det er ønskelig å utrede hvilken energi- og miljømessig betydning det har om alle de boligene med svært høyt energibehov forblir i den byggetekniske tilstanden de er i idag. For at sammenligningen skal være gyldig, må det tas utgangspunkt i at slike bygg i praksis har gjenværende levetid tilsvarende levetiden til tiltakene man sammenligner med. Dette betyr at man må ta utgangspunkt i at et slikt bygg har grunnlag for utvidet levetid på mellom 17 og 50-60 ytterligere år. Boliger bygget på 70-tallet har tross alt lite gjenværende *forventet* levetid. Det betyr ikke at de må rives når 60 år er gått, vel å merke. Derfor vil sammenligningsgrunnlaget baseres på den antagelsen om at slike boliger som referansebygget representerer kan stå i 60 nye år, med forbehold om korrekt og normalt vedlikehold (av de bygningsdeler som ikke påvirker energibehovet til bygget).

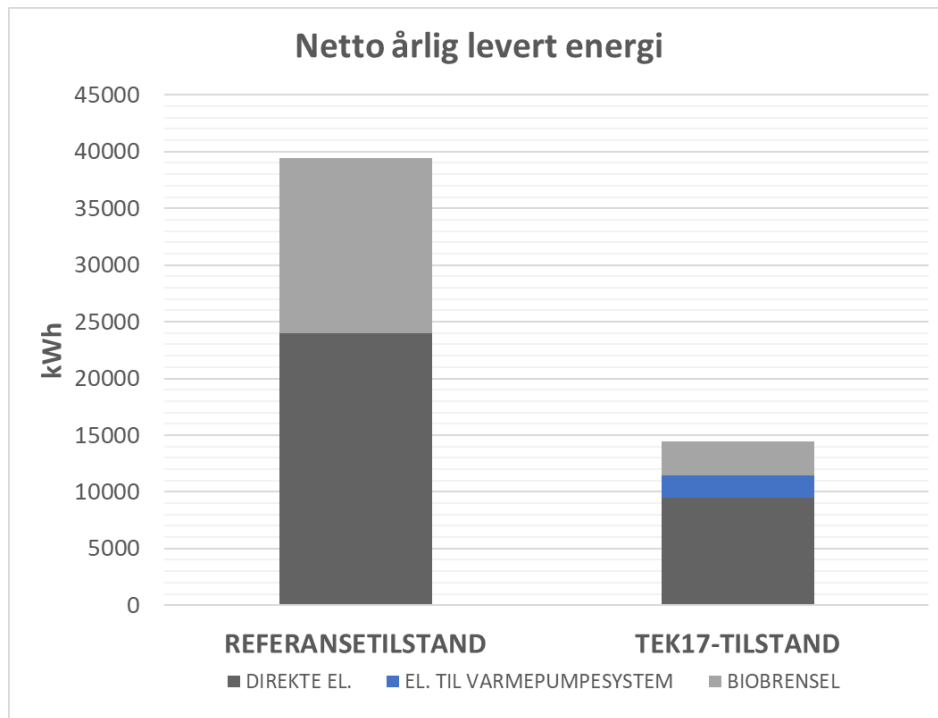
Resultatene har vist at en tilsvarende enebolig med TEK17-standard bruker omtrent 1.400.000 kWh mindre energi i løpet av 60 år, som tilsvarer ca. 23.000 kWh per år. Et enkelt grovestimat viser, at dersom en husholdning kjører el-bil med et forbruk på 0,17 kWh/km (24), med årlig kjørelengde på 15.000 km, vil de kunne lade 9 biler med denne energimengden. (Tallene er basert på dagens teknologi, og tar ikke høyde for at el-biler kan bli mer effektive i fremtiden). Ser vi på det totale antall el-biler i Norge, som er ca 690.000 (25), ser man at det er mulig å lade alle Norges el-biler dersom ca 75.500 husholdninger løftes fra referansetilstand til TEK17-nivå, (også et grovestimat). England et.al. viser til at «Behovet for lading av elbiler og annet elektrisk utstyr er i vekst. Selv om dette ikke alltid er tilknyttet bygningen, så vil strømmen ofte være del av en bygnings energibruk, og konkurrere om energi og effekt innenfor samme kurs som bygningsdriften.» (7).

I Figur 7 ser man de ulike energipostene til modellbygget i referansetilstand og TEK17-tilstand. Nye boliger har en jevnere fordeling av energiposter, der romoppvarming ikke utgjør den desidert største andelen, slik som i referansetilstand.

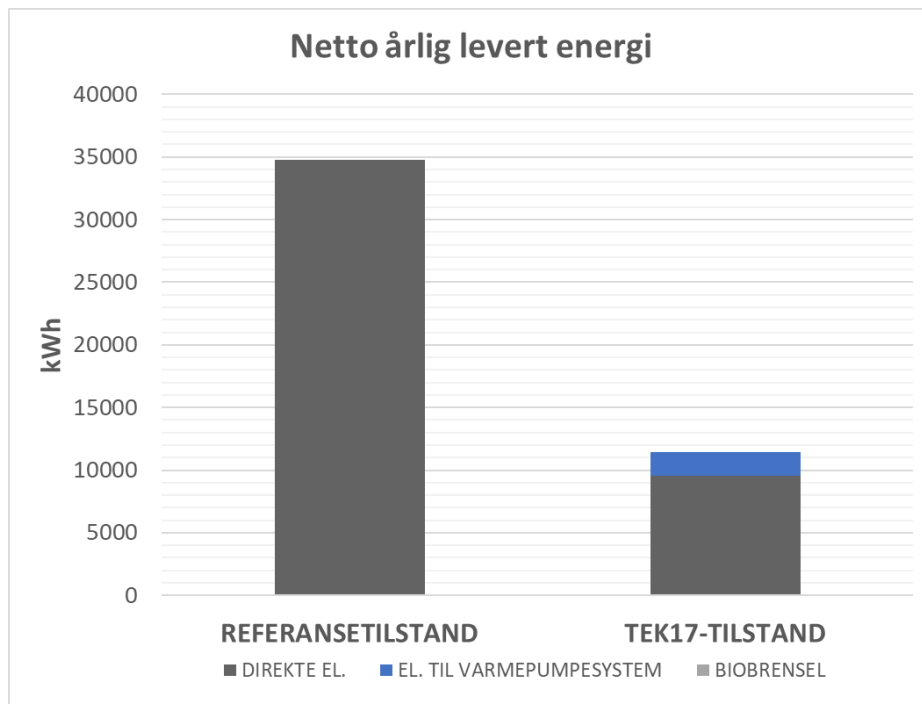


Figur 7: Netto årlig energibehov for modellbygget i referansetilstand versus TEK17-tilstand, med vedovn. Referansetilstand har totalt 32.494 kWh i årlig netto energibehov, mens TEK17-tilstand har 15.008 kWh. Utklipp fra Excel. Eget virke.

I Figur 8 ser man omfanget av den potensielle besparelsen i levert energi for referansetilstand versus TEK17-tilstand. Figur 9 viser tilfelle uten vedovn.



Figur 8: Netto årlig levert energi for modellbygget i referansetilstand versus TEK17-tilstand, med vedovn. Referansetilstand har totalt 39.439 kWh i årlig netto levert energi, mens TEK17-tilstand har 14.438 kWh. Utklipp fra Excel. Eget virke.



Figur 9: Netto årlig levert energi for modellbygget i referansetilstand versus TEK17-tilstand, uten vedovn. Referansetilstand har totalt 34.740 kWh i årlig netto levert energi, mens TEK17-tilstand har 11.420 kWh. Utklipp fra Excel. Eget virke.

Dersom Norges bygningsmasse bestod utelukkende av boliger av ny og moderne byggeteknisk tilstand, er det tydelig at det er snakk om enorme mengder energi som kan spares. Løsningen ligger trolig et sted mellom 1) riving av eldre og oppføring av nye bygg og 2) omfattende rehabilitering.



## 5.2 Tiltak A-1 og C-3– Installasjon av solceller

Oppgaven tar utgangspunkt i en mer eller mindre tilfeldig valgt solcelleleverandør og produkt, der eneste påvirkning av valget kommer av tilgang til EPD-dokumentasjon og tilgjengelige tekniske spesifikasjoner. De ulike produktene på markedet ville, ved en eventuell sammenligning, nødvendigvis score ulikt i oppgavens livssyklusanalyse når det kommer til netto utslipp fra tiltaket, og muligens også gitt svært ulike konklusjoner på den miljømessige lønnsomheten. Hensikten her er ikke å gjøre sammenligning av ulike solcelleprodukter, men å ta utgangspunkt i ett spesifikt produkt, som en begrensning. Dersom det for eksempel finnes solceller på markedet som har signifikant lavere utslipp, vill dette nødvendigvis bidra til helt andre konklusjoner om hvorvidt implementering av solceller i private husholdninger er et godt miljøtiltak.

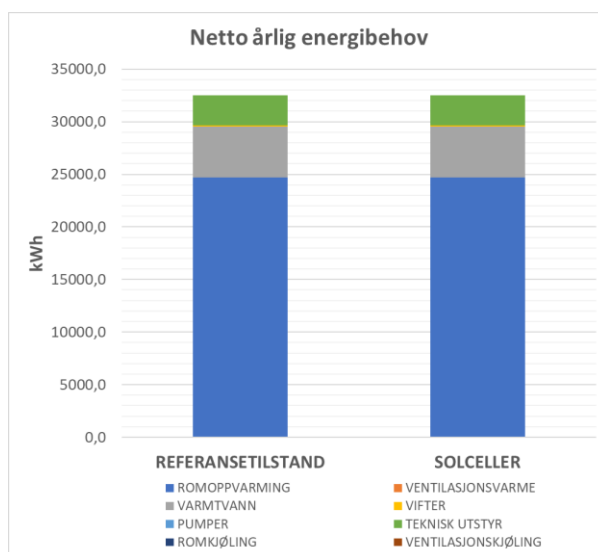
I Marioriad's case-baserte masteroppgave om bygningsintegreerte solceller (forkortet til BIPV), blir det påpekt viktigheten av komplette og helestlige vurdering av solceller som miljøtiltak i et livssyklusperspektiv, ettersom de krever mye energi (og derfor øker utslipp) særlig i produksjonsfasen (26). Et viktig aspekt i vurdering av gevinster med solceller på boliger, er tilbakebetalingstid. Her er det 3 former for tilbakebetalingstid som kan være essensielt å beregne, avhengig av hvilket hensyn som tas: energimessig, økonomisk og utslippsmessig, på engelsk forkortet til henholdsvis EPBT(energy payback time), CPBT(cost payback time og GPBT(greenhouse-gas payback time) (26).

Når det gjelder CPBT, vil investering av solcelleanlegg kun lønne seg dersom investerings- og driftskostnadene er lavere enn prisen man betaler for levert strøm i løpet av levetiden. Det er åpenbart krevende å gi presise prediksjoner for gjennomsnittlig pris for strøm 20-25 år frem i tid, derfor blir beregning av EPBT i beste fall en kvalifisert gjetning, med antagelser om et utvalg av ulike scenarier for gjennomsnittlig forventet strømpris fremskutt i tid. Dersom prisen på solceller stadig synker, som man bør forvente som resultat av innovasjon og skalering av solcelleindustrien, blir investeringen mindre risikofyllt rent økonomisk. Konklusjonen på dette blir muligens, for investorer som sitter på gjerdet, å utsette investeringen i solceller i håp om lavere pris frem i tid. Dette er problematisk når man forsøker å nå de store målene om nullutslippsamfunn, lavere effekttopper og lokalprodusert strøm, for å nevne noe. Man er avhengig av ambisiøs satsning fra mange hold, og kanskje godt utarbeidede insentiv- eller støtteordninger vil være på sin plass.

De økonomiske kostnadene til solceller som tiltak er ikke vurdert eller beregnet. Likevel er det interessant å se på eksterne kilder og deres vurderinger av økonomisk lønnsomhet for tiltaket. En rapport fra Multiconsult, etter oppdrag fra Direktoratet for Byggkvalitet, viser til deres kostnadsevaluering av solceller blant annet at man er avhengig av høye strømpriser for at tiltaket er økonomisk lønnsomt, og da kun marginalt (21). Å håpe på høye strømpriser ville være en upassende tilnærming til vurdering av slike tiltak.

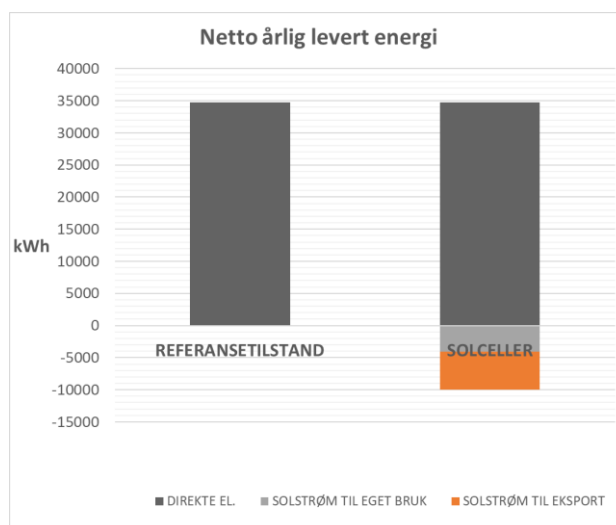
GPBT er på sin side del av oppgavens sentrale tematikk. Dette tiltaket scorer relativt dårlig, og har på det beste en GBPT på 8 år. Tiltaket har moderat forventet levetid, og scoren er moderat i forbindelse med effektivitet i reduksjon i levert energi og utslipp. Den gjennomsnittlige årlige produksjonen av levert strøm fra modulene er på 9.498 kWh/år; vedovn utgjør som nevnt ingen forskjell i dette tiltaket. Reduksjonen i utslipp oppstår kun ved høyest utslippsfaktor, på 908 kg og ca. 23.000 kg CO<sub>2</sub>eq, henholdsvis per år og totalt. Utslippet ligger på mellom ca. 9 og 5 tonn CO<sub>2</sub>eq totalt i de 6 dårligste scenariene. Det er kun i 2 scenarier, ved den høyeste utslippsfaktoren på 136 g CO<sub>2</sub>eq/kWh, at tiltaket bidrar til netto reduksjon i GWP. (Verdt å merke seg er Marioriads henvisning til dansk utslippsfaktor på levert strøm på 130 g CO<sub>2</sub>eq/kWh (26)). Med andre ord er det kun når man vurderer tiltaket i en europeisk sammenheng at det bidrar til å kutte utslipp. For at tiltaket skal lønne seg med utgangspunkt i en isolert norsk sammenheng, med norsk (lav) utslippsfaktor, må det i så fall være norske produsenter av solceller produsert med ren norsk energi. Slik er ikke situasjonen i dag, og trolig ville slike forhold ført til svært mye høyere kostnad for solcellemodulene.

I Figur 10 ser man hvordan solceller ikke bidrar til endring av energibehovet til et bygg.



Figur 10: Netto årlig energibehov for referansetilstand versus solceller, uten vedovn. Netto energibehov forblir uendret ved tiltak A-1. Utklipp fra Excel. Eget virke.

I Figur 11 ser man hvordan solcellene bidrar til å redusere netto levert energi (strøm) til bygget.



Figur 11: Netto årlig levert energi for solceller i referansetilstand, uten vedovn. Referansetilstand har totalt 34.740 kWh i årlig netto levert energi, mens tiltak A-1 har 24.787 kWh. Utklipp fra Excel. Eget virke.

Også i denne sammenheng er det hensiktsmessig å sette prestasjonen til tiltaket i kontekst. Tiltaket er tilstrekkelig, ifølge et grovt estimat, til å lade 4 el-biler hvert år, gitt årlig kjørelengde på ca 14.000 km, med forbruk på 0,17 kWh/km. Dersom referansebygget var en tomannsbolig, kunne teoretisk sett 2 familier med 2 elbiler hver lade hver sin bil med egenprodusert strøm. Dette illustrerer godt at det finnes grunnlag for å promotere slike tiltak, og at med riktig tilnærming og formulering, vil huseiere på landsbasis kunne bidra til gode miljørettede forbrukervalg.

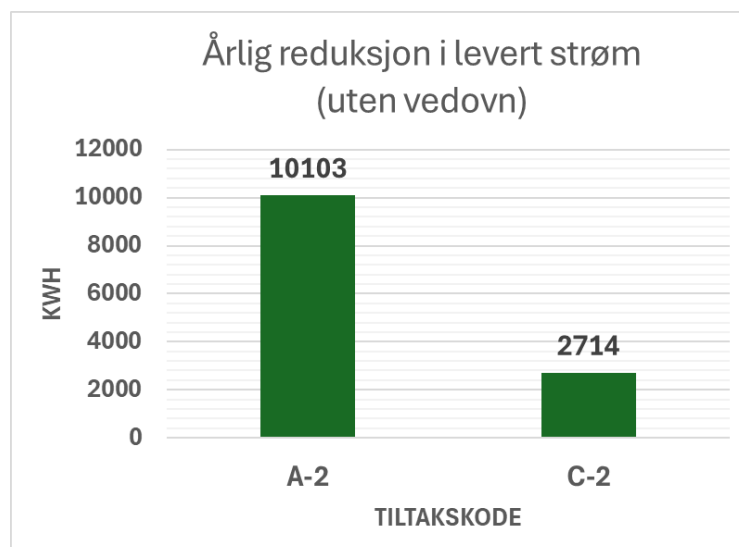
Marioriad trekker frem kostnaden som en av de største barrierene for implementering av solceller, men også manglende forskning med LCA-metodikk. Geografiske og klimatiske forhold også spiller rolle i strømproduksjonspotensialet, «[...] and since there are many technological and climatic effective factors, it is recommended to do the study with a specific type of BIPV and in a specific location.» (26). Med for stor variasjon i både modulenes prestasjon, men særlig i klimatiske og geografiske forhold, blir en generell konklusjon av solceller som miljøtiltak trolig for upresis. Eksempelvis bør det muligens, på nasjonal basis, legges til grunn livssyklusanalyser på så lokalt nivå som mulig, ved for eksempel differensiering av syd-, midt- og nordnorsk sone. En slik differensiering ville kunne ta hensyn til de svært ulike forutsetningene et gitt modulsystem har for å produsere strøm, under det som tross alt er svært varierende forhold her til lands.

For øvrig kan man få støtte fra Enova til å installere solcelleanlegg på inntill 32.500 kr. Her nevnes det en rekke forbehold for å kunne motta støtten, og at ikke alle kommuner nødvendigvis tillater montering på tak eller fasade på boliger (27).

### 5.3 Tiltak A-2 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe

Installasjon av luft-vann-varmepumpe har en rekke fordeler. Som resultatene viser sparer en husholdning ca.10.000 kWh per år, se Figur 12. Slike varmepumper henter varme fra uteluften og lagrer den eksempelvis i varmtvannsberederen, og er generelt svært effektive, men også dyrere i innkjøp enn luft-luft-varmepumper. En annen fordel er komforten man får av et jevnt varmt gulv, fremfor en punkttoppvarming som luft-luft-varmepumpe er. Systemet forutsetter installasjon av vannbårent gulvvarmesystem (eller radioatorer), som for øvrig er hensyntatt i simuleringene. Det er vanlig med elektrisk gulvvarmesystem i norske husholdninger i dag, nesten 80% av norske eneboliger har dette systemet (28), og dersom man nylig har installert et slikt system, er det få eller ingen gode økonomiske grunner til å rive det til fordel for et vannbårent system. Tiltaket er basert på installering i referansetilstand, som betyr at selv om den leverte energien blir mindre som resultat av et mer effektivt oppvarmingssystem, så vil oppvarmingsbehovet forbli svært høyt, om ikke uendret. Tiltakets effekt blir mindre dersom gulvet systemet legges på er dårlig isolert, det vil forsvinne mye varme til grunnen, som er tilfelle i dette tiltaket. Derfor ville det kunne anbefales å kombinere dette tiltaket med Tiltak B-2 Isolering av gulv mot grunn for bedre utbytte.

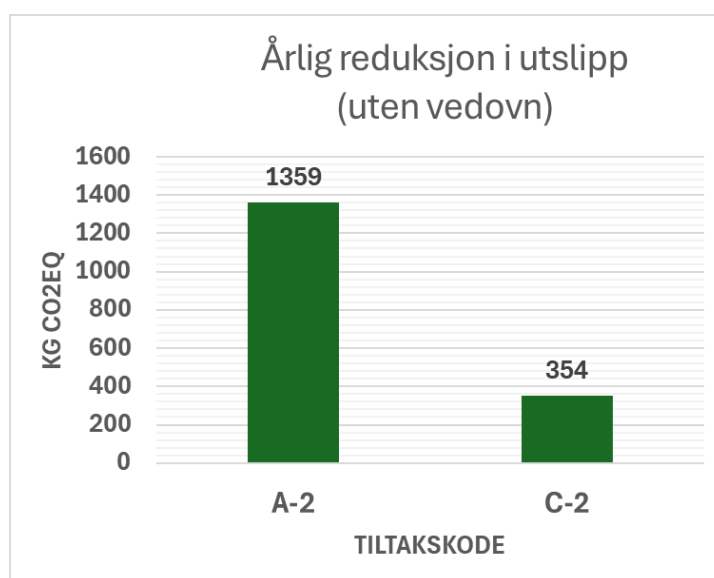
Sammenligner vi tiltakene A-2 versus C-2 er det noe ulikheter ved sammenligningen av luft-vann-varmepumpen med hensyn på levert energi. I tilfellet med vedovn (inkl. bio), er A-2 31% mer effektiv enn C-2. Ser man kun på levert strøm (med vedovn) er det omvendt, der C-2 er 96% mer effektiv enn A-2. Men i tilfelle uten vedovn er A-2 272% mer effektiv enn C-2, som man ser i Figur 12.



Figur 12: Sammenligning av effektiviteten i reduksjon i levert strøm fra installasjon av luft-vann-varmepumpe i referansetilstand og rehabilitert tilstand, uten vedovn. Utklipp fra Excel. Eget virke.

Resultatene antyder at vi må skille mellom boliger med og uten vedovn, og i hvor stor grad vedovnen blir brukt til oppvarming, for å kunne svare på når vi får mest ut av en slik varmepumpe i de to tilfellene.

Tiltaket har en moderat forventet levetid, og scorer også moderat godt i forbindelse med effektivitet i reduksjon i levert energi og utslipp. Tiltaket bidrar til å spare ca. 7.500, 2.200 og 10.100 kWh per år for henholdsvis med vedovn (inkl. bio), med vedovn (eks. bio) og uten vedovn. Tiltaket kutter utslipp i alle tilfeller med unntak av scenariet med vedovn og lavest utslippsfaktor, og da kun 9 kg CO<sub>2</sub>eq/år. Den største årlige reduksjonen i utslipp er på 1359 kg CO<sub>2</sub>eq/år. I tilfellet uten vedovn er det i alle scenarier netto reduksjon i utslipp, dog ingen nevneverdige verdier. Ved høyest utslippsfaktor kutter tiltaket ca. 27.000 kg CO<sub>2</sub>eq totalt, og den miljømessige nedbetalingstiden er 1 år.

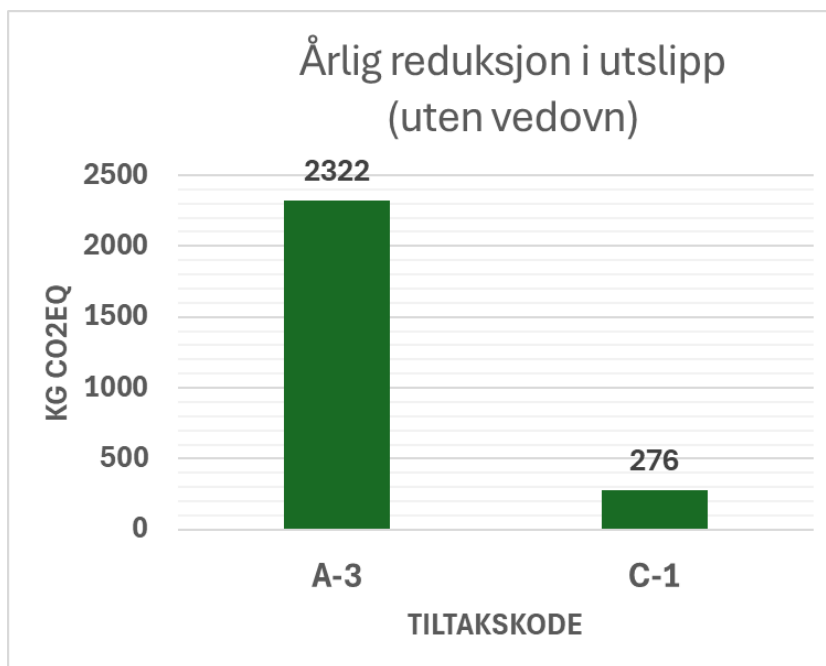


Figur 13: Sammenligning av effektiviteten i reduksjon i utslipp fra installasjon av luft-vann-varmepumpe i referansetilstand og rehabilitert tilstand, uten vedovn. Utklipp fra Excel. Eget virke.

## 5.4 Tiltak A-3 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe

Installasjon av luft-luft-varmepumpe står frem som en av de rimeligste og enkleste enkelttiltakene, og forårsaker veldig lite bry for beboerne i boligen ved installering, sammenlignet med for eksempel en totalrehabilitering. Som resultatene viser sparer en husholdning ca. 10.500 og ca. 18.000 kWh per år i strøm, for henholdsvis med og uten vedovn. Slike varmepumper henter varme fra uteluften og frigjør den som punktvarme, de er generelt mer effektive enn panelovner i snitt i løpet av året, selv om effektiviteten synker med utetemperaturen; de kan i noen tilfeller også benyttes til kjøling, som er et godt tiltak for bedring av komfort. Tiltaket er basert på installering i referansetilstand, som betyr at selv om den leverte energien blir mindre som resultat av et mer effektivt oppvarmingssystem, så vil oppvarmingsbehovet forbli svært høyt, om ikke uendret.

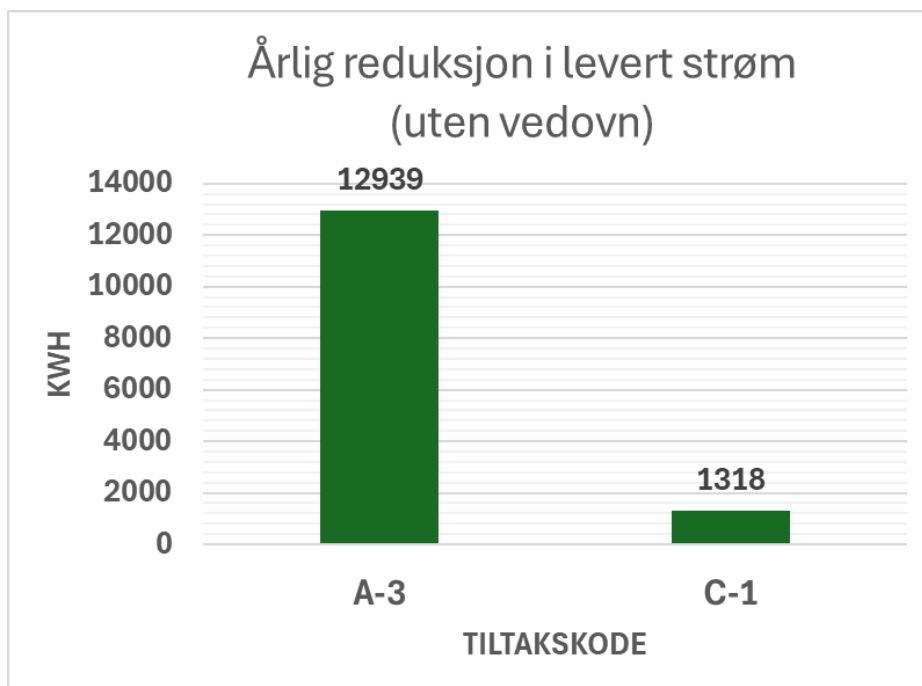
Tiltaket har den laveste forventede levetiden av alle tiltak, og scorer svært godt i forbindelse med effektivitet i reduksjon i levert energi og utslipp. Tiltaket bidrar til å spare ca. 13.000, 10.500 og 17.900 kWh per år for henholdsvis med vedovn (inkl. bio), med vedovn (eks. bio) og uten vedovn. Kun ved høyest utslippsfaktor kutter tiltaket utslipp av nevneverdig verdi, med ca 1.300 og 2.300 kg CO<sub>2</sub>eq/år for henholdsvis med og uten vedovn. Ved høyeste utslippsfaktor blir det totale utslippskuttet ca 22.500 kg og 39.500 kg CO<sub>2</sub>eq total, fra henholdsvis med og uten vedovn, med miljømessig tilbakebetalingstid på 1-2 år. I tilfellet uten vedovn er det kun i scenariet med lavest utslippsfaktor at tiltaket bidrar til netto utslipp, men kun 928 kg CO<sub>2</sub>eq totalt, som er blant de 3 beste prestasjonene av alle tiltak.



Figur 14: Sammenligning av effektiviteten i reduksjon av utslipp fra installasjon av luft-luft-varmepumpe i referansetilstand og rehabilitert tilstand, uten vedovn. Utklipp fra Excel. Eget virke.

Sammenligner vi tiltakene A-3 og C-1, se Figur 14, ser man at A-3 er svært mye mer effektiv enn C-1 i samtlige tilfeller; 882%, 611% og 529% mer effektiv i henholdsvis med vedovn (inkl. bio), med vedovn (eks. bio) og uten vedovn.



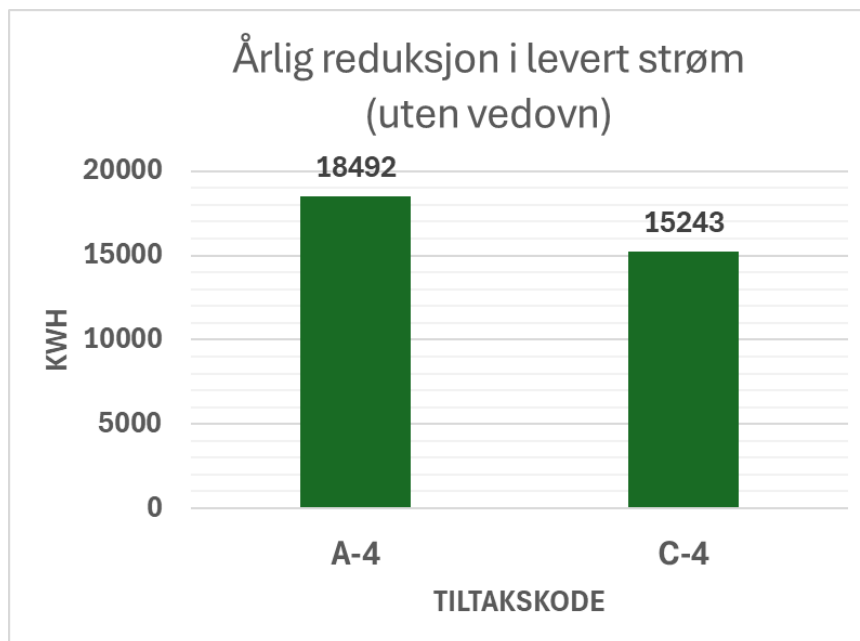


Figur 15: Sammenligning av effektiviteten i reduksjon i levert strøm fra installasjon av luft-luft-varmepumpe i referansetilstand og rehabilitert tilstand, uten vedovn. Utklipp fra Excel. Eget virke.

Det er stor differanse i prestasjonen til varmepumpen i de to tilstandene, som er tydelig i Figur 15. Resultatene antyder at vi får mest ut av en slik varmepumpe dersom den installeres i en bolig tilsvarende referansetilstand uten vedovn (eldre kald bolig).

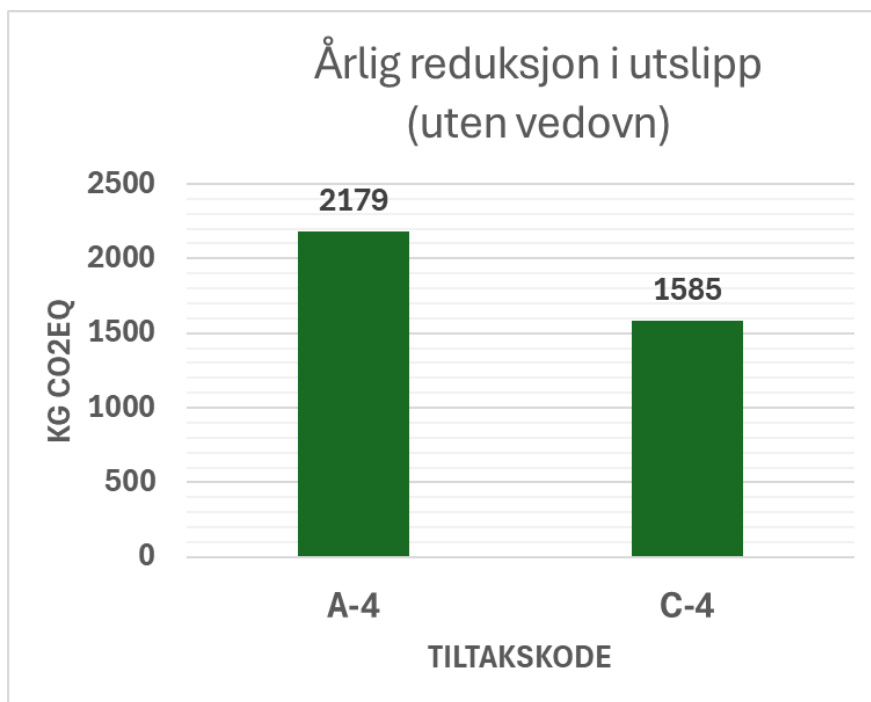
## 5.5 Tiltak A-4 og C-4 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert solceller

Installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller danner en effektiv symbiose, som har blant de topp 5 beste prestasjonene, i både referansetilstand og reabilitilstand. Som resultatene viser, blir energibesparelsen større ved dette tiltaket enn det summen av tiltak A-1 og A-2 utgjør, med 9%, 13% og 2% større energibesparelse, med total energibesparelse på ca.18.500, 13.000 og 20.000 kWh per år, for henholdsvis med vedovn (inkl. bio), med vedovn (eks. bio) og uten vedovn. Dette illustrer fenomenet som oppstår når flere tiltak får virke sammen, og gir en bedre effekt samlet enn enkeltvis.



Figur 16: Sammenligning av effektiviteten i reduksjon i levert strøm fra installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller i referansetilstand og reabilitert tilstand, uten vedovn. Utklipp fra Excel. Eget virke.

Det er interessant å se på den spesifikke prestasjonen til tiltaket, altså hvor effektiv tiltaket er i å redusere levert energi, sammenlignet med når tiltaket utføres i totalrehabilitert tilstand. I tilfellet med vedovn inkludert bioenergi, er A-4 21% mer effektiv enn C-4. Ser man kun på levert strøm (med vedovn) er det omvendt, der C-4 er 5% mer effektiv enn A-4. Men i tilfelle uten vedovn er A-4 31% mer effektiv enn C-4. Resultatene antyder at vi får mest ut av en slik varmepumpe-solcelle-kombinasjon dersom den installeres i en bolig tilsvarende referansetilstand uten vedovn (eldre kald bolig).



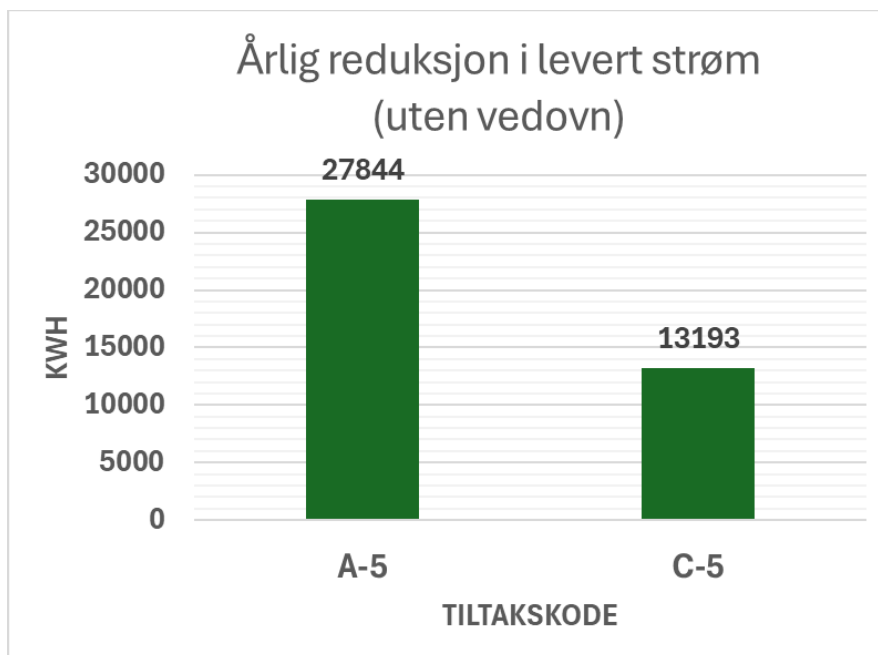
Figur 17: Sammenligning av effektiviteten i reduksjon av utslipp fra installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller i referansetilstand og rehabilitert tilstand, uten vedovn. Utklipp fra Excel. Eget virke.

Når det gjelder prestasjonen til tiltaket i forhold til utslippsreduksjon, er det hovedsakelig et minimalt skille mellom tilfelle med og uten vedovn. Tiltaket presterer bedre i både referanse og rehab i tilfellet uten vedovn, men referanse har betydelig større reduksjonsbidrag uten vedovn. Det er igjen kun den høyeste utslippsfaktoren som gir netto reduksjon i utslipp, både for referanse og rehab. Det er verdt å merke seg at det er minimal forskjell i prestasjonen, tiltakene ligger svært tett i rangeringen. Alt i alt kommer tiltaket moderat godt ut med hensyn på reduksjon av utslipp.

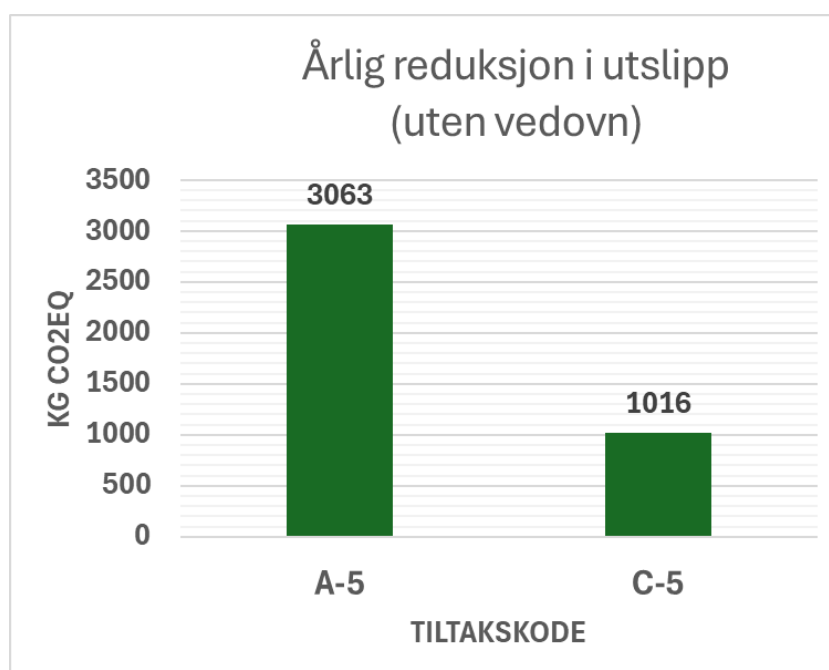
## 5.6 Tiltak A-5 og C-5 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller

Installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller danner, på lik linje som i tiltak A-4, en symbiose, men den ekstra gevinsten er ikke like stor i dette tilfellet. Som resultatene viser, blir energibesparelsen større ved dette tiltaket enn det summen av tiltak A-1 og A-2 utgjør, men kun med ca. 2% større energibesparelse i alle tilfeller, med total energibesparelse på ca. 22.900, 20.500 og 27.800 kWh per år, for henholdsvis med vedovn (inkl. bio), med vedovn (eks. bio) og uten vedovn.

A-5 er mer effektiv enn C-5 i samtlige tilfeller; 98%, 75% og 111% mer effektiv i henholdsvis med vedovn (inkl. bio), med vedovn (eks. bio) og uten vedovn. Resultatene antyder at vi får mest ut av en slik varmepumpe-solcelle-kombinasjon dersom det installeres i en bolig tilsvarende referansetilstand uten vedovn (eldre kald bolig). Dette tiltaket har den høyeste scoren av alle på effektivitet og total reduksjon av levert energi.



Figur 18: Sammenligning av effektiviteten i reduksjon i levert strøm fra installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller i referansetilstand og rehabilitert tilstand, uten vedovn. Utklipp fra Excel. Eget virke.



Figur 19: Sammenligning av effektiviteten i reduksjon av utslipp fra installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller i referansetilstand og rehabilitert tilstand, uten vedovn. Utklipp fra Excel. Eget virke.

Når det gjelder prestasjonen til tiltaket i forhold til utslippsreduksjon, er det hovedsakelig et minimalt skille, både mellom tilfellet med og uten vedovn, og i prestasjonen til tiltakene, som tett i rangeringen. Unntaket er ved den høyeste utslippsfaktoren, der tilfelle uten vedovn reduserer ca. 50% og ca. 25% mer utslipp for henholdsvis referanse og rehab. Det er kun den høyeste utslippsfaktoren som gir netto reduksjon i utslipp, både for referanse og rehab. Alt i alt kommer tiltaket moderat godt ut med hensyn på reduksjon av utslipp.

## 5.7 Tiltak B-1 – Isolering av yttervegger

Ved isolering av yttervegg bidrar man til en reduksjon av byggets varmetap. Ved enkelttiltak som dette, er det i praksis mulighetsvinduer som bør utnyttes, for å minimere den økonomiske merkostnaden. Et eldre bygg som har kledning, vindtetting eller begge som behøver utskifting, er dette et slikt mulighetsvindu til også å etterisolere bygget. I tillegg kan den eksisterende isolasjonen i veggene være i en tilstand som tilsier at den bør skiftes ut. I forbindelse med boliger med kjeller, er det tilsvarende et mulighetsvindu dersom huset har behov for drenering rundt grunnmuren. Fordi energibesparelsen fra tiltaket er moderat, er det ikke ansett som fordelaktig å utføre tiltaket alene, men i kombinasjon med andre tiltak, spesielt utskifting av vinduer. Det er også forskjell på hvorvidt man bør etterisolere fra innsiden eller utsiden, en vurdering som bør gjøres i hvert enkelttilfelle. For hus med lite eller ingen takutstikk kreves det endring av takkonstruksjonen for å muliggjøre tiltaket. Med andre ord er det mer hensiktsmessig å etterisolere yttervegger når man gjør det i kombinasjon med så mange andre tiltak som mulig.

Tiltaket har lang levetid, og presterer moderat bra i forbindelse med effektivitet i reduksjon i levert energi og utslipp. Tiltaket bidrar til å spare ca. 6.200, 3.200 og 5.300 kWh per år for henholdsvis med vedovn (inkl. bio), med vedovn (eks. bio) og uten vedovn. Kun ved høyest utslippsfaktor kutter tiltaket utslipp, med ca 300 og 600 kg CO<sub>2</sub>eq/år for henholdsvis med og uten vedovn. Det årlige utslippskuttet er nokså moderat, men grunnet tiltakets lange forventede levetid, blir det totale utslippskuttet ca 15.000 kg og 30.000 kg CO<sub>2</sub>eq total, fra henholdsvis med og uten vedovn.

## 5.8 Tiltak B-2 – Isolering av gulv mot grunn

Ved isolering av gulv mot grunn bidrar man til en reduksjon av byggets varmetap, men det vil også gjøre eventuell gulvvarme mer effektiv. Dette enkelttiltaket er ikke avhengig av mulighetsvinduer i samme grad som ved for eksempel isolering av yttervegger. Begrensningen kommer heller i form av takhøyde i rommet der gulvet skal isoleres. Radonsperre er også et viktig tiltak, som er innbakt i B-2, men som alene kan rettferdiggjøres av helsemessige grunner. Enkelte områder i Norge er mer eller mindre utsatt for radon, derfor er det en vurdering som bør gjøres i enkelttilfeller. Etablering av gulvvarme, gitt det ikke finnes eller at det eksisterende systemet er modent for utskiftning, er også et godt argument for innføring av tiltaket. Et kaldt kjellergulv har større kondensfare, og ikke minst er det en stor forbedring av termisk komfort med et varmt gulv.

Fordi energibesparelsen fra tiltaket er moderat, er det ikke ansett som fordelaktig å utføre tiltaket alene, men ideelt sett i kombinasjon med luft-vann-varmepumpe. Likevel er ikke tiltaket like avhengig av andre enkelttiltak for å gi utbytte.

Tiltaket har lang levetid, og scorer svært lavt i forbindelse med effektivitet i reduksjon i levert energi og utslipp. Tiltaket bidrar til å spare ca. 2.300, 1.200 og 1.900 kWh per år for henholdsvis med vedovn (inkl. bio), med vedovn (eks. bio) og uten vedovn. Kun ved høyest utslippsfaktor kutter tiltaket utslipp, men kun med beskjedne ca. 16 og 123 kg CO<sub>2</sub>eq/år for henholdsvis med og uten vedovn. Det årlige utslippskuttet er svært lavt, men grunnet tiltakets lange forventede levetid, blir det totale utslippskuttet, gitt den høyeste utslippsfaktoren, ca 800 kg og 6.100 kg CO<sub>2</sub>eq total, fra henholdsvis med og uten vedovn. I alle andre scenarier bidrar tiltaket med utslipp av flere tusen kg CO<sub>2</sub>eq.

## 5.9 Tiltak B-3 – Isolering av tak og kaldloft

Ved isolering av tak og kaldloft bidrar man til en reduksjon av byggets varmetap, i tillegg til å bedre vindtettingen. Ved enkelttiltak som dette, er det i praksis mulighetsvinduer som bør utnyttes, for å minimere den økonomiske merkostnaden. Dersom et eldre bygg som har takstein eller annet takbelegg som behøver utskiftning, er dette et slikt mulighetsvindu til å samtidig etterisolere. I tillegg kan den eksisterende isolasjonen i taket være av en tilstand som tilsier at den bør skiftes ut. Det er også forskjell på hvorvidt man bør etterisolere ved innblåsning fra innsiden, eller konvensjonell montering av isolasjon fra utsiden, en vurdering som bør gjøres i hvert enkelttilfelle. For hus med lite eller ingen takutstikk kreves det endring av takkonstruksjonen for å muliggjøre isolering av veggene, dersom dette er tiltenkt. Derfor vil det være mest hensiktsmessig å isolere taket fra utsiden og samtidig endre takutstikket, og sådan legge opp til eventuell fremtidig isolering av veggene.

Bøhn peker på forskjell i kostnader forbundet med isolering av tak/kaldloft, der kaldloft kan være billigere å isolere enn selve yttertaket, men at det gir mer økonomisk mening å isolere yttertak når man først skal vedlikeholde taket, eller ved omtrekking av taket (29). Dersom huseier selv har kompetanse til å kunne utføre tiltaket selv, er det åpenbart en helt annen kostnadsvurdering som må gjøres, men om man likevel leier inn håndverkere til å utføre vedlikeholdsarbeider på taket, blir merkostnaden ved å i tillegg legge isolasjon relativt liten.

Rasmussen et.al. peker på en nokså lav kostnad ved isolering av kaldloft, på omtrent 21.000 kr (inflasjonsjustert) ved innblåsningsisolasjon på kaldloft, et tiltak som kreves utført av fagpersonell. Samme rapport viser for øvrig til en årlig energibesparelse på omtrent 2.100 kWh i en tilsvarende enebolig (19).

Tiltaket har lang levetid, og scoren er blant de dårligste i forbindelse med effektivitet i reduksjon i levert energi og utslipp. Tiltaket bidrar til å spare ca. 2.600, 1.300 og 2.200 kWh per år for henholdsvis med vedovn (inkl. bio), med vedovn (eks. bio) og uten vedovn. Kun ved høyest utslippsfaktor kutter tiltaket utslipp, med ca 130 og 250 kg CO<sub>2</sub>eq/år for henholdsvis med og uten vedovn. Det årlige utslippskuttet er nokså lavt, men grunnet tiltakets lange forventede levetid, blir det totale utslippskuttet ca 6.500 kg og 12.500 kg CO<sub>2</sub>eq total, fra henholdsvis med og uten vedovn. Det er også verdt å nevne at tiltaket ikke har store utslipp, relativt sett, ved samtlige av de lave utslippsfaktorene, men kun mellom ca. 400 til ca. 2300 kg CO<sub>2</sub>eq totalt.



## 5.10 Tiltak B-4 – Utskiftning av vinduer og dører

Ved utskiftning av vinduer og dører bidrar man til en reduksjon av byggets varmetap, i tillegg til å bedre vindtettingen til en viss grad, pga. bedre tetting rundt vinduer og dører. I likhet med flere av de andre tiltakene i kategori B, får man større virkning av tiltaket når det gjøres i kombinasjon med flere tiltak, da spesielt isolering av yttervegger. Vinduer og yttervegger danner en samlet U-verdi til veggkonstruksjonen, som betyr at veldig gode og nye vinduer i kombinasjon med veldig dårlig isolerte vegger er et økonomisk ugunstig tiltak.

Tiltaket har lang levetid, og scorer nokså godt i forbindelse med effektivitet i reduksjon i levert energi og utslipp. Tiltaket bidrar til å spare ca. 5.900, 3.000 og 5.000 kWh per år for henholdsvis med vedovn (inkl. bio), med vedovn (eks. bio) og uten vedovn. Kun ved de 2 høyeste utslippsfaktorene kutter tiltaket utslipp, med ca 370 og 640 kg CO<sub>2</sub>eq/år for henholdsvis med og uten vedovn. Ved de andre utslippsfaktorene er utslippet likvel svært lavt, og er det tiltaket i kategori B som scorer best på dette området. Grunnet tiltakets lange forventede levetid, blir det totale utslippskuttet på det meste ca 22.000 kg og 38.300 kg CO<sub>2</sub>eq total, fra henholdsvis med og uten vedovn. Det er også verdt å nevne at tiltaket ikke har store utslipp relativt sett ved samtlige av de lave utslippsfaktorene, men kun mellom ca.1.500 til ca. 2.400 kg CO<sub>2</sub>eq totalt. Med hensyn på utslipp er dette tiltaket best i kategori B.

## 5.11 Tiltak B-5 – Installasjon av balansert ventilasjon

Ved installering av balansert ventilasjon bidrar man til en reduksjon av byggets varmetap, ved at mye av varmen som ellers forsvinner ut ved ventilering gjenvinnes, vel å merke endrer man ikke på oppvarmingsbehovet. Man bedrer også inneklimate ved å kontinuerlig tilføre friskluft til boligen. Tiltaket krever en vindtett klimaskjerm for å fungere og for i det hele tatt å være økonomisk forsvarlig. Ved enkelttiltak som dette, er det i praksis mulighetsvinduer som bør utnyttes, for å minimere den økonomiske merkostnaden. Et eldre bygg som har kledning eller vindtetting eller begge som behøver utskiftning, er dette et slikt mulighetsvindu til å innføre tiltaket.

Tiltaket har moderat forventet levetid, og presterer nokså godt i forbindelse med effektivitet i reduksjon i levert energi og utslipp. Tiltaket bidrar til å spare ca. 6.900, 2.600 og 5.600 kWh per år for henholdsvis med vedovn (inkl. bio), med vedovn (eks. bio) og uten vedovn. I gjennomsnitt ligger tiltaket svært nær nøytralt nivå, altså netto utslipp nært null, med ytterpunktene 78 kg (økning) og 676 kg (reduksjon) CO<sub>2</sub>eq/år. Reduksjonen i utslipp som er verdt å nevne er den ved høyest utslippsfaktor, på ca. 6.800 kg og ca. 16.900 kg CO<sub>2</sub>eq totalt, fra henholdsvis med og uten vedovn.

## 5.12 Tiltak C-0 – Innføring av samtlige tiltak i kategori B (total energirehabilitering)

Ved totalrehabilitering, som tiltak C-0 representerer, bidrar man i svært stor grad til en reduksjon av byggets varmetap. Ved en kombinasjon av tiltak som dette, er det mindre hensikstmessig å snakke om mulighetsvinduer, slike totalrehabiliteringer er best utført ved kjøp/salg og før innflytting. For at ikke den økonomiske merkostnaden skal være et hinder, bør ideelt sett bygget som rehabiliteres være i så dårlig stand som mulig på alle områder. Totalrehabilitering er omfattende og kostbart, men energibesparelsen er til gjengjeld svært stor.

Tiltaket har lang levetid samlet sett, men forventet levetid varierer noe for hvert enkelttiltak. Tiltaket scorer svært bra i forbindelse med effektivitet i reduksjon i levert energi og utslipp. Tiltaket bidrar til å spare ca. 22.700, 10.500 og 19.000 kWh per år for henholdsvis med vedovn (inkl. bio), med vedovn (eks. bio) og uten vedovn. Kun ved høyest utslippsfaktor kutter tiltaket utslipp, med ca. 1.000 og ca. 2.200 kg CO<sub>2</sub>eq/år for henholdsvis med og uten vedovn. Det årlige utslippskuttet er relativt bra, og grunnet tiltakets lange forventede levetid, blir det totale utslippskuttet ca 51.700 kg og 109.000 kg CO<sub>2</sub>eq total, fra henholdsvis med og uten vedovn, med den beste scoren av alle tiltak.

Man kan få støtte fra Enova til å utføre oppgradering av bygningskroppen på mellom 100.000 kr og 150.000 kr, avhengig av nivået av oppgradering. Det er også noen forbehold, som blant annet alder på boligen, og at arbeider må være utført av registrert foretak. Ved oppgradering til nivå 3 som tilsvarer TEK10-nivå kan man få inntill 100.000 kr i tilskudd, der det er en estimert reduksjon i spesifikk energibehov på 106,5 kWh/m<sup>2</sup> (30). Resultater fra tiltakets energibudsjett viser til sammenligning en potensiell reduksjon i spesifikt energibehov på 107.2 kWh/m<sup>2</sup>, se Vedlegg P. Støtteordningen ville trolig ikke være tilstrekkelig til å dekke hele investeringskostnaden, men over tid vil tiltaket utvilsomt spare husholdningen for betydelige beløp.

### 5.13 Tiltak C-1 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe i totalrehabiliteret tilstand

Dette tiltaket er i kapittel 5.4 sammenlignet med A-3. Tiltaket scorer svært lavt i forbindelse med effektivitet i reduksjon i levert energi og utslipp. Tiltaket bidrar til å spare ca. 1.300, 1.500 og 2.800 kWh per år for henholdsvis med vedovn (inkl. bio), med vedovn (eks. bio) og uten vedovn. Kun ved høyest utslippsfaktor kutter tiltaket utslipp, men kun med beskjedne 91 og 276 kg CO<sub>2</sub>eq/år for henholdsvis med og uten vedovn, ellers er det årlige utslippet i området ca. 60-100 kg CO<sub>2</sub>eq/år (økning i utslipp). Ved høyeste utslippsfaktor blir det totale utslippskuttet ca 1.500 kg (lavest score) og 4.700 kg (nest lavest score) CO<sub>2</sub>eq totalt, ved henholdsvis med og uten vedovn. Når tiltaket bidrar til utslipp, er likevel det totale økningen lav sammenlignet med andre tiltak, på mellom ca 1.000 og 1.800 CO<sub>2</sub>eq total.

### 5.14 Tiltak C-2 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe i totalrehabiliteret tilstand

Dette tiltaket er i kapittel 5.3 sammenlignet med A-2. Tiltaket scorer moderat til lavt i forbindelse med effektivitet i reduksjon i levert energi og utslipp. Tiltaket bidrar til å spare ca. 5.700, 4.300 og 2.700 kWh per år for henholdsvis med vedovn (inkl. bio), med vedovn (eks. bio) og uten vedovn. Kun ved høyest utslippsfaktor kutter tiltaket utslipp av nevneverdig verdi, men kun 572 og 354 kg CO<sub>2</sub>eq/år for henholdsvis med og uten vedovn, ellers er det årlige utslippet svært nær null. Tiltaket kutter utslipp i alle tilfeller untatt ved lavest utslippsfaktor, og da kun svært lave verdier. Ved høyeste utslippsfaktor blir det totale utslippskuttet ca 11.400 kg og 7.000 kg CO<sub>2</sub>eq totalt, ved henholdsvis med og uten vedovn.

## 5.15 Tiltak C-4 – Installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller i totalrehabilitert tilstand

Installering av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller i totalrehabilitert tilstand, viser svært gode resultater. Tiltaket har den felles forventet levetid på 20 år, der varmepumpen er førende. Som resultatene viser, blir energibesparelsen større ved dette tiltaket enn det summen av tiltak C-2 og C-3 utgjør, med 0,4%, 0,4% og 25% større energibesparelse, med total energibesparelse på ca.15.200, 13.800 og 15.300 kWh per år, for henholdsvis med vedovn (inkl. bio.), med vedovn (eks. bio.) og uten vedovn. Dette illustrer fenomenet som oppstår når flere tiltak får virke sammen, og gir en bedre effekt samlet enn enkeltvis, vel å merke er det kun i tilfellet uten vedovn at denne effekten er betydelig. Tiltaket scorer svært godt i forbindelse med effektivitet i reduksjon i levert energi og utslipp. Kun ved høyest utslippsfaktor kutter tiltaket utslipp, med ca. 1.400 og 1.600 kg CO<sub>2</sub>eq/år for henholdsvis med og uten vedovn. Ved høyeste utslippsfaktor blir det totale utslippskuttet ca 27.800 kg og 31.700 kg CO<sub>2</sub>eq total, fra henholdsvis med og uten vedovn.

## 5.16 Tiltak C-5 – Installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller i totalrehabilitert tilstand

Installering av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller i totalrehabilitert tilstand viser svært gode resultater. Tiltaket har den felles forventet levetid på 17 år, der varmepumpen er førende. Som resultatene viser, blir energibesparelsen større ved dette tiltaket enn det summen av tiltak C-1 og C-3 utgjør, med 7% større energibesparelse i alle tilfeller, med total energibesparelse på ca. 11.600, 11.700 og 13.200 kWh per år, for henholdsvis med vedovn (inkl. bio), med vedovn (eks. bio) og uten vedovn. Dette illustrerer fenomenet som oppstår når flere tiltak får virke sammen, og gir en bedre effekt samlet enn enkeltvis. Særlig i dette tilfellet, der varmepumpen benyttes til kjøling; tidspunktene der behovet for kjøling oppstår (på varme dager med sterk sol) sammenfaller med solcellenes største potensiale for produksjon av strøm. Tiltaket scorer moderat godt i forbindelse med effektivitet i reduksjon i levert energi og utslipp, men kun ved høyest utslippsfaktor; da kutter tiltaket utslipp, med ca 800 og 1.000 kg CO<sub>2</sub>eq/år for henholdsvis med og uten vedovn. Ved de andre utslippsfaktorene er det årlige utslippet størst av alle tiltak, med utslipp på mellom 400 og 600 kg CO<sub>2</sub>eq/år. Ved høyeste utslippsfaktor blir det totale utslippskuttet ca 14.100 kg og 17.200 kg CO<sub>2</sub>eq total, fra henholdsvis med og uten vedovn, mens i resterende tilfeller blir netto utslipp på mellom ca. 7.000 og 11.000 kg CO<sub>2</sub>eq totalt.

## 5.17 Barrierer

Det finnes enkelte barrierer som hindrer det fulle potensialet til den nasjonale energirehabiliteringen. Skeie et.al nevner «[...] reguleringsbestemmelser for bebygd areal og avstand til nabogrense, samt med gesims- og mønehøyder.» som barrierer for utvendig etterisolering, samt at det «[ikke vil være nok med] dispensasjon fra kommunene i hvert enkelt tilfelle.», og at vi derfor trenger «[...] nødvendige endringer [...] i lovverket og i kommunale reguleringsplaner.» (11). Boligeiernes prioritering av andre tiltak, som oppussing av bad eller kjøkken, er også typiske økonomiske barrierer som ikke nødvendigvis er resultat av mangel på kapital; selv om dette også åpenbart er et hinder for mange. Enkelte huseiere som har god tilgang på ved, som bønder og skogeiere, har forståelig nok mangel på insentiv for å investere i relativt dyre energisystemer som varmepumper tross alt er. Huseiere som leier ut sin bolig kan også tenkes å være mindre interessert i å investere store summer i en bolig de ikke selv bruker, og leieboerne vil på sin side heller ikke ha interesse av å utbedre en bolig man selv ikke eier.

## 5.18 Resultatenes relevans

En av de viktigste motivasjonene for arbeidet med denne oppgaven, var at den skulle være så generell som mulig, vel å merke innenfor sin undergruppe av bygg, slik at resultatene var representative for så mange boliger som mulig.

I oppløpet til innleveringen av denne oppgaven, ble flere aktuelle artikler publisert i mediene. En av disse tok for seg Vestfolds første solcellleanlegg, som illustrerer at interessen for solkraft i Norge er til stede. Artikkelen viser til at «Skagerak Kraft og Greenstat har investert over 50 millioner kroner i Vestfolds første solkraftverk. Kraftverket bygges på en tomt hvor det tidligere har vært et sagbruk, men som har stått tomt de senere årene. Anlegget består av rundt 8.800 paneler som skal produsere strøm tilsvarende årsforbruket til mellom 300 og 400 eneboliger.» (31). Det utdypes for øvrig ikke hvorvidt det vises til nye eller eldre eneboliger. Som denne oppgaven illustrerer, kan energibehovet til nye og eldre bygg variere svært mye. Videre nevnes det at prosjektet er godt mottatt; «Mange peker på vind- og solkraft som en del av løsningen, men slike prosjekter er ofte omstridte på grunn av naturinngrep og arealbruk.» (31). Montering av solceller på hustak opptar ikke arealer som ellers kan brukes til andre ting, og er i så måte en fornuftig forvaltning av areal. Som artikkelen påpeker, kan grunnlaget for mye motstand mot solceller være basert på et ønske om ikke å gjøre store naturinngrep.

To andre artikler, publisert med kun et par dagers mellomrom, kastet lys på problematikken rundt de økonomiske konsekvensene for «vanlige folk» som eiere av eldre og kalde boliger. Artikkelen er svært aktuelle, der en av de trekker frem «[Stortingets vedtatte] mål om å

reducere energibruken i eksisterende bygninger med 10 terawattimer (TWh).» (32). Dette tallet er verdt å merke seg. Boliger fra syttitallet har en fordel; Skeie et.al viser blant annet til at utbredelsen av ferdighus på seksti- og syttitallet førte til at byggene var stort sett like hverandre (11). Jo likere byggene er i sin utforming, jo lettere blir det å overføre prinsippene for rehabilitering til disse byggene. Det vises til statistikk fra 2011 i samme rapport, at over 60% av eneboliger bygget på syttitallet er i original tilstand (11). Enova peker i sin rapport på at over 70% av alle boliger ikke har utført noen tiltak (28). Som beskrevet i kapittel 2.3, er det trolig omtrent 750.000 slike eneboliger; 60% av dette er omtrent 450.000 eneboliger. Dersom vi nasjonalt sett vil spare 10 TWh årlig, må i underkant av 450.000 husholdninger, av typen eneboliger drøftet her, løftes fra referansetilstand til TEK17-nivå (basert på et grovestimat).

Hvorvidt det ville hatt større og mer effektiv virkning å subsidiere rehabilitering av norske boliger fremfor å subsidiere el-bilene, slik Norge har gjort i stort monn (33), er et godt utgangspunkt for en spennende debatt, men skal ikke føres i denne oppgaven. Problemstillingen er likevel svært aktuell å ta frem, da eksperter, politikere og teknologer bør strebe etter å tenke høyt, godt og lenge over *alle* mulige løsninger som kan bidra til en mer bærekraftig samfunnsutvikling.

Westrin viser i sin artikkel til eier av et hus fra 80-tallet med energimerke E, der huseieren er bekymret for høye strømgjeldninger, og vurderer å investere i varmepumpe, samt at hun forsøker å isolere huset selv (32). Det er dessverre trolig mange andre som befinner seg i samme situasjon. Artikkelen illustrerer hvordan huseiere ønsker å gjøre tiltak, men ofte kan være begrenset av økonomiske grunner og ikke nødvendigvis vilje eller mangel på kunnskap, selv om dette også er reelle barrierer. Selv om hverken energibehovet eller tiltakene oppgitt i artikkelen er identiske i omfang med de som fremkommer i resultatene i denne oppgaven, er det likevel snakk om betydelige besparelser i energi og penger for den enkelte huseier som er hovedbudskapet. Videre tar artikkelen opp de krevende forholdene i byggebransjen, der det vises til at nybyggingen har avtatt betraktelig, som har ført til krise i byggebransjen. Som resultat «[forsvinner kompetansen] ut av Norge og hvis ikke det kommer virkemidler snarest vil den ikke være der når markedet igjen er klare til å starte. Ved å ha fokus på og komme med virkemidler som gjør at det blir lettere for huseiere å energioppgradere egen bolig, vil vi oppnå enorme samfunnsmessige gevinster. Det vil også bidra til at strømgjeldningen for den enkelte familie reduseres betydelig.», påpekt av administrerende direktør i Isola, Bjørnar Gulliksen (32). At byggebransjen kan sette fokus på rehabilitering i stor grad, nå som nybyggingen har avtatt (vi skriver 2024), er et godt eksempel på hvordan man potensielt kan løse flere problemer samtidig. Boligeierene sliter med høye energipriser, byggebransjen sliter pga færre oppdrag i dyrtid. Det er mye som tyder på at gode og presise støtteordninger er essensielt for å løse problemstillingen. Det er i

utgangspunktet positivt at slike artikler publiseres; det hjelper med å skape oppmerksomhet til tematikken. Utsagn som «[tiltak vil] redusere klimagassutslippene», som vi ser i Westrins artikkel (32), er blitt en svært populær miljøpolitisk formulering. Det problematiske ved slike utsagn er at den er upresis og direkte usann om man sløyfer nyansene. Som resultatene i denne oppgaven viser, er det slett ikke åpenbart at byggetekniske tiltak som reduserer energibehovet samtidig bidrar til å kutte utslipp. Det kommer helt an på i hvilken setting man tar utgangspunkt i: Skal man se på Norge isolert sett, eller må man anse oss som en integrert del av det europeiske fellesskap i de miljø- energi- og klimapolitiske spørsmål og problemstillinger?

Vi som samfunn må ikke glemme det faktum at den enorme velstanden de fleste av oss nyter i dag er basert på utnyttelse av fossile energikilder, kombinert med innovasjon og frie markeder. Millioner av mennesker er følgelig løftet ut av fattigdom, og vår generasjon skylder foregående generasjoner stor takknemlighet for dette. Anerkjennelse av den fossile energiens enorme positive innvirkning på den moderne verden hører hjemme i enhver debatt som omhandler klima og miljø. De eldre byggene vi har så mange av i landet vårt er en refleksjon av sin tid. Samfunnsendringene som har oppstått siden den gang kan og bør også gjenspeiles i våre boliger i dag, på lik linje som før.



## 6. Konklusjon

I forbindelse med rehabilitering av bygningsmassen, er trolig økonomisk kostnad en stor barriere for mange. Vi må anta at huseiere først og fremst investerer i tiltak som gir dem økonomiske fordeler, hovedsakelig gjennom lavere strømregninger. I den forbindelse er det andel reduksjon av energi per krone investert som er aktuell målenhet. Andel reduksjon i utslipp av klimagasser per krone investert er et annet regnskap, som burde være av høy interesse blant politikere og beslutningstakere, men det er ansett som tvilsomt å anta at huseiere utfører rehabilitering utelukkende for å kutte utslipp.

Tungvinte byråkratiske prosesser kan også tenkes å skremme mange huseiere vekk fra rehabiliteringsmulighetene, derfor er strømlinjeforming av slike prosesser også et viktig politisk ansvar.

Det enorme potensialet for reduksjon av energi og utslipp vil trolig kun utløses dersom de rette støtteordningene blir iverksatt. På hvilken måte og i hvilken grad slike ordninger skal konfigureres er ikke åpenbart. Dog er de utvilsomt en stor del av løsningen, sammen med utdanning, folkeopplysning og andre politiske virkemidler.

De viktigste funnene i denne oppgaven hva angår utslipp resulterer i et åpent spørsmål; hva som gir størst kutt i utslipp i rehabiliteringssammenheng kommer utelukkende an på hvilken sammenheng man baserer analysene på, med hensyn på produksjon og utveksling av kraft med Europa. Ser vi på vår nasjon som en del av et større europeisk klima- og miljøfelleskap, er det *all grunn* til å rehabilitere den eldre bygningsmassen, der varmepumper, solceller og totalrehabilitering står frem som de beste teknologiske virkemidlene i den sammenheng.

Som nevnt er det en viktig sammenheng mellom energi og utslipp, men å separere de og anse de som to separate hensyn er også essensielt. Uavhengig av hva resultatene sier om utslipp, viser resultatene et potensiale for å redusere betydelige mengder energi, både for nasjonen som helhet, men også for hver enkelt husholdning. Resultatene antyder at det finnes flere valgmuligheter for ulike byggtekniske utgangspunkt, og sluttbrukeren kan velge blant de tiltak som passer best for seg og sitt bygg. Selv om oppgaven er basert på typiske 70-talls eneboliger, er resultatene utvilsomt nyttig for andre typer bygg også.

Det oppfordres til videre arbeid på problemstillingene drøftet her, der kartlegging av parameterne *antall kWh spart per krone investert* kan gi stor nytteverdi, særlig for sluttbrukeren. *Andel klimagasser redusert per krone investert* ville også kunne være av stor nytteverdi, men da heller for politiske beslutningsprosesser enn for private husholdninger.

## 7. Litteraturliste

1. Direktoratet for Byggkvalitet. Byggereglene før 1997 [Nettsideinformasjon]. DiBK.no2013 [updated 19.11.2013; cited 2024 22.Mars]. Available from: <https://www.dibk.no/regelverk/liste-over-tidligere-regelverk/Byggereglene-for-1997>.
2. Lovdata, Kommunal- og distriktsdepartementet. Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift) FOR-2017-06-19-840 [Forskrift]. 2024 [updated 01.01.2024; cited 2024 10.April]. Available from: <https://lovdata.no/forskrift/2017-06-19-840>
3. Direktoratet for Byggkvalitet. Direktoratet for Byggkvalitet [Nettside]. DiBK.no2024 [cited 2024 10.April]. Available from: <https://www.dibk.no/>
4. Direktoratet for Byggkvalitet. Veiledning om tekniske krav til byggverk [Nettsideinformasjon]. DiBK2024 [cited 2024 10.April]. Available from: <https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17>.
5. Grønn Byggallianse. EUs taksonomi – nye rammebetingelser for bærekraft [Nettsideinformasjon]. Byggalliansen.no2023 [updated 2024; cited 2024 14.Mai]. Available from: <https://byggalliansen.no/kunnskapscenter/nye-rammebetingelser-for-baerekraft-i-bygg-og-eiendom/>
6. Standard Norge. Passivhus [Nettsideinformasjon]. Standardnorge.no: Standard Norge; 2024 [updated 2024; cited 2024 09.April]. Available from: <https://standard.no/fagomrader/energi-og-klima-i-bygg/passivhus/>.
7. England IG, Marton I, Buvik M, Magnussen IH, Langseth B, Skulstad HT, et al. Underlag for langsiktig strategi for energieffektivisering ved renovering av bygninger [Rapport]. nve.no: Norges Vassdrag- og Energidirektorat (NVE), Direktorat for Byggkvalitet (DiBK); 2022 [cited 2024 14.Mai]. Available from: <https://www.nve.no/soek/?term=energirehabilitering>.
8. Standard Norge. Beregning av bygningers energibehov og energiforsyning [Nettsideinformasjon]. standard.no2024 [cited 2024 6.Mai]. Available from: <https://standard.no/fagomrader/energi-og-klima-i-bygg/bygningsenergi/beregning-av-bygningers-energi behov-og-energiforsyning/>.
9. Direktoratet for Byggkvalitet. Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning [Nettside]. DiBK.no2024 [cited 2024 10.April]. Available from: <https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/14/14-2>.
10. Energidepartementet. Energibruk i ulike sektorer [Nettsideinformasjon]. Energifaktanorge.no2024 [updated 24.04.2024; cited 2024 6.Mai]. Available from: <https://energifaktanorge.no/norsk-energibruk/energibruken-i-ulike-sektorer/#husholdninger>.
11. Skeie KS, Lien TKAG, Risholt B. Energiplan - tre trinn for tre epoker [Rapport]. Sintef.no: SINTEF Community / Arkitektur, byggematerialer og konstruksjoner; Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet; 2014 [cited 2024 14.Mai]. Available from: <https://www.sintef.no/publikasjoner/publikasjon/?pubid=1175710>.
12. Nitter K. De mest bærekraftige byggen finnes allerede [Artikkel]. sintef.no; Gemini.no2020 [updated 7. desember 2020; cited 2024 19. Januar]. Available from: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/de-mest-baerekraftige-byggene-finneres-allerede/>.
13. Fuglseth M, Sandberg-Kristoffersen B, Yttersian VL, Storøy A, Saunders J, Lesaca G. KLIMAGASSUTSLIPP FRA OPPGRADERING AV ELDRE BYGG 24 CASE-STUDIER FRA INNLANDET [Rapport]. asplanviak.no2021 [updated 19.02.2021; cited 2024 14.Mai]. Available from: <https://www.asplanviak.no/prosjekter/bygningsvern-og-klimatiltak-en-analyse-av-24-bygninger-i-innlandet/>.
14. Johannesen K. "Hva er ENØK?" [Artikkel]. nemitek.no2019 [updated Fredag 03. mai 2019 - 11:11; cited 2024 19. Januar]. Available from: <https://www.nemitek.no/energisparing-energiokonomisering-enova/hva-er-enok/103681>.
15. The Norwegian EPD Foundation. Hva er en EPD? [Nettsideinformasjon]. epd-norge.no2024 [cited 2024 10. April]. Available from: <https://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/>.

16. lca.no. Hva er LCA? [Nettsideinformasjon]. lca.no2024 [cited 2024 10. April]. Available from: <https://lca.no/hva-er-lca/>.
17. Miljødirektoratet. Klimagassutslipp fra bygninger [Nettsideinformasjon]. Miljødirektoratet.no2022 [updated 27.06.2022; cited 2024 23. Januar]. Available from: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klimateknikk/fns-klimateknikk-ipcc/dette-sier-fns-klimateknikk/sjette-hovedrapport/bygninger/>.
18. Norges Vassdrags- og Energidirektorat. Lavt klimagassutslipp knyttet til norsk strømforbruk i 2021 [Nettsideinformasjon]. nve.no2022 [updated 25.05.2022; cited 2024 10. April]. Available from: <https://www.nve.no/nytt-fra-nve/nyheter-energi/lavt-klimagassutslipp-knyttet-til-norsk-stroemforbruk-i-2021/>.
19. Rasmussen JH, Pedersen BL, Hammerseth A, Matre K. Moltemyrmodellen - Oppgradering av 70-talls bolig mot passivhus standard [Rapport]. Fakultet for teknologi og realfag Universitetet i Agder: Universitetet i Agder; 2013 [cited 2024 14.Mai]. Available from: <https://www.dibk.no/globalassets/2.-verktoy-og-veivisere/energi/moltemyrmodellen-oppggradering-av-70talls-bolig-mot-passivhus-standard.pdf>
20. Lauvrak K. Bærekraftpotensialet ved rehabilitering av den fredede tidligere amerikanske ambassaden i Oslo. En casestudie med klimagassberegning. [Master]. NMBU: Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet; 2021.
21. Bøhn TI, Kjos-Hanssen HS. Kostnadsoptimalitet for gjeldende energikrav i TEK17 [Rapport]. DiBK.no2023 [updated 11.01.2024; cited 2024 14.Mai]. Available from: <https://www.dibk.no/byggtekniske-omrader/beregninger-av-den-okonomiske-lonnsomheten-for-gjeldende-energikrav>.
22. Standard Norge. Klimagassberegninger for bygninger – NS 3720 [Norsk standard]. standard.no2024 [updated 10.04.2024; cited 2024 14.Mai]. 29]. Available from: <https://standard.no/fagomrader/energi-og-klimateknikk-i-bygg/bygningsenergi/klimateknikkberegninger/>.
23. recgroup. REC Solar panels [Nettsideinformasjon]. recgroup.com: REC Solar; 2024 [cited 2024 17. April]. Available from: <https://www.recgroup.com/en/alpha>.
24. Frydenlund S, Lorentzen E. Så lite strøm bruker elbilene [Nettsideinnlegg]. elbil.no: Norsk Elbilforening; 2022 [updated 19.09.2022; cited 2024 14.Mai]. Available from: <https://elbil.no/sa-lite-strom-bruiker-elbilene-2/>.
25. Statistisk Sentralbyrå. Bilparken - statistikk [Statistikk]. SSB.no2023 [updated 03.04.2024; cited 2024 2. Februar]. Available from: <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/landtransport/statistikk/bilparken>.
26. Marioriad S. Environmental and economic assessment of BIPV
- Case study: Home for life in Lystrup, Denmark [Case study]. NTNU: NTNU; 2022.
27. Enova. Solcelleanlegg [Nettsideinformasjon]. enova.no: Enova; 2024 [updated 02.02.2022; cited 2024 14.Mai]. Available from: <https://www.enova.no/privat/alle-energitiltak/solenergi/solcelleanlegg/>.
28. Bjørnstad E. Rehabilitering og energioppgradering av boliger [Rapport]. enova.no2015 [updated Oktober 2015; cited 2024 14.Mai]. Available from: [https://www.enova.no/download?objectPath=upload\\_images/471956070135407C9EC9EB78EB2378CB.pdf&filename=Rehabilitering%20og%20energioppgradering%20av%20boliger.pdf](https://www.enova.no/download?objectPath=upload_images/471956070135407C9EC9EB78EB2378CB.pdf&filename=Rehabilitering%20og%20energioppgradering%20av%20boliger.pdf)
29. Bøhn TI. Kostnader for energieffektivisering i bygg [Rapport]. NVE.no2021 [cited 2024 14.Mai]. Available from: [https://publikasjoner.nve.no/eksternrapport/2021/eksternrapport2021\\_06.pdf](https://publikasjoner.nve.no/eksternrapport/2021/eksternrapport2021_06.pdf).
30. Enova. Oppgardering av bygningskroppen [Nettsideinformasjon]. enova.no: Enova; 2024 [cited 2024 24.April]. Available from: <https://www.enova.no/privat/alle-energitiltak/oppgradere-huset/oppgradering-av-bygningskroppen-/>.
31. Iversen MS, Rivrud K, Endresen LT, Søgaard LC. Sør-Norges første solkraftverk står snart klart – mener det er fordeler med å bygge mindre anlegg [Nyhetsartikkel]. nrk.no: NRK; 2024 [updated 23.04.2024; cited 2024 14.Mai]. Available from:

<https://www.nrk.no/vestfoldogtelemark/bygger-sor-norges-forste-solkraftverk-i-larvik-1.16853561>.

32. Westhrin V. Krever strakstiltak for etterisolering [Nyhetsartikkel]. nrk.no: NRK; 2024 [updated 30.04.2024; cited 2024 14.Mai]. Available from: [https://www.nrk.no/vestfoldogtelemark/alenor-isolerer-huset-selv\\_-kan-spare-14.000-i-stromutgifter-1.16832679](https://www.nrk.no/vestfoldogtelemark/alenor-isolerer-huset-selv_-kan-spare-14.000-i-stromutgifter-1.16832679).

33. Regjeringen. Norge er elektrisk [Artikkel]. regjeringen.no: regjeringen.no; 2022 [updated 10.06.2021; cited 2024 16.April]. Available from: [https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/veg\\_og\\_vegtrafikk/faktaartikler-vei-og-ts/norge-er-elektrisk/id2677481/](https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/veg_og_vegtrafikk/faktaartikler-vei-og-ts/norge-er-elektrisk/id2677481/).

34. Glava. Etterisolering av enebolig 60-70-tallet [Nettsideinformasjon]. glava.no2024 [updated 2024; cited 2024 14.Mai]. Available from: <https://www.glava.no/aktuelt/etterisolere-70-talls-hus>.

# Vedlegg A

Tabell 53: Nøkkeltall for Modellbygget.  
 Under postene «kilde:» i tabellen henvises det til følgende kilder:  
 For «SF25»: (11); for «Glava»: (34); for «Moltemyr»: (19).  
 Utklipp fra Excel. Eget verk.

| KILDE:   | SF25        | Glava | Moltemyr | L.I.Christiansen |
|--|-------------|-------|----------|------------------|
| <b>NØKKELDATA</b>                              |             |       |          |                  |
| BRA [m2]                                       | 171         | 144   | 177      | 162              |
| BTA [m2]                                       | -           | -     | 215,6    | 188              |
| P-ROM [m2]                                     | -           | -     | 141      | -                |
| BYA [m2]                                       | -           | -     | -        | 94               |
| ANTALL ETASJER                                 | -           | 2     | 2        | 2                |
| KJELLER  | -           | nei   | ja       | JA, SOKKEL       |
| OPPVARMET VOLUM [m3]                           | -           | 365   | 390      | 400              |
| <b>NORMALISERT</b>                             |             |       |          |                  |
| KULDEBROVERDI [W/MK]                           | 0,06        | 0,06  | -        | 0,06             |
| SFP [kW/m3/s]                                  | -           | 2,5   | -        | 0,93             |
| LEKASJETALL (n50) [1/h]                        | 8           | -     | 7,63     | 8                |
| NETTO ENERGIBEHOV, ÅRLIG [kWh]                 | 43950       | -     | 48687    | 32494            |
| LEVERT ENERGI, ÅRLIG (KUN DIREKTE EL.) [kWh]   | -           | -     | 34596    | 24002            |
| INNVEDIG TAKHØYDE [m]                          | -           | -     | 2,4      | 2,4              |
| <b>ISOLASJONSTYKKELSER</b>                     |             |       |          |                  |
| YTERVEGG [mm]                                  | 100         | 100   | 100      | 100              |
| KJELLERVEGG [mm]                               | -           | -     | 25       | 50+76            |
| TAK/KALDLOFT (UNDERGURT) [mm]                  | 150         | 150   | 100      | 150              |
| GULV MOT GRUNN [mm]                            | 50          | 100   | 40       | 100              |
| <b>U-verdier [W/m2K]</b>                       |             |       |          |                  |
| VINDU  | 2,7 og 2,4  | 2,6   | -        | 2,49             |
| DØRER  | UISOLERT    | -     | -        | UISOLERT         |
| YTERVEGG                                       | 0,41        | 0,44  | 0,38     | 0,35             |
| YTERVEGG KJELLER                               | -           | -     | 0,5      | 0,35             |
| GULV MOT GRUNN                                 | 0,61 (0,35) | 0,35  | 0,35     | 0,22             |
| TAK/KALDLOFT                                   | 0,28        | 0,27  | 0,35     | 0,33             |
| <b>AREALER [m2]</b>                            |             |       |          |                  |
| YTERVEGGER, TOTALT                             | -           | -     | -        | 168              |
| YTERVEGGER HOVEDETASJE, BRUTTO                 | -           | 182,4 | 118      | 119              |
| YTERVEGGER HOVEDETASJE, NETTO                  | -           | 154,1 | 96       | 96,36            |
| YTERVEGGER KJELLER, BRUTTO                     | -           | -     | 109      | 100              |
| YTERVEGGER KJELLER, NETTO                      | -           | -     | 94       | 90,64            |
| VINUDER OG DØRER                               | 32,5        | 28,3  | 36,16    | 32               |
| VINUDER OG DØRER - KJELLER                     | -           | -     | -        | 9,36             |
| VINUDER OG DØRER - HOVEDETASJE                 | -           | -     | -        | 22,64            |
| SAMLET GLASS-, VINDUS- OG DØRAREAL DELT PÅ BRA | 19 %        | 20 %  | 20 %     | 20 %             |
| TAK (INNVEDIG, MOT KALDLOFT)                   | -           | 78    | 88,7     | 81               |
| Takareal ytre takflate                         | -           | -     | -        | 112              |
| GULV MOT GRUNN                                 | -           | 78    | 88,7     | 81               |
| GULV HOVEDETASJE                               | -           | -     | -        | 81               |
| GULV TOTALT                                    | -           | -     | -        | 162              |

# Vedlegg B

Tabell 54: Kalkylemodell for energibudsjett, basert på output-verdier fra simuleringen; dette eksemplaret viser resultater fra Tiltak A-0 – Referansetilstand versus TEK17-tilstand (med vedovn). Utklipp fra Excel. Eget virke.

| <b>ENERGIBUDSJETT</b>  |  |                                      |                            |                                      |                            |                                      |
|--|--|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| <b>MED VEDOVN</b>  | <b>REFERANSETILSTAND</b>   |                                      | <b>TEK17-TILSTAND</b>      |                                      | <b>ENDRING</b>             |                                      |
| <b>ENERGIPOST</b>  | <b>ENERGIBEHOV [kWh]</b>   | <b>SPESIFIKK [kWh/m<sup>2</sup>]</b> | <b>ENERGIBEHOV [kWh]</b>   | <b>SPESIFIKK [kWh/m<sup>2</sup>]</b> | <b>ENERGIBEHOV [kWh]</b>   | <b>SPESIFIKK [kWh/m<sup>2</sup>]</b> |
| ROMOPPVARMING  | 24699,0  | 152,5                                | 4829,0                     | 29,8                                 | -19870,0                   | -122,7                               |
| VENTILASJONSVARME  | 0,0  | 0,0                                  | 24,0                       | 0,1                                  | 24,0                       | 0,1                                  |
| VARMTVANN  | 4825,0   | 29,8                                 | 4825,0                     | 29,8                                 | 0,0                        | 0,0                                  |
| VIFTER   | 132,0  | 0,8                                  | 1577,0                     | 9,7                                  | 1445,0                     | 8,9                                  |
| PUMPER   | 0,0  | 0,0                                  | 145,0                      | 0,9                                  | 145,0                      | 0,9                                  |
| TEKNISK UTSTYR   | 2838,0   | 17,5                                 | 2838,0                     | 17,5                                 | 0,0                        | 0,0                                  |
| ROMKJØLING   | 0,0  | 0,0                                  | 770,0                      | 4,8                                  | 770,0                      | 4,8                                  |
| VENTILASJONSKJØLING  | 0,0  | 0,0                                  | 0,0                        | 0,0                                  | 0,0                        | 0,0                                  |
| <b>TOTALT NETTO ENERGIBEHOV</b>                                    | <b>32494,0</b>   | <b>200,6</b>                         | <b>15008,0</b>             | <b>92,6</b>                          | <b>-17486,0</b>            | <b>-107,9</b>                        |
| <b>ENERGIVARE</b>  | <b>LEVERT ENERGI [kWh]</b>   | <b>SPESIFIKK [kWh/m<sup>2</sup>]</b> | <b>LEVERT ENERGI [kWh]</b> | <b>SPESIFIKK [kWh/m<sup>2</sup>]</b> | <b>LEVERT ENERGI [kWh]</b> | <b>SPESIFIKK [kWh/m<sup>2</sup>]</b> |
| DIREKTE EL.  | 24002  | 148,2                                | 9511                       | 58,7                                 | -14491                     | -89,5                                |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM   | 0  | 0,0                                  | 1909                       | 11,8                                 | 1909                       | 11,8                                 |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM   | 0  | 0,0                                  | 0                          | 0,0                                  | 0                          | 0,0                                  |
| BIOBRENSSEL  | 15437  | 95,3                                 | 3018                       | 18,6                                 | -12419                     | -76,7                                |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK   | 0  | 0,0                                  | 0                          | 0,0                                  | 0                          | 0,0                                  |
| <b>TOTALT LEVERT ENERGI</b>  | <b>39439</b>   | <b>243,5</b>                         | <b>14438</b>               | <b>89,1</b>                          | <b>-25001</b>              | <b>-154,3</b>                        |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT   | 0  | 0,0                                  | 0                          | 0,0                                  | 0                          | 0,0                                  |
| <b>NETTO LEVERT ENERGI</b>   | <b>39439</b>   | <b>243,5</b>                         | <b>14438</b>               | <b>89,1</b>                          | <b>-25001</b>              | <b>-154,3</b>                        |
| <b>PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:</b>                 |  |                                      |                            |                                      | <b>63 %</b>                |                                      |
| <b>NETTO LEVERT ENERGI EKS. BIOENERGI</b>                          | <b>24002</b>   |                                      | <b>11420</b>               |                                      | <b>-12582</b>              |                                      |
| <b>PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI, EKS. BIOENERGI:</b> |  |                                      |                            |                                      | <b>52 %</b>                |                                      |
| KOMMENTARER:   | Netto levert energi fratrukket biobrensel er beregnet, for å illustrere at vedfyring er fossilfritt/utslippfritt, og at ved ikke kommer som levert energi fra nettet, men i praksis skaffet av huseier selv. |                                      |                            |                                      |                            |                                      |

# Vedlegg C

Tabell 55: Kalkylemodell for energibudsjett basert på output fra simuleringen; dette eksemplaret viser resultater fra Tiltak A-0 – Referansetilstand versus TEK17-tilstand (uten vedovn). Utklipp fra Excel. Eget virke.

| <b>ENERGIBUDSJETT</b>                              |                            |                                      |                            |                                      |                            |                                      |
|--|----------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| <b>UTEN VEDOVN</b>                                 | <b>REFERANSETILSTAND</b>   |                                      | <b>TEK17-TILSTAND</b>      |                                      | <b>ENDRING</b>             |                                      |
| <b>ENERGIPOST</b>                                  | <b>ENERGIBEHOV [kWh]</b>   | <b>SPESIFIKK [kWh/m<sup>2</sup>]</b> | <b>ENERGIBEHOV [kWh]</b>   | <b>SPESIFIKK [kWh/m<sup>2</sup>]</b> | <b>ENERGIBEHOV [kWh]</b>   | <b>SPESIFIKK [kWh/m<sup>2</sup>]</b> |
| ROMOPPVARMING                                      | 24699,0                    | 152,5                                | 4829,0                     | 29,8                                 | -19870,0                   | -122,7                               |
| VENTILASJONSVARME                                  | 0,0                        | 0,0                                  | 24,0                       | 0,1                                  | 24,0                       | 0,1                                  |
| VARMTVANN  | 4825,0                     | 29,8                                 | 4825,0                     | 29,8                                 | 0,0                        | 0,0                                  |
| VIFTER   | 132,0                      | 0,8                                  | 1577,0                     | 9,7                                  | 1445,0                     | 8,9                                  |
| PUMPER   | 0,0                        | 0,0                                  | 145,0                      | 0,9                                  | 145,0                      | 0,9                                  |
| TEKNISK UTSTYR                                     | 2838,0                     | 17,5                                 | 2838,0                     | 17,5                                 | 0,0                        | 0,0                                  |
| ROMKJØLING   | 0,0                        | 0,0                                  | 770,0                      | 4,8                                  | 770,0                      | 4,8                                  |
| VENTILASJONSKJØLING                                | 0,0                        | 0,0                                  | 0,0                        | 0,0                                  | 0,0                        | 0,0                                  |
| <b>TOTALT NETTO ENERGIBEHOV</b>                    | <b>32494,0</b>             | 200,6                                | <b>15008,0</b>             | 92,6                                 | <b>-17486,0</b>            | -107,9                               |
| <b>ENERGIVARE</b>                                  | <b>LEVERT ENERGI [kWh]</b> | <b>SPESIFIKK [kWh/m<sup>2</sup>]</b> | <b>LEVERT ENERGI [kWh]</b> | <b>SPESIFIKK [kWh/m<sup>2</sup>]</b> | <b>LEVERT ENERGI [kWh]</b> | <b>SPESIFIKK [kWh/m<sup>2</sup>]</b> |
| DIREKTE EL.  | 34740                      | 214,4                                | 9511                       | 58,7                                 | -25229                     | -155,7                               |
| EL. TIL VARMEPUMPE SYSTEM                          | 0                          | 0,0                                  | 1909                       | 11,8                                 | 1909                       | 11,8                                 |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                             | 0                          | 0,0                                  | 0                          | 0,0                                  | 0                          | 0,0                                  |
| BIOBRENSSEL  | 0                          | 0,0                                  | 0                          | 0,0                                  | 0                          | 0,0                                  |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                             | 0                          | 0,0                                  | 0                          | 0,0                                  | 0                          | 0,0                                  |
| <b>TOTALT LEVERT ENERGI</b>                        | <b>34740</b>               | 214,4                                | <b>11420</b>               | 70,5                                 | <b>-23320</b>              | -144,0                               |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                               | 0                          | 0,0                                  | 0                          | 0,0                                  | 0                          | 0,0                                  |
| <b>NETTO LEVERT ENERGI</b>                         | <b>34740</b>               | 214,4                                | <b>11420</b>               | 70,5                                 | <b>-23320</b>              | -144,0                               |
| <b>PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:</b> |                            |                                      |                            |                                      | <b>67 %</b>                |                                      |



## Vedlegg D

Tabell 56: Kalkylemodell for livssyklusanalyse. Kalkylen beregner totalt energiproduksjon fra solceller i løpet av levetiden, utslippsfaktor, utslipp per år og netto utslipp fra tiltaket. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ÅR  | ENERGIPRODUKSJON FRA SOLCELLER GITT 0,25% ÅRLIG EFFEKTREDUKSJON [kWh] | UTSLIPPSFAKTOR [g CO <sub>2</sub> eq/kWh] | UTSLIPP [kg CO <sub>2</sub> eq] |
|---|---|---|---------------------------------|
| 1   | 9953,0  | 41,0                                      | -408,1                          |
| 2   | 9753,9  | 41,0                                      | -399,9                          |
| 3   | 9729,6  | 41,0                                      | -398,9                          |
| 4   | 9705,2  | 41,0                                      | -397,9                          |
| 5   | 9681,0  | 41,0                                      | -396,9                          |
| 6   | 9656,8  | 41,0                                      | -395,9                          |
| 7   | 9632,6  | 41,0                                      | -394,9                          |
| 8   | 9608,5  | 41,0                                      | -394,0                          |
| 9   | 9584,5  | 41,0                                      | -393,0                          |
| 10  | 9560,6  | 41,0                                      | -392,0                          |
| 11  | 9536,7  | 41,0                                      | -391,0                          |
| 12  | 9512,8  | 41,0                                      | -390,0                          |
| 13  | 9489,0  | 41,0                                      | -389,1                          |
| 14  | 9465,3  | 41,0                                      | -388,1                          |
| 15  | 9441,6  | 41,0                                      | -387,1                          |
| 16  | 9418,0  | 41,0                                      | -386,1                          |
| 17  | 9394,5  | 41,0                                      | -385,2                          |
| 18  | 9371,0  | 41,0                                      | -384,2                          |
| 19  | 9347,6  | 41,0                                      | -383,3                          |
| 20  | 9324,2  | 41,0                                      | -382,3                          |
| 21  | 9300,9  | 41,0                                      | -381,3                          |
| 22  | 9277,7  | 41,0                                      | -380,4                          |
| 23  | 9254,5  | 41,0                                      | -379,4                          |
| 24  | 9231,3  | 41,0                                      | -378,5                          |
| 25  | 9208,2  | 41,0                                      | -377,5                          |
| SUM   | 237439,1  |   | -9735,0                         |
| NEDBETALINGSTID                               |   |   | 24,6                            |
| RELATIV ANDEL (UTSLIPP EPD/UTSLIPPSREDUKSJON) |   |   | 99 %                            |
| UTSLIPP JF. EPD:                              |   |   | 9594,6                          |
| <b>TOTALE UTSLIPP:</b>                        |   |   | <b>-140,5</b>                   |

# Vedlegg E

Tabell 57: Kalkylemodell for livssyklusanalyse. Kalkylen beregner totalt energiproduksjon fra solceller og reduksjon i levert energi fra luft-vann-varmepumpe i løpet av felles levetid, utslippsfaktor, utslipp per år og netto utslipp fra tiltaket. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIPRODUKSJON FRA SOLCELLER GITT 0,25% ÅRLIG EFFEKTREDUKSJON [kWh] | ENERGIBESPARELSE FRA LUFT-VANN-VARMEPUMPE [kWh] | ÅR  | KOMBINERT [kWh] | UTSLIPPSFAKTOR [g CO2eq/kWh] | UTSLIPP [kg CO2eq] |
|---|---|-----|-----------------|------------------------------|--------------------|
| 9954,0  | 3294,0  | 1   | 13248,0         | 11,0                         | -145,7             |
| 9754,9  | 3294,0  | 2   | 13048,9         | 8,8                          | -114,8             |
| 9730,5  | 3294,0  | 3   | 13024,5         | 7,0                          | -91,7              |
| 9706,2  | 3294,0  | 4   | 13000,2         | 5,6                          | -73,2              |
| 9681,9  | 3294,0  | 5   | 12975,9         | 4,5                          | -58,5              |
| 9657,7  | 3294,0  | 6   | 12951,7         | 3,6                          | -46,7              |
| 9633,6  | 3294,0  | 7   | 12927,6         | 2,9                          | -37,3              |
| 9609,5  | 3294,0  | 8   | 12903,5         | 2,3                          | -29,8              |
| 9585,5  | 3294,0  | 9   | 12879,5         | 1,8                          | -23,8              |
| 9561,5  | 3294,0  | 10  | 12855,5         | 1,5                          | -19,0              |
| 9537,6  | 3294,0  | 11  | 12831,6         | 1,2                          | -15,2              |
| 9513,8  | 3294,0  | 12  | 12807,8         | 0,9                          | -12,1              |
| 9490,0  | 3294,0  | 13  | 12784,0         | 0,8                          | -9,7               |
| 9466,3  | 3294,0  | 14  | 12760,3         | 0,6                          | -7,7               |
| 9442,6  | 3294,0  | 15  | 12736,6         | 0,5                          | -6,2               |
| 9419,0  | 3294,0  | 16  | 12713,0         | 0,4                          | -4,9               |
| 9395,4  | 3294,0  | 17  | 12689,4         | 0,3                          | -3,9               |
| 9372,0  | 3294,0  | 18  | 12666,0         | 0,2                          | -3,1               |
| 9348,5  | 3294,0  | 19  | 12642,5         | 0,2                          | -2,5               |
| 9325,2  | 3294,0  | 20  | 12619,2         | 0,2                          | -2,0               |
| 191185,7  | 65880,0   | SUM | 257065,7        |                              | -707,7             |
| <b>NEDBETALINGSTID</b>  |   |     |                 |                              | <b>279,6</b>       |
| <b>RELATIV ANDEL (UTSLIPP EPD/UTSLIPPSREDUKSJON)</b>                  |   |     |                 |                              | <b>1398 %</b>      |
| <b>UTSLIPP JF. EPD:</b>   |   |     |                 |                              | <b>9894,2</b>      |
| <b>TOTALE UTSLIPP:</b>  |   |     |                 |                              | <b>9186,4</b>      |

# Vedlegg F

Tabell 58: Kalkylemodell for energibudsjett basert på output fra simuleringen;  
Tiltak A-1 – Innstallasjon av solceller i referansetilstand. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT TILTAK A-1                   |                     |                    |                     |                    |                     |                    |
|---|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| MED VEDOVN                                  | REFERANSETILSTAND   |                    | SOLCELLER           |                    | ENDRING             |                    |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| ROMOPPVARMING                               | 24699,0             | 152,5              | 24699,0             | 152,5              | 0,0                 | 0,0                |
| VENTILASJONSVARME                           | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VARMTVANN                                   | 4825,0              | 29,8               | 4825,0              | 29,8               | 0,0                 | 0,0                |
| VIFTER                                      | 132,0               | 0,8                | 132,0               | 0,8                | 0,0                 | 0,0                |
| PUMPER                                      | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| BELYSNING                                   | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0              | 17,5               | 2838,0              | 17,5               | 0,0                 | 0,0                |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                    | 32494,0             | 200,6              | 32494,0             | 200,6              | 0,0                 | 0,0                |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| DIREKTE EL.                                 | 24002               | 148,2              | 24002               | 148,2              | 0                   | 0,0                |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| BIOBRENSEL                                  | 15437               | 95,3               | 15437               | 95,3               | 0                   | 0,0                |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                   | 0,0                | -3881               | -24,0              | -3881               | -24,0              |
| TOTALT LEVERT ENERGI                        | 39439               | 243,5              | 35558               | 219,5              | -3881               | -24,0              |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                   | 0,0                | -6072               | -37,5              | -6072               | -37,5              |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 39439               | 243,5              | 29486               | 182,0              | -9953               | -61,4              |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                    | 25 %                |                    |                     |                    |
| NETTO LEVERT ENERGI - FRATRUKKET BIOBRENSEL | 24002               |                    | 14049               |                    | -9953               |                    |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                    | 41 %                |                    |                     |                    |
| ENERGIBUDSJETT TILTAK A-1                   |                     |                    |                     |                    |                     |                    |
| UTEN VEDOVN                                 | REFERANSETILSTAND   |                    | SOLCELLER           |                    | ENDRING             |                    |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| ROMOPPVARMING                               | 24699,0             | 152,5              | 24699,0             | 152,5              | 0,0                 | 0,0                |
| VENTILASJONSVARME                           | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VARMTVANN                                   | 4825,0              | 29,8               | 4825,0              | 29,8               | 0,0                 | 0,0                |
| VIFTER                                      | 132,0               | 0,8                | 132,0               | 0,8                | 0,0                 | 0,0                |
| PUMPER                                      | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| BELYSNING                                   | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0              | 17,5               | 2838,0              | 17,5               | 0,0                 | 0,0                |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                    | 32494,0             | 200,6              | 32494,0             | 200,6              | 0,0                 | 0,0                |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| DIREKTE EL.                                 | 34740               | 214,4              | 34740               | 214,4              | 0                   | 0,0                |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| BIOBRENSEL                                  | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                   | 0,0                | -4035               | -24,9              | -4035               | -24,9              |
| TOTALT LEVERT ENERGI                        | 34740               | 214,4              | 30705               | 189,5              | -4035               | -24,9              |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                   | 0,0                | -5918               | -36,5              | -5918               | -36,5              |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 34740               | 214,4              | 24787               | 153,0              | -9953               | -61,4              |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                    | 29 %                |                    |                     |                    |

# Vedlegg G

Tabell 59: Kalkylemodell for energibudsjett basert på output fra simuleringen. Tiltak A-2 – Innstallasjon av luft-vann-varmepumpe i referansetilstand. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT                               |                     |                                 |                     |                                 |                     |                                 |
|--|---------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| MED VEDOVN                                   | REFERANSETILSTAND   |                                 | LUFT-VANN-VP        |                                 | ENDRING             |                                 |
| ENERGIPOST                                   | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| ROMOPPVARMING                                | 24699,0             | 152,5                           | 28363,0             | 175,1                           | 3664,0              | 22,6                            |
| VENTILASJONSVARME                            | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| VARMTVANN                                    | 4825,0              | 29,8                            | 4825,0              | 29,8                            | 0,0                 | 0,0                             |
| VIFTER                                       | 132,0               | 0,8                             | 132,0               | 0,8                             | 0,0                 | 0,0                             |
| PUMPER                                       | 0,0                 | 0,0                             | 751,0               | 4,6                             | 751,0               | 4,6                             |
| BELYSNING                                    | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TEKNISK UTSTYR                               | 2838,0              | 17,5                            | 2838,0              | 17,5                            | 0,0                 | 0,0                             |
| ROMKJØLING                                   | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| VENTILASJONSKJØLING                          | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                     | 32494,0             | 200,6                           | 36909,0             | 227,8                           | 4415,0              | 27,3                            |
| ENERGIVARE                                   | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| DIREKTE EL.                                  | 24002               | 148,2                           | 8645                | 53,4                            | -15357              | -94,8                           |
| EL. TIL VARMEPUMPE SYSTEM                    | 0                   | 0,0                             | 13156               | 81,2                            | 13156               | 81,2                            |
| EL. TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| BIOBRENSSEL                                  | 15437               | 95,3                            | 10193               | 62,9                            | -5244               | -32,4                           |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                       | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| TOTALT LEVERT ENERGI                         | 39439               | 243,5                           | 31994               | 197,5                           | -7445               | -46,0                           |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                         | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| NETTO LEVERT ENERGI                          | 39439               | 243,5                           | 31994               | 197,5                           | -7445               | -46,0                           |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:  |                     |                                 | 19 %                |                                 |                     |                                 |
| NETTO LEVERT ENERGI - FRATRUKKET BIOBRENSSEL | 24002               |                                 | 21801               |                                 | -2201               |                                 |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:  |                     |                                 | 9 %                 |                                 |                     |                                 |
| ENERGIBUDSJETT                               |                     |                                 |                     |                                 |                     |                                 |
| UTEN VEDOVN                                  | REFERANSETILSTAND   |                                 | LUFT-VANN-VP        |                                 | ENDRING             |                                 |
| ENERGIPOST                                   | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| ROMOPPVARMING                                | 24699,0             | 152,5                           | 28363,0             | 175,1                           | 3664,0              | 22,6                            |
| VENTILASJONSVARME                            | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| VARMTVANN                                    | 4825,0              | 29,8                            | 4825,0              | 29,8                            | 0,0                 | 0,0                             |
| VIFTER                                       | 132,0               | 0,8                             | 132,0               | 0,8                             | 0,0                 | 0,0                             |
| PUMPER                                       | 0,0                 | 0,0                             | 751,0               | 4,6                             | 751,0               | 4,6                             |
| BELYSNING                                    | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TEKNISK UTSTYR                               | 2838,0              | 17,5                            | 2838,0              | 17,5                            | 0,0                 | 0,0                             |
| ROMKJØLING                                   | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| VENTILASJONSKJØLING                          | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                     | 32494,0             | 200,6                           | 36909,0             | 227,8                           | 4415,0              | 27,3                            |
| ENERGIVARE                                   | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| DIREKTE EL.                                  | 34740               | 214,4                           | 3721                | 23,0                            | -31019              | -191,5                          |
| EL. TIL VARMEPUMPE SYSTEM                    | 0                   | 0,0                             | 20916               | 129,1                           | 20916               | 129,1                           |
| EL. TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| BIOBRENSSEL                                  | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                       | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| TOTALT LEVERT ENERGI                         | 34740               | 214,4                           | 24637               | 152,1                           | -10103              | -62,4                           |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                         | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| NETTO LEVERT ENERGI                          | 34740               | 214,4                           | 24637               | 152,1                           | -10103              | -62,4                           |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:  |                     |                                 | 29 %                |                                 |                     |                                 |

# Vedlegg H

Tabell 60: Kalkylemodell for energibudsjett basert på output fra simuleringen. Tiltak A-3 – Innstallasjon av luft-luft-varmepumpe i referansetilstand. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT                              |                     |                    |                     |                    |                     |                    |
|---|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| MED VEDOVN                                  | REFERANSETILSTAND   |                    | LUFT-LUFT-VP        |                    | ENDRING             |                    |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| ROMOPPVARMING                               | 24699,0             | 152,5              | 20903,0             | 129,0              | -3796,0             | -23,4              |
| VENTILASJONSVARME                           | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VARMTVANN                                   | 4825,0              | 29,8               | 4825,0              | 29,8               | 0,0                 | 0,0                |
| VIFTER                                      | 132,0               | 0,8                | 132,0               | 0,8                | 0,0                 | 0,0                |
| PUMPER                                      | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| BELYSNING                                   | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0              | 17,5               | 2838,0              | 17,5               | 0,0                 | 0,0                |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                 | 0,0                | 1059,0              | 6,5                | 1059,0              | 6,5                |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                    | 32494,0             | 200,6              | 29757,0             | 183,7              | -2737,0             | -16,9              |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| DIREKTE EL.                                 | 24002               | 148,2              | 8317                | 51,3               | -15685              | -96,8              |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                   | 0,0                | 5119                | 31,6               | 5119                | 31,6               |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| BIOBRENSEL                                  | 15437               | 95,3               | 13064               | 80,6               | -2373               | -14,6              |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| TOTALT LEVERT ENERGI                        | 39439               | 243,5              | 26500               | 163,6              | -12939              | -79,9              |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 39439               | 243,5              | 26500               | 163,6              | -12939              | -79,9              |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                    | 33 %                |                    |                     |                    |
| NETTO LEVERT ENERGI - FRATRUKKET BIOBRENSEL | 24002               |                    | 13436               |                    | -10566              |                    |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                    | 44 %                |                    |                     |                    |
| ENERGIBUDSJETT                              |                     |                    |                     |                    |                     |                    |
| UTEN VEDOVN                                 | REFERANSETILSTAND   |                    | LUFT-LUFT-VP        |                    | ENDRING             |                    |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| ROMOPPVARMING                               | 24699,0             | 152,5              | 20903,0             | 129,0              | -3796,0             | -23,4              |
| VENTILASJONSVARME                           | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VARMTVANN                                   | 4825,0              | 29,8               | 4825,0              | 29,8               | 0,0                 | 0,0                |
| VIFTER                                      | 132,0               | 0,8                | 132,0               | 0,8                | 0,0                 | 0,0                |
| PUMPER                                      | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| BELYSNING                                   | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0              | 17,5               | 2838,0              | 17,5               | 0,0                 | 0,0                |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                 | 0,0                | 1059,0              | 6,5                | 1059,0              | 6,5                |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                    | 32494,0             | 200,6              | 29757,0             | 183,7              | -2737,0             | -16,9              |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| DIREKTE EL.                                 | 34740               | 214,4              | 8317                | 51,3               | -26423              | -163,1             |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                   | 0,0                | 8532                | 52,7               | 8532                | 52,7               |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| BIOBRENSEL                                  | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| TOTALT LEVERT ENERGI                        | 34740               | 214,4              | 16849               | 104,0              | -17891              | -110,4             |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 34740               | 214,4              | 16849               | 104,0              | -17891              | -110,4             |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                    | 51 %                |                    |                     |                    |

# Vedlegg I

Tabell 61: Kalkylemodell for energibudsjett basert på output fra simuleringen. Tiltak A-4 – Innstallasjon av luftvann-varmepumpe kombinert med solceller i referansetilstand. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT                              |                     |                    |                          |                    |                     |                    |
|---|---------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| MED VEDOVN                                  | REFERANSETILSTAND   |                    | LUFT-VANN-VP + SOLCELLER |                    | ENDRING             |                    |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| ROMOPPVARMING                               | 24699,0             | 152,5              | 28363,0                  | 175,1              | 3664,0              | 22,6               |
| VENTILASJONSVARME                           | 0,0                 | 0,0                | 0,0                      | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VARMTVANN                                   | 4825,0              | 29,8               | 4825,0                   | 29,8               | 0,0                 | 0,0                |
| VIFTER                                      | 132,0               | 0,8                | 132,0                    | 0,8                | 0,0                 | 0,0                |
| PUMPER                                      | 0,0                 | 0,0                | 751,0                    | 4,6                | 751,0               | 4,6                |
| BELYSNING                                   | 0,0                 | 0,0                | 0,0                      | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0              | 17,5               | 2838,0                   | 17,5               | 0,0                 | 0,0                |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                 | 0,0                | 0,0                      | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                 | 0,0                | 0,0                      | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                    | 32494,0             | 200,6              | 36909,0                  | 227,8              | 4415,0              | 27,3               |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh]      | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| DIREKTE EL.                                 | 24002               | 148,2              | 3721                     | 23,0               | -20281              | -125,2             |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                   | 0,0                | 16986                    | 104,9              | 16986               | 104,9              |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                   | 0,0                | 0                        | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| BIOBRENSEL                                  | 15437               | 95,3               | 10193                    | 62,9               | -5244               | -32,4              |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                   | 0,0                | -3791                    | -23,4              | -3791               | -23,4              |
| TOTALT LEVERT ENERGI                        | 39439               | 243,5              | 27109                    | 167,3              | -12330              | -76,1              |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                   | 0,0                | -6162                    | -38,0              | -6162               | -38,0              |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 39439               | 243,5              | 20947                    | 129,3              | -18492              | -114,1             |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                    | 47 %                     |                    |                     |                    |
| NETTO LEVERT ENERGI - FRATRUKKET BIOBRENSEL | 24002               |                    | 10754                    |                    | -13248              |                    |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                    | 55 %                     |                    |                     |                    |
| ENERGIBUDSJETT                              |                     |                    |                          |                    |                     |                    |
| UTEN VEDOVN                                 | REFERANSETILSTAND   |                    | LUFT-VANN-VP + SOLCELLER |                    | ENDRING             |                    |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| ROMOPPVARMING                               | 24699,0             | 152,5              | 28363,0                  | 175,1              | 3664,0              | 22,6               |
| VENTILASJONSVARME                           | 0,0                 | 0,0                | 0,0                      | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VARMTVANN                                   | 4825,0              | 29,8               | 4825,0                   | 29,8               | 0,0                 | 0,0                |
| VIFTER                                      | 132,0               | 0,8                | 132,0                    | 0,8                | 0,0                 | 0,0                |
| PUMPER                                      | 0,0                 | 0,0                | 751,0                    | 4,6                | 751,0               | 4,6                |
| BELYSNING                                   | 0,0                 | 0,0                | 0,0                      | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0              | 17,5               | 2838,0                   | 17,5               | 0,0                 | 0,0                |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                 | 0,0                | 0,0                      | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                 | 0,0                | 0,0                      | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                    | 32494,0             | 200,6              | 36909,0                  | 227,8              | 4415,0              | 27,3               |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh]      | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| DIREKTE EL.                                 | 34740               | 214,4              | 3721                     | 23,0               | -31019              | -191,5             |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                   | 0,0                | 20916                    | 129,1              | 20916               | 129,1              |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                   | 0,0                | 0                        | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| BIOBRENSEL                                  | 0                   | 0,0                | 0                        | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                   | 0,0                | -3874                    | -23,9              | -3874               | -23,9              |
| TOTALT LEVERT ENERGI                        | 34740               | 214,4              | 20763                    | 128,2              | -13977              | -86,3              |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                   | 0,0                | -6079                    | -37,5              | -6079               | -37,5              |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 34740               | 214,4              | 14684                    | 90,6               | -20056              | -123,8             |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                    | 58 %                     |                    |                     |                    |

# Vedlegg J

Tabell 62: Kalkylemodell for energibudsjett basert på output fra simuleringen. Tiltak A-5 – Innstallasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller i referansetilstand. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT                              |                     |                    |                          |                    |                     |                    |
|---|---------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| MED VEDOVN                                  | REFERANSETILSTAND   |                    | LUFT-LUFT-VP + SOLCELLER |                    | ENDRING             |                    |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| ROMOPPVARMING                               | 24699,0             | 152,5              | 20903,0                  | 129,0              | -3796,0             | -23,4              |
| VENTILASJONSVARME                           | 0,0                 | 0,0                | 0,0                      | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VARMTVANN                                   | 4825,0              | 29,8               | 4825,0                   | 29,8               | 0,0                 | 0,0                |
| VIFTER                                      | 132,0               | 0,8                | 132,0                    | 0,8                | 0,0                 | 0,0                |
| PUMPER                                      | 0,0                 | 0,0                | 0,0                      | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| BELYSNING                                   | 0,0                 | 0,0                | 0,0                      | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0              | 17,5               | 2838,0                   | 17,5               | 0,0                 | 0,0                |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                 | 0,0                | 1059,0                   | 6,5                | 1059,0              | 6,5                |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                 | 0,0                | 0,0                      | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                    | 32494,0             | 200,6              | 29757,0                  | 183,7              | -2737,0             | -16,9              |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh]      | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| DIREKTE EL.                                 | 24002               | 148,2              | 8317                     | 51,3               | -15685              | -96,8              |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                   | 0,0                | 5119                     | 31,6               | 5119                | 31,6               |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                   | 0,0                | 0                        | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| BIOBRENSEL                                  | 15437               | 95,3               | 13064                    | 80,6               | -2373               | -14,6              |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                   | 0,0                | -3885                    | -24,0              | -3885               | -24,0              |
| TOTALT LEVERT ENERGI                        | 39439               | 243,5              | 22615                    | 139,6              | -16824              | -103,9             |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                   | 0,0                | -6068                    | -37,5              | -6068               | -37,5              |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 39439               | 243,5              | 16547                    | 102,1              | -22892              | -141,3             |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                    | 58 %                     |                    |                     |                    |
| NETTO LEVERT ENERGI - FRATRUKKET BIOBRENSEL |                     | 24002              | 3483                     |                    | -20519              |                    |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                    | 85 %                     |                    |                     |                    |
| ENERGIBUDSJETT                              |                     |                    |                          |                    |                     |                    |
| UTEN VEDOVN                                 | REFERANSETILSTAND   |                    | LUFT-LUFT-VP + SOLCELLER |                    | ENDRING             |                    |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| ROMOPPVARMING                               | 24699,0             | 152,5              | 20903,0                  | 129,0              | -3796,0             | -23,4              |
| VENTILASJONSVARME                           | 0,0                 | 0,0                | 0,0                      | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VARMTVANN                                   | 4825,0              | 29,8               | 4825,0                   | 29,8               | 0,0                 | 0,0                |
| VIFTER                                      | 132,0               | 0,8                | 132,0                    | 0,8                | 0,0                 | 0,0                |
| PUMPER                                      | 0,0                 | 0,0                | 0,0                      | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| BELYSNING                                   | 0,0                 | 0,0                | 0,0                      | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0              | 17,5               | 2838,0                   | 17,5               | 0,0                 | 0,0                |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                 | 0,0                | 1059,0                   | 6,5                | 1059,0              | 6,5                |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                 | 0,0                | 0,0                      | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                    | 32494,0             | 200,6              | 29757,0                  | 183,7              | -2737,0             | -16,9              |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh]      | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| DIREKTE EL.                                 | 34740               | 214,4              | 8317                     | 51,3               | -26423              | -163,1             |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                   | 0,0                | 8532                     | 52,7               | 8532                | 52,7               |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                   | 0,0                | 0                        | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| BIOBRENSEL                                  | 0                   | 0,0                | 0                        | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                   | 0,0                | -3937                    | -24,3              | -3937               | -24,3              |
| TOTALT LEVERT ENERGI                        | 34740               | 214,4              | 12912                    | 79,7               | -21828              | -134,7             |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                   | 0,0                | -6016                    | -37,1              | -6016               | -37,1              |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 34740               | 214,4              | 6896                     | 42,6               | -27844              | -171,9             |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                    | 80 %                     |                    |                     |                    |

# Vedlegg K

Tabell 63: Kalkylemodell for energibudsjett basert på output fra simuleringen. Tiltak B-1 – isolering av yttervegg. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT                                 |                        |                                    |                        |                                    |                        |                                    |
|--|------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------------------|
| <u>MED VEDOVN</u>                              | REFERANSETILSTAND      |                                    | ISOLERE<br>YTTERVEGGER |                                    | ENDRING                |                                    |
| ENERGIPOST                                     | ENERGIBEHOV<br>[kWh]   | SPESIFIKK<br>[kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV<br>[kWh]   | SPESIFIKK<br>[kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV<br>[kWh]   | SPESIFIKK<br>[kWh/m <sup>2</sup> ] |
| ROMOPPVARMING                                  | 24699,0                | 152,5                              | 19804,0                | 122,2                              | -4895,0                | -30,2                              |
| VENTILASJONSVARME                              | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                |
| VARMTVANN                                      | 4825,0                 | 29,8                               | 4825,0                 | 29,8                               | 0,0                    | 0,0                                |
| VIFTER   | 132,0                  | 0,8                                | 132,0                  | 0,8                                | 0,0                    | 0,0                                |
| PUMPER   | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                |
| BELYSNING                                      | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                |
| TEKNISK UTSTYR                                 | 2838,0                 | 17,5                               | 2838,0                 | 17,5                               | 0,0                    | 0,0                                |
| ROMKJØLING                                     | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                |
| VENTILASJONSKJØLING                            | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                       | 32494,0                | 200,6                              | 27599,0                | 170,4                              | -4895,0                | -30,2                              |
| ENERGIVARE                                     | LEVERT<br>ENERGI [kWh] | SPESIFIKK<br>[kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT<br>ENERGI [kWh] | SPESIFIKK<br>[kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT<br>ENERGI [kWh] | SPESIFIKK<br>[kWh/m <sup>2</sup> ] |
| DIREKTE EL.                                    | 24002                  | 148,2                              | 20810                  | 128,5                              | -3192                  | -19,7                              |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                       | 0                      | 0,0                                | 0                      | 0,0                                | 0                      | 0,0                                |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                         | 0                      | 0,0                                | 0                      | 0,0                                | 0                      | 0,0                                |
| BIOBRENSEL                                     | 15437                  | 95,3                               | 12378                  | 76,4                               | -3059                  | -18,9                              |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                         | 0                      | 0,0                                | 0                      | 0,0                                | 0                      | 0,0                                |
| TOTALT LEVERT ENERGI                           | 39439                  | 243,5                              | 33188                  | 204,9                              | -6251                  | -38,6                              |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                           | 0                      | 0,0                                | 0                      | 0,0                                | 0                      | 0,0                                |
| NETTO LEVERT ENERGI                            | 39439                  | 243,5                              | 33188                  | 204,9                              | -6251                  | -38,6                              |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:    |                        |                                    | 16 %                   |                                    |                        |                                    |
| NETTO LEVERT ENERGI -<br>FRATRUKKET BIOBRENSEL | 24002                  |                                    | 20810                  |                                    | -3192                  |                                    |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:    |                        |                                    | 13 %                   |                                    |                        |                                    |
| ENERGIBUDSJETT                                 |                        |                                    |                        |                                    |                        |                                    |
| <u>UTEN VEDOVN</u>                             | REFERANSETILSTAND      |                                    | ISOLERE<br>YTTERVEGGER |                                    | ENDRING                |                                    |
| ENERGIPOST                                     | ENERGIBEHOV<br>[kWh]   | SPESIFIKK<br>[kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV<br>[kWh]   | SPESIFIKK<br>[kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV<br>[kWh]   | SPESIFIKK<br>[kWh/m <sup>2</sup> ] |
| ROMOPPVARMING                                  | 24699,0                | 152,5                              | 19804,0                | 122,2                              | -4895,0                | -30,2                              |
| VENTILASJONSVARME                              | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                |
| VARMTVANN                                      | 4825,0                 | 29,8                               | 4825,0                 | 29,8                               | 0,0                    | 0,0                                |
| VIFTER   | 132,0                  | 0,8                                | 132,0                  | 0,8                                | 0,0                    | 0,0                                |
| PUMPER   | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                |
| BELYSNING                                      | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                |
| TEKNISK UTSTYR                                 | 2838,0                 | 17,5                               | 2838,0                 | 17,5                               | 0,0                    | 0,0                                |
| ROMKJØLING                                     | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                |
| VENTILASJONSKJØLING                            | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                                |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                       | 32494,0                | 200,6                              | 27599,0                | 170,4                              | -4895,0                | -30,2                              |
| ENERGIVARE                                     | LEVERT<br>ENERGI [kWh] | SPESIFIKK<br>[kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT<br>ENERGI [kWh] | SPESIFIKK<br>[kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT<br>ENERGI [kWh] | SPESIFIKK<br>[kWh/m <sup>2</sup> ] |
| DIREKTE EL.                                    | 34740                  | 214,4                              | 29420                  | 181,6                              | -5320                  | -32,8                              |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                       | 0                      | 0,0                                | 0                      | 0,0                                | 0                      | 0,0                                |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                         | 0                      | 0,0                                | 0                      | 0,0                                | 0                      | 0,0                                |
| BIOBRENSEL                                     | 0                      | 0,0                                | 0                      | 0,0                                | 0                      | 0,0                                |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                         | 0                      | 0,0                                | 0                      | 0,0                                | 0                      | 0,0                                |
| TOTALT LEVERT ENERGI                           | 34740                  | 214,4                              | 29420                  | 181,6                              | -5320                  | -32,8                              |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                           | 0                      | 0,0                                | 0                      | 0,0                                | 0                      | 0,0                                |
| NETTO LEVERT ENERGI                            | 34740                  | 214,4                              | 29420                  | 181,6                              | -5320                  | -32,8                              |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:    |                        |                                    | 15 %                   |                                    |                        |                                    |



# Vedlegg L

Tabell 64: Kalkylemodell for energibudsjett basert på output fra simuleringen. Tiltak B-2 – isolering av gulv mot grunn. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT                              |                     |                    |                        |                    |                     |                    |
|---|---------------------|--------------------|------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| <u>MED VEDOVN</u>                           | REFERANSETILSTAND   |                    | ISOLERE GULV MOT GRUNN |                    | ENDRING             |                    |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]      | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| ROMOPPVARMING                               | 24699,0             | 152,5              | 22894,0                | 141,3              | -1805,0             | -11,1              |
| VENTILASJONSVARME                           | 0,0                 | 0,0                | 0,0                    | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VARMTVANN                                   | 4825,0              | 29,8               | 4825,0                 | 29,8               | 0,0                 | 0,0                |
| VIFTER                                      | 132,0               | 0,8                | 132,0                  | 0,8                | 0,0                 | 0,0                |
| PUMPER                                      | 0,0                 | 0,0                | 0,0                    | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| BELYSNING                                   | 0,0                 | 0,0                | 0,0                    | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0              | 17,5               | 2838,0                 | 17,5               | 0,0                 | 0,0                |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                 | 0,0                | 0,0                    | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                 | 0,0                | 0,0                    | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                    | 32494,0             | 200,6              | 30689,0                | 189,4              | -1805,0             | -11,1              |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh]    | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| DIREKTE EL.                                 | 24002               | 148,2              | 22824                  | 140,9              | -1178               | -7,3               |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                   | 0,0                | 0                      | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                   | 0,0                | 0                      | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| BIOBRENSEL                                  | 15437               | 95,3               | 14308                  | 88,3               | -1129               | -7,0               |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                   | 0,0                | 0                      | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| TOTALT LEVERT ENERGI                        | 39439               | 243,5              | 37132                  | 229,2              | -2307               | -14,2              |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                   | 0,0                | 0                      | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 39439               | 243,5              | 37132                  | 229,2              | -2307               | -14,2              |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                    | 6 %                    |                    |                     |                    |
| NETTO LEVERT ENERGI - FRATRUKKET BIOBRENSEL | 24002               |                    | 22824                  |                    | -1178               |                    |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                    | 5 %                    |                    |                     |                    |
| ENERGIBUDSJETT                              |                     |                    |                        |                    |                     |                    |
| <u>UTEN VEDOVN</u>                          | REFERANSETILSTAND   |                    | ISOLERE GULV MOT GRUNN |                    | ENDRING             |                    |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]      | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| ROMOPPVARMING                               | 24699,0             | 152,5              | 22894,0                | 141,3              | -1805,0             | -11,1              |
| VENTILASJONSVARME                           | 0,0                 | 0,0                | 0,0                    | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VARMTVANN                                   | 4825,0              | 29,8               | 4825,0                 | 29,8               | 0,0                 | 0,0                |
| VIFTER                                      | 132,0               | 0,8                | 132,0                  | 0,8                | 0,0                 | 0,0                |
| PUMPER                                      | 0,0                 | 0,0                | 0,0                    | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| BELYSNING                                   | 0,0                 | 0,0                | 0,0                    | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0              | 17,5               | 2838,0                 | 17,5               | 0,0                 | 0,0                |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                 | 0,0                | 0,0                    | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                 | 0,0                | 0,0                    | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                    | 32494,0             | 200,6              | 30689,0                | 189,4              | -1805,0             | -11,1              |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh]    | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| DIREKTE EL.                                 | 34740               | 214,4              | 32778                  | 202,3              | -1962               | -12,1              |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                   | 0,0                | 0                      | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                   | 0,0                | 0                      | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| BIOBRENSEL                                  | 0                   | 0,0                | 0                      | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                   | 0,0                | 0                      | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| TOTALT LEVERT ENERGI                        | 34740               | 214,4              | 32778                  | 202,3              | -1962               | -12,1              |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                   | 0,0                | 0                      | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 34740               | 214,4              | 32778                  | 202,3              | -1962               | -12,1              |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                    | 6 %                    |                    |                     |                    |

# Vedlegg M

Tabell 65: Kalkylemodell for energibudsjett basert på output fra simuleringen. Tiltak B-3 – isolering av tak og kaldloft. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT                              |                     |                                 |                      |                                 |                     |                                 |
|---|---------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| MED VEDOVN                                  | REFERANSETILSTAND   |                                 | ISOLERE TAK/KALDLOFT |                                 | ENDRING             |                                 |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]    | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| ROMOPPVARMING                               | 24699,0             | 152,5                           | 22680,0              | 140,0                           | -2019,0             | -12,5                           |
| VENTILASJONSVARME                           | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| VARMTVANN                                   | 4825,0              | 29,8                            | 4825,0               | 29,8                            | 0,0                 | 0,0                             |
| VIFTER                                      | 132,0               | 0,8                             | 132,0                | 0,8                             | 0,0                 | 0,0                             |
| PUMPER                                      | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| BELYSNING                                   | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0              | 17,5                            | 2838,0               | 17,5                            | 0,0                 | 0,0                             |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                    | 32494,0             | 200,6                           | 30475,0              | 188,1                           | -2019,0             | -12,5                           |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh]  | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| DIREKTE EL.                                 | 24002               | 148,2                           | 22685                | 140,0                           | -1317               | -8,1                            |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                   | 0,0                             | 0                    | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                   | 0,0                             | 0                    | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| BIOBRENSEL                                  | 15437               | 95,3                            | 14175                | 87,5                            | -1262               | -7,8                            |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                   | 0,0                             | 0                    | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| TOTALT LEVERT ENERGI                        | 39439               | 243,5                           | 36860                | 227,5                           | -2579               | -15,9                           |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                   | 0,0                             | 0                    | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 39439               | 243,5                           | 36860                | 227,5                           | -2579               | -15,9                           |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                                 | 7 %                  |                                 |                     |                                 |
| NETTO LEVERT ENERGI - FRATRUKKET BIOBRENSEL | 24002               |                                 | 22685                |                                 | -1317               |                                 |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                                 | 5 %                  |                                 |                     |                                 |
| ENERGIBUDSJETT                              |                     |                                 |                      |                                 |                     |                                 |
| UTEN VEDOVN                                 | REFERANSETILSTAND   |                                 | ISOLERE TAK/KALDLOFT |                                 | ENDRING             |                                 |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]    | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| ROMOPPVARMING                               | 24699,0             | 152,5                           | 22680,0              | 140,0                           | -2019,0             | -12,5                           |
| VENTILASJONSVARME                           | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| VARMTVANN                                   | 4825,0              | 29,8                            | 4825,0               | 29,8                            | 0,0                 | 0,0                             |
| VIFTER                                      | 132,0               | 0,8                             | 132,0                | 0,8                             | 0,0                 | 0,0                             |
| PUMPER                                      | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| BELYSNING                                   | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0              | 17,5                            | 2838,0               | 17,5                            | 0,0                 | 0,0                             |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                    | 32494,0             | 200,6                           | 30475,0              | 188,1                           | -2019,0             | -12,5                           |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh]  | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| DIREKTE EL.                                 | 34740               | 214,4                           | 32546                | 200,9                           | -2194               | -13,5                           |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                   | 0,0                             | 0                    | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                   | 0,0                             | 0                    | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| BIOBRENSEL                                  | 0                   | 0,0                             | 0                    | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                   | 0,0                             | 0                    | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| TOTALT LEVERT ENERGI                        | 34740               | 214,4                           | 32546                | 200,9                           | -2194               | -13,5                           |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                   | 0,0                             | 0                    | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 34740               | 214,4                           | 32546                | 200,9                           | -2194               | -13,5                           |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                                 | 6 %                  |                                 |                     |                                 |

# Vedlegg N

Tabell 66: Kalkylemodell for energibudsjett basert på output fra simuleringen. Tiltak B-4 – utskifting av vinduer og dører. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT                               |                     |                                 |                      |                                 |                     |                                 |
|--|---------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| <u>MED VEDOVN</u>                            | REFERANSETILSTAND   |                                 | NYE VINDUER OG DØRER |                                 | ENDRING             |                                 |
| ENERGIPOST                                   | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]    | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| ROMOPPVARMING                                | 24699,0             | 152,5                           | 20091,0              | 124,0                           | -4608,0             | -28,4                           |
| VENTILASJONSVARME                            | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| VARMTVANN                                    | 4825,0              | 29,8                            | 4825,0               | 29,8                            | 0,0                 | 0,0                             |
| VIFTER                                       | 132,0               | 0,8                             | 132,0                | 0,8                             | 0,0                 | 0,0                             |
| PUMPER                                       | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| BELYSNING                                    | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TEKNISK UTSTYR                               | 2838,0              | 17,5                            | 2838,0               | 17,5                            | 0,0                 | 0,0                             |
| ROMKJØLING                                   | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| VENTILASJONSKJØLING                          | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                     | 32494,0             | 200,6                           | 27886,0              | 172,1                           | -4608,0             | -28,4                           |
| ENERGIVARE                                   | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh]  | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| DIREKTE EL.                                  | 24002               | 148,2                           | 20997                | 129,6                           | -3005               | -18,5                           |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                     | 0                   | 0,0                             | 0                    | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                       | 0                   | 0,0                             | 0                    | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| BIOBRENSSEL                                  | 15437               | 95,3                            | 12557                | 77,5                            | -2880               | -17,8                           |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                       | 0                   | 0,0                             | 0                    | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| TOTALT LEVERT ENERGI                         | 39439               | 243,5                           | 33554                | 207,1                           | -5885               | -36,3                           |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                         | 0                   | 0,0                             | 0                    | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| NETTO LEVERT ENERGI                          | 39439               | 243,5                           | 33554                | 207,1                           | -5885               | -36,3                           |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:  |                     |                                 | 15 %                 |                                 |                     |                                 |
| NETTO LEVERT ENERGI - FRATRUKKET BIOBRENSSEL |                     |                                 | 24002                | 20997                           | -3005               |                                 |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:  |                     |                                 | 13 %                 |                                 |                     |                                 |
| ENERGIBUDSJETT                               |                     |                                 |                      |                                 |                     |                                 |
| <u>UTEN VEDOVN</u>                           | REFERANSETILSTAND   |                                 | NYE VINDUER OG DØRER |                                 | ENDRING             |                                 |
| ENERGIPOST                                   | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]    | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| ROMOPPVARMING                                | 24699,0             | 152,5                           | 20091,0              | 124,0                           | -4608,0             | -28,4                           |
| VENTILASJONSVARME                            | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| VARMTVANN                                    | 4825,0              | 29,8                            | 4825,0               | 29,8                            | 0,0                 | 0,0                             |
| VIFTER                                       | 132,0               | 0,8                             | 132,0                | 0,8                             | 0,0                 | 0,0                             |
| PUMPER                                       | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| BELYSNING                                    | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TEKNISK UTSTYR                               | 2838,0              | 17,5                            | 2838,0               | 17,5                            | 0,0                 | 0,0                             |
| ROMKJØLING                                   | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| VENTILASJONSKJØLING                          | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                  | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                     | 32494,0             | 200,6                           | 27886,0              | 172,1                           | -4608,0             | -28,4                           |
| ENERGIVARE                                   | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh]  | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| DIREKTE EL.                                  | 34740               | 214,4                           | 29732                | 183,5                           | -5008               | -30,9                           |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                     | 0                   | 0,0                             | 0                    | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                       | 0                   | 0,0                             | 0                    | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| BIOBRENSSEL                                  | 0                   | 0,0                             | 0                    | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                       | 0                   | 0,0                             | 0                    | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| TOTALT LEVERT ENERGI                         | 34740               | 214,4                           | 29732                | 183,5                           | -5008               | -30,9                           |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                         | 0                   | 0,0                             | 0                    | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| NETTO LEVERT ENERGI                          | 34740               | 214,4                           | 29732                | 183,5                           | -5008               | -30,9                           |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:  |                     |                                 | 14 %                 |                                 |                     |                                 |

# Vedlegg O

Tabell 67: Kalkylemodell for energibudsjett basert på output fra simuleringen. Tiltak B-5 – installasjon av balansert ventilasjon. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT                              |                     |                    |                     |                    |                     |                    |
|---|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| MED VEDOVN                                  | REFERANSETILSTAND   |                    | VENTILASJON         |                    | ENDRING             |                    |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| ROMOPPVARMING                               | 24699,0             | 152,5              | 17867,0             | 110,3              | -6832,0             | -42,2              |
| VENTILASJONSVARME                           | 0,0                 | 0,0                | 569,0               | 3,5                | 569,0               | 3,5                |
| VARMTVANN                                   | 4825,0              | 29,8               | 4825,0              | 29,8               | 0,0                 | 0,0                |
| VIFTER                                      | 132,0               | 0,8                | 1326,0              | 8,2                | 1194,0              | 7,4                |
| PUMPER                                      | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| BELYSNING                                   | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0              | 17,5               | 2838,0              | 17,5               | 0,0                 | 0,0                |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                    | 32494,0             | 200,6              | 27425,0             | 169,3              | -5069,0             | -31,3              |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| DIREKTE EL.                                 | 24002               | 148,2              | 21387               | 132,0              | -2615               | -16,1              |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| BIOBRENSEL                                  | 15437               | 95,3               | 11167               | 68,9               | -4270               | -26,4              |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| TOTALT LEVERT ENERGI                        | 39439               | 243,5              | 32554               | 201,0              | -6885               | -42,5              |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 39439               | 243,5              | 32554               | 201,0              | -6885               | -42,5              |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                    | 17 %                |                    |                     |                    |
| NETTO LEVERT ENERGI - FRATRUKKET BIOBRENSEL | 24002               |                    | 21387               |                    | -2615               |                    |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                    | 11 %                |                    |                     |                    |
| ENERGIBUDSJETT                              |                     |                    |                     |                    |                     |                    |
| UTEN VEDOVN                                 | REFERANSETILSTAND   |                    | VENTILASJON         |                    | ENDRING             |                    |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| ROMOPPVARMING                               | 24699,0             | 152,5              | 17867,0             | 110,3              | -6832,0             | -42,2              |
| VENTILASJONSVARME                           | 0,0                 | 0,0                | 569,0               | 3,5                | 569,0               | 3,5                |
| VARMTVANN                                   | 4825,0              | 29,8               | 4825,0              | 29,8               | 0,0                 | 0,0                |
| VIFTER                                      | 132,0               | 0,8                | 1326,0              | 8,2                | 1194,0              | 7,4                |
| PUMPER                                      | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| BELYSNING                                   | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0              | 17,5               | 2838,0              | 17,5               | 0,0                 | 0,0                |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                    | 32494,0             | 200,6              | 27425,0             | 169,3              | -5069,0             | -31,3              |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| DIREKTE EL.                                 | 34740               | 214,4              | 29155               | 180,0              | -5585               | -34,5              |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| BIOBRENSEL                                  | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| TOTALT LEVERT ENERGI                        | 34740               | 214,4              | 29155               | 180,0              | -5585               | -34,5              |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 34740               | 214,4              | 29155               | 180,0              | -5585               | -34,5              |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                    | 16 %                |                    |                     |                    |

# Vedlegg P

Tabell 68: Kalkylemodell for energibudsjett basert på output fra simuleringen. Tiltak C-0 – innføring av samtlige tiltak i kategori B, tilsvarer totalrehabilitert. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT                              |                     |                                 |                            |                                 |                     |                                 |
|---|---------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| MED VEDOVN                                  | REFERANSETILSTAND   |                                 | TOTALREHABILITERT TILSTAND |                                 | ENDRING             |                                 |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]          | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| ROMOPPVARMING                               | 24699,0             | 152,5                           | 5163,0                     | 31,9                            | -19536,0            | -120,6                          |
| VENTILASJONSVARME                           | 0,0                 | 0,0                             | 593,0                      | 3,7                             | 593,0               | 3,7                             |
| VARMTVANN                                   | 4825,0              | 29,8                            | 4825,0                     | 29,8                            | 0,0                 | 0,0                             |
| VIFTER                                      | 132,0               | 0,8                             | 1716,0                     | 10,6                            | 1584,0              | 9,8                             |
| PUMPER                                      | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| BELYSNING                                   | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0              | 17,5                            | 2838,0                     | 17,5                            | 0,0                 | 0,0                             |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                    | 32494,0             | 200,6                           | 15135,0                    | 93,4                            | -17359,0            | -107,2                          |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| DIREKTE EL.                                 | 24002               | 148,2                           | 13519                      | 83,5                            | -10483              | -64,7                           |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                   | 0,0                             | 0                          | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                   | 0,0                             | 0                          | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| BIOBRENSEL                                  | 15437               | 95,3                            | 3227                       | 19,9                            | -12210              | -75,4                           |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                   | 0,0                             | 0                          | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| TOTALT LEVERT ENERGI                        | 39439               | 243,5                           | 16746                      | 103,4                           | -22693              | -140,1                          |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                   | 0,0                             | 0                          | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 39439               | 243,5                           | 16746                      | 103,4                           | -22693              | -140,1                          |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                                 | 58 %                       |                                 |                     |                                 |
| NETTO LEVERT ENERGI - FRATRUKKET BIOBRENSEL |                     | 24002                           | 13519                      |                                 | -10483              |                                 |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                                 | 44 %                       |                                 |                     |                                 |
| ENERGIBUDSJETT                              |                     |                                 |                            |                                 |                     |                                 |
| UTEN VEDOVN                                 | REFERANSETILSTAND   |                                 | TOTALREHABILITERT TILSTAND |                                 | ENDRING             |                                 |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]          | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| ROMOPPVARMING                               | 24699,0             | 152,5                           | 5163,0                     | 31,9                            | -19536,0            | -120,6                          |
| VENTILASJONSVARME                           | 0,0                 | 0,0                             | 593,0                      | 3,7                             | 593,0               | 3,7                             |
| VARMTVANN                                   | 4825,0              | 29,8                            | 4825,0                     | 29,8                            | 0,0                 | 0,0                             |
| VIFTER                                      | 132,0               | 0,8                             | 1716,0                     | 10,6                            | 1584,0              | 9,8                             |
| PUMPER                                      | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| BELYSNING                                   | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0              | 17,5                            | 2838,0                     | 17,5                            | 0,0                 | 0,0                             |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                    | 32494,0             | 200,6                           | 15135,0                    | 93,4                            | -17359,0            | -107,2                          |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| DIREKTE EL.                                 | 34740               | 214,4                           | 15764                      | 97,3                            | -18976              | -117,1                          |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                   | 0,0                             | 0                          | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                   | 0,0                             | 0                          | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| BIOBRENSEL                                  | 0                   | 0,0                             | 0                          | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                   | 0,0                             | 0                          | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| TOTALT LEVERT ENERGI                        | 34740               | 214,4                           | 15764                      | 97,3                            | -18976              | -117,1                          |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                   | 0,0                             | 0                          | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 34740               | 214,4                           | 15764                      | 97,3                            | -18976              | -117,1                          |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                     |                                 | 55 %                       |                                 |                     |                                 |

# Vedlegg Q

Tabell 69: Kalkylemodell for energibudsjett basert på output fra simuleringen. Tiltak C-1 – installasjon av luft-luft-varmepumpe i totalrehabilitert tilstand. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT                              |                            |                                 |                     |                                 |                     |                                 |
|---|----------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| <u>MED VEDOVN</u>                           | TOTALREHABILITERT TILSTAND |                                 | LUFT-LUFT-VP        |                                 | ENDRING             |                                 |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]          | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| ROMOPPVARMING                               | 5163,0                     | 31,9                            | 5433,0              | 33,5                            | 270,0               | 1,7                             |
| VENTILASJONSVARME                           | 593,0                      | 3,7                             | 578,0               | 3,6                             | -15,0               | -0,1                            |
| VARMTVANN                                   | 4825,0                     | 29,8                            | 4825,0              | 29,8                            | 0,0                 | 0,0                             |
| VIFTER                                      | 1716,0                     | 10,6                            | 1696,0              | 10,5                            | -20,0               | -0,1                            |
| PUMPER                                      | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| BELYSNING                                   | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0                     | 17,5                            | 2838,0              | 17,5                            | 0,0                 | 0,0                             |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                        | 0,0                             | 1469,0              | 9,1                             | 1469,0              | 9,1                             |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| <b>TOTALT NETTO ENERGIBEHOV</b>             | <b>15135,0</b>             | <b>93,4</b>                     | <b>16839,0</b>      | <b>103,9</b>                    | <b>1704,0</b>       | <b>10,5</b>                     |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| DIREKTE EL.                                 | 13519                      | 83,5                            | 10702               | 66,1                            | -2817               | -17,4                           |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                          | 0,0                             | 1330                | 8,2                             | 1330                | 8,2                             |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                          | 0,0                             | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| BIOBRENSEL                                  | 3227                       | 19,9                            | 3396                | 21,0                            | 169                 | 1,0                             |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                          | 0,0                             | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| <b>TOTALT LEVERT ENERGI</b>                 | <b>16746</b>               | <b>103,4</b>                    | <b>15428</b>        | <b>95,2</b>                     | <b>-1318</b>        | <b>-8,1</b>                     |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                          | 0,0                             | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| <b>NETTO LEVERT ENERGI</b>                  | <b>16746</b>               | <b>103,4</b>                    | <b>15428</b>        | <b>95,2</b>                     | <b>-1318</b>        | <b>-8,1</b>                     |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                            |                                 | 8 %                 |                                 |                     |                                 |
| NETTO LEVERT ENERGI - FRATRUKKET BIOBRENSEL |                            | <b>13519</b>                    | <b>12032</b>        |                                 | <b>-1487</b>        |                                 |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                            |                                 | 11 %                |                                 |                     |                                 |
| ENERGIBUDSJETT                              |                            |                                 |                     |                                 |                     |                                 |
| <u>UTEN VEDOVN</u>                          | TOTALREHABILITERT TILSTAND |                                 | LUFT-LUFT-VP        |                                 | ENDRING             |                                 |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]          | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| ROMOPPVARMING                               | 5163,0                     | 31,9                            | 5433,0              | 33,5                            | 270,0               | 1,7                             |
| VENTILASJONSVARME                           | 593,0                      | 3,7                             | 578,0               | 3,6                             | -15,0               | -0,1                            |
| VARMTVANN                                   | 4825,0                     | 29,8                            | 4825,0              | 29,8                            | 0,0                 | 0,0                             |
| VIFTER                                      | 1716,0                     | 10,6                            | 1696,0              | 10,5                            | -20,0               | -0,1                            |
| PUMPER                                      | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| BELYSNING                                   | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0                     | 17,5                            | 2838,0              | 17,5                            | 0,0                 | 0,0                             |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                        | 0,0                             | 1469,0              | 9,1                             | 1469,0              | 9,1                             |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| <b>TOTALT NETTO ENERGIBEHOV</b>             | <b>15135,0</b>             | <b>93,4</b>                     | <b>16839,0</b>      | <b>103,9</b>                    | <b>1704,0</b>       | <b>10,5</b>                     |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| DIREKTE EL.                                 | 15764                      | 97,3                            | 10702               | 66,1                            | -5062               | -31,2                           |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                          | 0,0                             | 2217                | 13,7                            | 2217                | 13,7                            |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                          | 0,0                             | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| BIOBRENSEL                                  | 0                          | 0,0                             | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                          | 0,0                             | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| <b>TOTALT LEVERT ENERGI</b>                 | <b>15764</b>               | <b>97,3</b>                     | <b>12919</b>        | <b>79,7</b>                     | <b>-2845</b>        | <b>-17,6</b>                    |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                          | 0,0                             | 0                   | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| <b>NETTO LEVERT ENERGI</b>                  | <b>15764</b>               | <b>97,3</b>                     | <b>12919</b>        | <b>79,7</b>                     | <b>-2845</b>        | <b>-17,6</b>                    |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                            |                                 | 18 %                |                                 |                     |                                 |

# Vedlegg R

Tabell 70: Kalkylemodell for energibudsjett basert på output fra simuleringen. Tiltak C-2 – installasjon av luft-vann-varmepumpe i totalrehabilitert tilstand. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT                               |                            |                    |                     |                    |                     |                    |
|--|----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| <u>MED VEDOVN</u>                            | TOTALREHABILITERT TILSTAND |                    | LUFT-VANN-VP        |                    | ENDRING             |                    |
| ENERGIPOST                                   | ENERGIBEHOV [kWh]          | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| ROMOPPVARMING                                | 5163,0                     | 31,9               | 5163,0              | 31,9               | 0,0                 | 0,0                |
| VENTILASJONSVARME                            | 593,0                      | 3,7                | 593,0               | 3,7                | 0,0                 | 0,0                |
| VARMTVANN                                    | 4825,0                     | 29,8               | 4825,0              | 29,8               | 0,0                 | 0,0                |
| VIFTER                                       | 1716,0                     | 10,6               | 1716,0              | 10,6               | 0,0                 | 0,0                |
| PUMPER                                       | 0,0                        | 0,0                | 500,0               | 3,1                | 500,0               | 3,1                |
| BELYSNING                                    | 0,0                        | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TEKNISK UTSTYR                               | 2838,0                     | 17,5               | 2838,0              | 17,5               | 0,0                 | 0,0                |
| ROMKJØLING                                   | 0,0                        | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VENTILASJONSKJØLING                          | 0,0                        | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                     | 15135,0                    | 93,4               | 15635,0             | 96,5               | 500,0               | 3,1                |
| ENERGIVARE                                   | LEVERT ENERGI [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| DIREKTE EL.                                  | 13519                      | 83,5               | 5728                | 35,4               | -7791               | -48,1              |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                     | 0                          | 0,0                | 3478                | 21,5               | 3478                | 21,5               |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                       | 0                          | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| BIOBRENSSEL                                  | 3227                       | 19,9               | 1855                | 11,5               | -1372               | -8,5               |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                       | 0                          | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| TOTALT LEVERT ENERGI                         | 16746                      | 103,4              | 11061               | 68,3               | -5685               | -35,1              |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                         | 0                          | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| NETTO LEVERT ENERGI                          | 16746                      | 103,4              | 11061               | 68,3               | -5685               | -35,1              |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:  |                            |                    | 34 %                |                    |                     |                    |
| NETTO LEVERT ENERGI - FRATRUKKET BIOBRENSSEL |                            | 13519              | 9206                |                    | -4313               |                    |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:  |                            |                    | 32 %                |                    |                     |                    |
| ENERGIBUDSJETT                               |                            |                    |                     |                    |                     |                    |
| <u>UTEN VEDOVN</u>                           | TOTALREHABILITERT TILSTAND |                    | LUFT-VANN-VP        |                    | ENDRING             |                    |
| ENERGIPOST                                   | ENERGIBEHOV [kWh]          | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| ROMOPPVARMING                                | 5163,0                     | 31,9               | 5371,0              | 33,2               | 208,0               | 1,3                |
| VENTILASJONSVARME                            | 593,0                      | 3,7                | 575,0               | 3,5                | -18,0               | -0,1               |
| VARMTVANN                                    | 4825,0                     | 29,8               | 4825,0              | 29,8               | 0,0                 | 0,0                |
| VIFTER                                       | 1716,0                     | 10,6               | 1742,0              | 10,8               | 26,0                | 0,2                |
| PUMPER                                       | 0,0                        | 0,0                | 751,0               | 4,6                | 751,0               | 4,6                |
| BELYSNING                                    | 0,0                        | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TEKNISK UTSTYR                               | 2838,0                     | 17,5               | 2838,0              | 17,5               | 0,0                 | 0,0                |
| ROMKJØLING                                   | 0,0                        | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VENTILASJONSKJØLING                          | 0,0                        | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                     | 15135,0                    | 93,4               | 16102,0             | 99,4               | 967,0               | 6,0                |
| ENERGIVARE                                   | LEVERT ENERGI [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| DIREKTE EL.                                  | 15764                      | 97,3               | 5985                | 36,9               | -9779               | -60,4              |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                     | 0                          | 0,0                | 7065                | 43,6               | 7065                | 43,6               |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                       | 0                          | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| BIOBRENSSEL                                  | 0                          | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                       | 0                          | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| TOTALT LEVERT ENERGI                         | 15764                      | 97,3               | 13050               | 80,6               | -2714               | -16,8              |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                         | 0                          | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| NETTO LEVERT ENERGI                          | 15764                      | 97,3               | 13050               | 80,6               | -2714               | -16,8              |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:  |                            |                    | 17 %                |                    |                     |                    |

# Vedlegg S

Tabell 71: Kalkylemodell for energibudsjett basert på output fra simuleringen. Tiltak C-3 – installasjon av solceller i totalrehabilitert tilstand. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT                              |                            |                    |                     |                    |                     |                    |
|---|----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| <u>MED VEDOVN</u>                           | TOTALREHABILITERT TILSTAND |                    | SOLCELLER           |                    | ENDRING             |                    |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]          | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| ROMOPPVARMING                               | 5163,0                     | 31,9               | 5163,0              | 31,9               | 0,0                 | 0,0                |
| VENTILASJONSVARME                           | 593,0                      | 3,7                | 593,0               | 3,7                | 0,0                 | 0,0                |
| VARMTVANN                                   | 4825,0                     | 29,8               | 4825,0              | 29,8               | 0,0                 | 0,0                |
| VIFTER                                      | 1716,0                     | 10,6               | 1716,0              | 10,6               | 0,0                 | 0,0                |
| PUMPER                                      | 0,0                        | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| BELYSNING                                   | 0,0                        | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0                     | 17,5               | 2838,0              | 17,5               | 0,0                 | 0,0                |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                        | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                        | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                    | 15135,0                    | 93,4               | 15135,0             | 93,4               | 0,0                 | 0,0                |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| DIREKTE EL.                                 | 13519                      | 83,5               | 13519               | 83,5               | 0                   | 0,0                |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                          | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                          | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| BIOBRENSEL                                  | 3227                       | 19,9               | 3227                | 19,9               | 0                   | 0,0                |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                          | 0,0                | -4072               | -25,1              | -4072               | -25,1              |
| TOTALT LEVERT ENERGI                        | 16746                      | 103,4              | 12674               | 78,2               | -4072               | -25,1              |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                          | 0,0                | -5881               | -36,3              | -5881               | -36,3              |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 16746                      | 103,4              | 6793                | 41,9               | -9953               | -61,4              |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                            |                    | 59 %                |                    |                     |                    |
| NETTO LEVERT ENERGI - FRATRUKKET BIOBRENSEL |                            | 13519              | 3566                |                    | -9953               |                    |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                            |                    | 74 %                |                    |                     |                    |
| ENERGIBUDSJETT                              |                            |                    |                     |                    |                     |                    |
| <u>UTEN VEDOVN</u>                          | TOTALREHABILITERT TILSTAND |                    | SOLCELLER           |                    | ENDRING             |                    |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]          | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| ROMOPPVARMING                               | 5163,0                     | 31,9               | 5163,0              | 31,9               | 0,0                 | 0,0                |
| VENTILASJONSVARME                           | 593,0                      | 3,7                | 593,0               | 3,7                | 0,0                 | 0,0                |
| VARMTVANN                                   | 4825,0                     | 29,8               | 4825,0              | 29,8               | 0,0                 | 0,0                |
| VIFTER                                      | 1716,0                     | 10,6               | 1716,0              | 10,6               | 0,0                 | 0,0                |
| PUMPER                                      | 0,0                        | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| BELYSNING                                   | 0,0                        | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0                     | 17,5               | 2838,0              | 17,5               | 0,0                 | 0,0                |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                        | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                        | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                    | 15135,0                    | 93,4               | 15135,0             | 93,4               | 0,0                 | 0,0                |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m2] |
| DIREKTE EL.                                 | 15764                      | 97,3               | 15764               | 97,3               | 0                   | 0,0                |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                          | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                          | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| BIOBRENSEL                                  | 0                          | 0,0                | 0                   | 0,0                | 0                   | 0,0                |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                          | 0,0                | -4074               | -25,1              | -4074               | -25,1              |
| TOTALT LEVERT ENERGI                        | 15764                      | 97,3               | 11690               | 72,2               | -4074               | -25,1              |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                          | 0,0                | -5879               | -36,3              | -5879               | -36,3              |
| NETTO LEVERT ENERGI                         | 15764                      | 97,3               | 5811                | 35,9               | -9953               | -61,4              |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                            |                    | 63 %                |                    |                     |                    |



# Vedlegg T

Tabell 72: Kalkylemodell for energibudsjett basert på output fra simuleringen. Tiltak C-4 – installasjon av luft-vann-varmepumpe kombinert med solceller i totalrehabilitert tilstand. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT                              |                            |                                 |                          |                                 |                     |                                 |
|---|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| <u>MED VEDOVN</u>                           | TOTALREHABILITERT TILSTAND |                                 | LUFT-VANN-VP + SOLCELLER |                                 | ENDRING             |                                 |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]          | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| ROMOPPVARMING                               | 5163,0                     | 31,9                            | 5163,0                   | 31,9                            | 0,0                 | 0,0                             |
| VENTILASJONSVARME                           | 593,0                      | 3,7                             | 593,0                    | 3,7                             | 0,0                 | 0,0                             |
| VARMTVANN                                   | 4825,0                     | 29,8                            | 4825,0                   | 29,8                            | 0,0                 | 0,0                             |
| VIFTER                                      | 1716,0                     | 10,6                            | 1716,0                   | 10,6                            | 0,0                 | 0,0                             |
| PUMPER                                      | 0,0                        | 0,0                             | 500,0                    | 3,1                             | 500,0               | 3,1                             |
| BELYSNING                                   | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                      | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0                     | 17,5                            | 2838,0                   | 17,5                            | 0,0                 | 0,0                             |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                      | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                      | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| <b>TOTALT NETTO ENERGIBEHOV</b>             | <b>15135,0</b>             | <b>93,4</b>                     | <b>15635,0</b>           | <b>96,5</b>                     | <b>500,0</b>        | <b>3,1</b>                      |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh]      | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| DIREKTE EL.                                 | 13519                      | 83,5                            | 5728                     | 35,4                            | -7791               | -48,1                           |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                          | 0,0                             | 3478                     | 21,5                            | 3478                | 21,5                            |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                          | 0,0                             | 0                        | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| BIOBRENSEL                                  | 3227                       | 19,9                            | 1855                     | 11,5                            | -1372               | -8,5                            |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                          | 0,0                             | -3322                    | -20,5                           | -3322               | -20,5                           |
| <b>TOTALT LEVERT ENERGI</b>                 | <b>16746</b>               | <b>103,4</b>                    | <b>7739</b>              | <b>47,8</b>                     | <b>-9007</b>        | <b>-55,6</b>                    |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                          | 0,0                             | -6631                    | -40,9                           | -6631               | -40,9                           |
| <b>NETTO LEVERT ENERGI</b>                  | <b>16746</b>               | <b>103,4</b>                    | <b>1108</b>              | <b>6,8</b>                      | <b>-15638</b>       | <b>-96,5</b>                    |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                            |                                 | 93 %                     |                                 |                     |                                 |
| NETTO LEVERT ENERGI - FRATRUKKET BIOBRENSEL | <b>13519</b>               |                                 | <b>-747</b>              |                                 | <b>-14266</b>       |                                 |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                            |                                 | 106 %                    |                                 |                     |                                 |
| ENERGIBUDSJETT                              |                            |                                 |                          |                                 |                     |                                 |
| <u>UTEN VEDOVN</u>                          | TOTALREHABILITERT TILSTAND |                                 | LUFT-VANN-VP + SOLCELLER |                                 | ENDRING             |                                 |
| ENERGIPOST                                  | ENERGIBEHOV [kWh]          | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| ROMOPPVARMING                               | 5163,0                     | 31,9                            | 5371,0                   | 33,2                            | 208,0               | 1,3                             |
| VENTILASJONSVARME                           | 593,0                      | 3,7                             | 575,0                    | 3,5                             | -18,0               | -0,1                            |
| VARMTVANN                                   | 4825,0                     | 29,8                            | 4825,0                   | 29,8                            | 0,0                 | 0,0                             |
| VIFTER                                      | 1716,0                     | 10,6                            | 1742,0                   | 10,8                            | 26,0                | 0,2                             |
| PUMPER                                      | 0,0                        | 0,0                             | 751,0                    | 4,6                             | 751,0               | 4,6                             |
| BELYSNING                                   | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                      | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TEKNISK UTSTYR                              | 2838,0                     | 17,5                            | 2838,0                   | 17,5                            | 0,0                 | 0,0                             |
| ROMKJØLING                                  | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                      | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| VENTILASJONSKJØLING                         | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                      | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| <b>TOTALT NETTO ENERGIBEHOV</b>             | <b>15135,0</b>             | <b>93,4</b>                     | <b>16102,0</b>           | <b>99,4</b>                     | <b>967,0</b>        | <b>6,0</b>                      |
| ENERGIVARE                                  | LEVERT ENERGI [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh]      | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| DIREKTE EL.                                 | 15764                      | 97,3                            | 5985                     | 36,9                            | -9779               | -60,4                           |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                    | 0                          | 0,0                             | 4048                     | 25,0                            | 4048                | 25,0                            |
| EL.TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                          | 0,0                             | 0                        | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| BIOBRENSEL                                  | 0                          | 0,0                             | 0                        | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                      | 0                          | 0,0                             | -3462                    | -21,4                           | -3462               | -21,4                           |
| <b>TOTALT LEVERT ENERGI</b>                 | <b>15764</b>               | <b>97,3</b>                     | <b>6571</b>              | <b>40,6</b>                     | <b>-9193</b>        | <b>-56,7</b>                    |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                        | 0                          | 0,0                             | -6491                    | -40,1                           | -6491               | -40,1                           |
| <b>NETTO LEVERT ENERGI</b>                  | <b>15764</b>               | <b>97,3</b>                     | <b>80</b>                | <b>0,5</b>                      | <b>-15684</b>       | <b>-96,8</b>                    |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI: |                            |                                 | 99 %                     |                                 |                     |                                 |

# Vedlegg U

Tabell 73: Kalkylemodell for energibudsjett basert på output fra simuleringen. Tiltak C-4 – installasjon av luft-luft-varmepumpe kombinert med solceller i totalrehabilitert tilstand. Utklipp fra Excel. Eget virke.

| ENERGIBUDSJETT                               |                            |                                 |                          |                                 |                     |                                 |
|--|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| MED VEDOVN                                   | TOTALREHABILITERT TILSTAND |                                 | LUFT-LUFT-VP + SOLCELLER |                                 | ENDRING             |                                 |
| ENERGIPOST                                   | ENERGIBEHOV [kWh]          | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| ROMOPPVARMING                                | 5163,0                     | 31,9                            | 5433,0                   | 33,5                            | 270,0               | 1,7                             |
| VENTILASJONSVARME                            | 593,0                      | 3,7                             | 578,0                    | 3,6                             | -15,0               | -0,1                            |
| VARMTVANN                                    | 4825,0                     | 29,8                            | 4825,0                   | 29,8                            | 0,0                 | 0,0                             |
| VIFTER                                       | 1716,0                     | 10,6                            | 1696,0                   | 10,5                            | -20,0               | -0,1                            |
| PUMPER                                       | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                      | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| BELYSNING                                    | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                      | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TEKNISK UTSTYR                               | 2838,0                     | 17,5                            | 2838,0                   | 17,5                            | 0,0                 | 0,0                             |
| ROMKJØLING                                   | 0,0                        | 0,0                             | 1469,0                   | 9,1                             | 1469,0              | 9,1                             |
| VENTILASJONSKJØLING                          | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                      | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                     | 15135,0                    | 93,4                            | 16839,0                  | 103,9                           | 1704,0              | 10,5                            |
| ENERGIVARE                                   | LEVERT ENERGI [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh]      | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| DIREKTE EL.                                  | 13519                      | 83,5                            | 10702                    | 66,1                            | -2817               | -17,4                           |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                     | 0                          | 0,0                             | 1329                     | 8,2                             | 1329                | 8,2                             |
| EL. TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                          | 0,0                             | 0                        | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| BIOBRENSSEL                                  | 3227                       | 19,9                            | 3396                     | 21,0                            | 169                 | 1,0                             |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                       | 0                          | 0,0                             | -4580                    | -28,3                           | -4580               | -28,3                           |
| TOTALT LEVERT ENERGI                         | 16746                      | 103,4                           | 10847                    | 67,0                            | -5899               | -36,4                           |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                         | 0                          | 0,0                             | -5373                    | -33,2                           | -5373               | -33,2                           |
| NETTO LEVERT ENERGI                          | 16746                      | 103,4                           | 5474                     | 33,8                            | -11272              | -69,6                           |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:  |                            |                                 | 67 %                     |                                 |                     |                                 |
| NETTO LEVERT ENERGI - FRATRUKKET BIOBRENSSEL | 13519                      |                                 | 2078                     |                                 | -11441              |                                 |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:  |                            |                                 | 85 %                     |                                 |                     |                                 |
| ENERGIBUDSJETT                               |                            |                                 |                          |                                 |                     |                                 |
| UTEN VEDOVN                                  | TOTALREHABILITERT TILSTAND |                                 | LUFT-LUFT-VP + SOLCELLER |                                 | ENDRING             |                                 |
| ENERGIPOST                                   | ENERGIBEHOV [kWh]          | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | ENERGIBEHOV [kWh]   | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| ROMOPPVARMING                                | 5163,0                     | 31,9                            | 5433,0                   | 33,5                            | 270,0               | 1,7                             |
| VENTILASJONSVARME                            | 593,0                      | 3,7                             | 578,0                    | 3,6                             | -15,0               | -0,1                            |
| VARMTVANN                                    | 4825,0                     | 29,8                            | 4825,0                   | 29,8                            | 0,0                 | 0,0                             |
| VIFTER                                       | 1716,0                     | 10,6                            | 1696,0                   | 10,5                            | -20,0               | -0,1                            |
| PUMPER                                       | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                      | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| BELYSNING                                    | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                      | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TEKNISK UTSTYR                               | 2838,0                     | 17,5                            | 2838,0                   | 17,5                            | 0,0                 | 0,0                             |
| ROMKJØLING                                   | 0,0                        | 0,0                             | 1469,0                   | 9,1                             | 1469,0              | 9,1                             |
| VENTILASJONSKJØLING                          | 0,0                        | 0,0                             | 0,0                      | 0,0                             | 0,0                 | 0,0                             |
| TOTALT NETTO ENERGIBEHOV                     | 15135,0                    | 93,4                            | 16839,0                  | 103,9                           | 1704,0              | 10,5                            |
| ENERGIVARE                                   | LEVERT ENERGI [kWh]        | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh]      | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] | LEVERT ENERGI [kWh] | SPESIFIKK [kWh/m <sup>2</sup> ] |
| DIREKTE EL.                                  | 15764                      | 97,3                            | 10702                    | 66,1                            | -5062               | -31,2                           |
| EL. TIL VARMEPUMPESYSTEM                     | 0                          | 0,0                             | 2217                     | 13,7                            | 2217                | 13,7                            |
| EL. TIL SOLFANGERSYSTEM                      | 0                          | 0,0                             | 0                        | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| BIOBRENSSEL                                  | 0                          | 0,0                             | 0                        | 0,0                             | 0                   | 0,0                             |
| SOLSTRØM TIL EGET BRUK                       | 0                          | 0,0                             | -4584                    | -28,3                           | -4584               | -28,3                           |
| TOTALT LEVERT ENERGI                         | 15764                      | 97,3                            | 8335                     | 51,5                            | -7429               | -45,9                           |
| SOLSTRØM TIL EKSPORT                         | 0                          | 0,0                             | -5369                    | -33,1                           | -5369               | -33,1                           |
| NETTO LEVERT ENERGI                          | 15764                      | 97,3                            | 2966                     | 18,3                            | -12798              | -79,0                           |
| PROSENTVIS REDUKSJON I NETTO LEVERT ENERGI:  |                            |                                 | 81 %                     |                                 |                     |                                 |

# Vedlegg V

*Tabell 74: Komplette samling av resultater fra den utslippsbaserte livssyklusanalysen. Utklipp fra Excel. Eget verk.*

# LIVSSYKLUSANALYSE - UTSLIPP

| TILTAKSBESKRIVELSE   | TILTAKSKODE | UTSLIPPSFAKTOR                                      | MED VEDOVN                  |                         | UTEN VEDOVN                 |                         |
|--|-------------|---|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  |             |   | NETTO UTSLIPP<br>[Kg CO2eq] | NEDBETALINGSTID<br>[ÅR] | NETTO UTSLIPP<br>[Kg CO2eq] | NEDBETALINGSTID<br>[ÅR] |
| INNSTALLASJON AV SOLCELLER I REFERANSETILSTAND                                     | A-1         | 11 g, 20%   | 9062                        | -                       | 9062                        | -                       |
|  |             | 11 g, 5%  | 8074                        | -                       | 8074                        | -                       |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                      | 5321                        | -                       | 5321                        | -                       |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                     | -22697                      | 8                       | -22697                      | 8                       |
|  |             | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (41 g), 41 g             | -140                    | 25                          | -140                    |
| INNSTALLASJON AV LUFT-VANN-VARMEPUMPE I REFERANSETILSTAND                          | A-2         | 11 g, 20%   | 180                         | -                       | -250                        | 11                      |
|  |             | 11 g, 5%  | -11                         | 20                      | -1126                       | 5                       |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                      | -493                        | 8                       | -3337                       | 2                       |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                     | -5667                       | 1                       | -27181                      | 1                       |
|  |             | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (7 g), 1,5 g             | -9                      | 20                          | -3                      |
| INNSTALLASJON AV LUFT-LUFT-VARMEPUMPE I REFERANSETILSTAND                          | A-3         | 11 g, 20%   | 1322                        | -                       | 928                         | -                       |
|  |             | 11 g, 5%  | 537                         | -                       | -400                        | 14                      |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                      | -1343                       | 10                      | -3585                       | 6                       |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                     | -22539                      | 2                       | -39474                      | 1                       |
|  |             | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (10,5 g), 6,2 g          | 4                       | 17                          | 4                       |
| INNSTALLASJON AV SOLCELLER + LUFT-VANN-VARMEPUMPE I REFERANSETILSTAND              | A-4         | 11 g, 20%   | 9186                        | -                       | 8816                        | -                       |
|  |             | 11 g, 5%  | 8074                        | -                       | 7113                        | -                       |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                      | 5267                        | -                       | 2816                        | -                       |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                     | -25067                      | 6                       | -43585                      | 4                       |
|  |             | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (39 g), 26 g             | -131                    | 20                          | -330                    |
| INNSTALLASJON AV SOLCELLER + LUFT-LUFT-VARMEPUMPE I REFERANSETILSTAND              | A-5         | 11 g, 20%   | 10394                       | -                       | 10000                       | -                       |
|  |             | 11 g, 5%  | 8899                        | -                       | 7962                        | -                       |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                      | 5315                        | -                       | 3074                        | -                       |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                     | -35129                      | 5                       | -52064                      | 4                       |
|  |             | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (34 g), 25 g             | -169                    | 17                          | -197                    |
| ISOLERING AV YTTERVEGG   | B-1         | 11 g, 20%   | 5891                        | -                       | 5774                        | -                       |
|  |             | 11 g, 5%  | 5418                        | -                       | 4986                        | -                       |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                      | 3193                        | -                       | 1278                        | -                       |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                     | -15639                      | 14                      | -30110                      | 9                       |
|  |             | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (38 g), 23 g             | 1                       | 50                          | -52                     |
| ISOLERING AV GULV MOT GRUNN  | B-2         | 11 g, 20%   | 7137                        | -                       | 7094                        | -                       |
|  |             | 11 g, 5%  | 6963                        | -                       | 6804                        | -                       |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                      | 6142                        | -                       | 5436                        | -                       |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                     | -808                        | 45                      | -6140                       | 27                      |
|  |             | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (123 g), 74 g            | -43                     | 50                          | -57                     |
| ISOLERING AV TAK/KALDLOFT  | B-3         | 11 g, 20%   | 2307                        | -                       | 2259                        | -                       |
|  |             | 11 g, 5%  | 2112                        | -                       | 1934                        | -                       |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                      | 1194                        | -                       | 405                         | -                       |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                     | -6576                       | 14                      | -12539                      | 8                       |
|  |             | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (37 g), 22 g             | -57                     | 49                          | -34                     |
| BYTTE AV VINDUER OG DØRER  | B-4         | 11 g, 20%   | 2422                        | -                       | 2312                        | -                       |
|  |             | 11 g, 5%  | 1957                        | -                       | 1536                        | -                       |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                      | -658                        | 48                      | -2821                       | 29                      |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                     | -21934                      | 17                      | -38278                      | 4                       |
|  |             | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (15 g), 9 g              | -117                    | 58                          | -117                    |
| INNSTALLING AV BALASERT VENTILASJON  | B-5         | 11 g, 20%   | 1948                        | -                       | 1785                        | -                       |
|  |             | 11 g, 5%  | 1676                        | -                       | 1204                        | -                       |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                      | 915                         | -                       | -422                        | 21                      |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                     | -6800                       | 6                       | -16898                      | 3                       |
|  |             | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (32 g), 15 g             | -1                      | 25                          | -3                      |
| SAMTLIGE TILTAK I KATEGORI B   | C-0         | 11 g, 20%   | 19029                       | -                       | 18562                       | -                       |
|  |             | 11 g, 5%  | 17477                       | -                       | 15752                       | -                       |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                      | 10171                       | -                       | 2528                        | -                       |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                     | -51678                      | 14                      | -109431                     | 8                       |
|  |             | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (38 g), 21 g             | -312                    | 50                          | -319                    |
| INNSTALLASJON AV LUFT-LUFT-VARMEPUMPE VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND              | C-1         | 11 g, 20%   | 1810                        | -                       | 1737                        | -                       |
|  |             | 11 g, 5%  | 1700                        | -                       | 1526                        | -                       |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                      | 1435                        | -                       | 1019                        | -                       |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                     | -1548                       | 10                      | -4688                       | 5                       |
|  |             | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (75 g), 40 g             | -6                      | 17                          | -45                     |
| INNSTALLASJON AV LUFT-VANN-VARMEPUMPE VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND              | C-2         | 11 g, 20%   | 65                          | -                       | 152                         | -                       |
|  |             | 11 g, 5%  | -309                        | 10                      | -83                         | 16                      |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                      | -1253                       | 4                       | -677                        | 7                       |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                     | -11432                      | 1                       | -7082                       | 1                       |
|  |             | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (3,5 g), 6 g             | -2                      | 20                          | -26                     |
| INNSTALLASJON AV SOLCELLER VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND                         | C-3         | 11 g, 20%   | 9062                        | -                       | 9062                        | -                       |
|  |             | 11 g, 5%  | 8074                        | -                       | 8074                        | -                       |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                      | 5321                        | -                       | 5321                        | -                       |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                     | -22697                      | 8                       | -22697                      | 8                       |
|  |             | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (41 g), 41 g             | -140                    | 25                          | -140                    |
| INNSTALLASJON AV SOLCELLER OG LUFT-VANN-VARMEPUMPE VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND | C-4         | 11 g, 20%   | 9131                        | -                       | 9054                        | -                       |
|  |             | 11 g, 5%  | 7930                        | -                       | 7730                        | -                       |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                      | 4900                        | -                       | 4390                        | -                       |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                     | -27836                      | 6                       | -31693                      | 5                       |
|  |             | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (36 g), 33 g             | -93                     | 20                          | -197                    |
| INNSTALLASJON AV SOLCELLER OG LUFT-LUFT-VARMEPUMPE VED ENERGIREHABILITERT TILSTAND | C-5         | 11 g, 20%   | 10882                       | -                       | 10809                       | -                       |
|  |             | 11 g, 5%  | 10061                       | -                       | 9888                        | -                       |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                      | 8093                        | -                       | 7678                        | -                       |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                     | -14140                      | 8                       | -17278                      | 7                       |
|  |             | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (61 g), 55 g             | -9                      | 17                          | -147                    |
| SAMMENLIGNING MED TEK17-TILSTAND   | A-0         | 11 g, 20%   | -692                        | -                       | -1283                       | -                       |
|  |             | 11 g, 5%  | -2641                       | -                       | -4894                       | -                       |
|  |             | 18 g, KONSTANT                                      | -13569                      | -                       | -25186                      | -                       |
|  |             | 136 g, KONSTANT                                     | -102669                     | -                       | -190291                     | -                       |
|  |             | MINSTE KONSTANTE<br>UTSLIPPSFAKTOR, ** (MED VEDOVN) | ** (61 g), 55 g             | -9                      | 17                          | -147                    |





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

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway