

Ane Mossing  
Mina Røise  
Tonje Marie Vigmostad

# Lønnsomhet ved omfattende energioppgradering av et 60-tallshus

Bacheloroppgave i ingeniørfag, fornybar energi

Mai 2020

**NTNU**  
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for energi- og prosesseteknikk





Ane Mossing  
Mina Røise  
Tonje Marie Vigmostad

# **Lønnsomhet ved omfattende energioppgradering av et 60-tallshus**

Bacheloroppgave i ingeniørfag, fornybar energi  
Mai 2020

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for energi- og prosesseteknikk



Kunnskap for en bedre verden







Fakultet for ingeniørvitenskap

Institutt for energi-  
og prosesssteknikk

<b>Oppgavens tittel:</b>  Lønnsomhet ved omfattende energioppgradering av et 60-tallshus	<b>Innleveringsdato:</b>  22. mai 2020
<b>Project title:</b>  The Profitability of an Extensive Energy Upgrade of a Sixties House	<b>Antall sider/vedlegg:</b> 54/16
<b>Gruppedeltakere:</b>  Ane Mossing Mina Røise Tonje Marie Vigmostad	<b>Veileder:</b>  Kristian Myklebust Lien e-post: kristian.m.lien@ntnu.no tlf: +47 924 16 942
<b>Studieretning:</b>  Ingeniør fornybar energi	<b>Oppdragsgiver:</b>  Karen Byskov Lindberg e-post: karen.lindberg@sintef.no tlf: +47 996 04 272
	<b>Prosjektnummer:</b>  TFNE3001-2010

Fritt tilgjengelig

Tilgjengelig etter avtale med oppdragsgiver



## Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet i samarbeid mellom tre studenter som studerer fornybar energi ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim. Det er en avsluttende oppgave for det 3-årige ingeniørstudiet ved fakultet for ingeniørvitenskap. Rapporten utgjør de 20 avsluttende studiepoengene ved studiet.

Alle medlemmene av gruppa har hatt fag tilsvarende emnet TFNE3005 Effektiv energibruk, og det var her det ble fattet interesse for temaet energioppgradering og energieffektivisering av bygg. Valget falt dermed på energieffektivisering av en eldre bolig, da eldre boliger ofte har et høyt energiforbruk. Vi anser det også som et høyaktuelt tema for fremtidig arbeidsliv.

Prosjektet er utarbeidet i samarbeid med oppdragsgiver Karen Byskov Lindberg, som er seniorforsker ved SINTEF. Oppgaven omhandler hennes og Bjørn Thoruds private hus, som er et 60-tallshus under energioppgradering. Formålet med oppgaven er å se om energitiltakene de har gjort vil lønne seg over tid. Gruppen ønsker å takke Karen for et godt samarbeid og god faglig veiledning. Vi setter pris på tilliten vi fikk ved gjennomføring av oppgaven, i tillegg til stort engasjement og hjelp underveis.

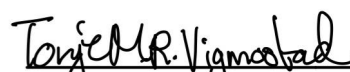
Gruppen ønsker også å takke alle som har bidratt med hjelp og informasjon under arbeidet med oppgaven. Det sendes en spesiell takk til seniorforsker i SINTEF, Anne Gunnarshaug Lien, seniorrådgiver i Multiconsult, Bjørn Thorud, og byggmester Stian Kjernlie Broeng for faglige innspill.

Til slutt ønsker vi å takke vår interne veileder, førsteamanuensis Kristian Myklebust Lien, for faglige og rapporttekniske innspill.

Trondheim, 22. mai 2020

  
Ane Mossing

  
Mina Røise

  
Tonje M.R. Vigmostad

## Sammendrag

Denne rapporten inneholder en sammenligning av tre ulike energioppgraderinger for et 60-tallshus på Kolsås i Bærum. Hovedpoenget med oppgaven er å finne ut hvordan en omfattende energioppgradering av et 60-tallshus kan gjøres lønnsomt. Det ble bestemt å benytte to alternativer med mindre etterisolering og færre energitiltak sammenlignet med huseiers løsning. Huseiers løsning er omtalt som CasaZero, og alternativene som BergVP og L-LVP. Tabell 0.1 viser en oversikt over hver energioppgradering med tilhørende tiltak. Simuleringer av de ulike løsningene ble gjort i SIMIEN, og lønnsomhetsberegningene ble gjort i Excel.

Tabell 0.1: Oversikt over tiltak for hver energioppgradering.

	<b>CasaZero</b>	<b>BergVP</b>	<b>L-LVP</b>
<b>Isolasjon</b>	350 mm	150 mm	150 mm
<b>Vindu</b>	Trelags vindu	Tolags vindu	Tolags vindu
<b>Ventilasjon</b>	Balansert ventilasjon	Mekanisk avtrekk	Mekanisk avtrekk
<b>Oppvarming</b>	Væske/vann-varmepumpe	Væske/vann-varmepumpe	Luft/luft-varmepumpe
<b>Energiproduksjon</b>	Solcellepaneler	-	-

SIMIEN er brukt som simuleringsprogram, der energibruken til hver av løsningene er simulert. Det er utført årssimuleringer av alle de tre løsningene for boligen. Det er blitt evaluert om CasaZero tilfredsstillende krav til både passivhusstandard og lavenergihusstandard. For å få utført simuleringene er det en del inndata som må på plass. De forskjellige inndataene ble funnet ved å benytte Rockwools energiprogram, standardverdier fra Byggforsk og datablad til komponentene. Årssimuleringen ga forventede verdier for blant annet levert energi, energibehov, og energikostnader. For levert energi viser simuleringen til en reduksjon på henholdsvis 90, 60 og 15 prosent for CasaZero, BergVP og L-LVP.

Verdier for energibruk og merkostnader for hver energioppgradering er brukt til å regne på tilbakebetalingstid, nåverdi og internrente. Dette er tre former for beregning som gir et bilde på hvor lønnsomt et prosjekt er. Når lønnsomhet beregnes må det tas hensyn til et tidsperspektiv. I dette tilfellet er det antatt at huset har en levetid på 60 år. Ofte har huseiere en kortere botid, derfor er lønnsomheten også beregnet med et tidsperspektiv på 30 år. Med en levetid på 60 år blir nåverdien, under gitte forutsetninger, for CasaZero og BergVP på henholdsvis negative 830 591 kroner og 44 177 kroner. Nåverdien for L-LVP blir derimot positiv, og er på 98 847 kroner.

De to viktigste faktorene som påvirker valg av energitiltak er økonomi og psykososiale forhold. Per i dag har mange effektive energitiltak høye investeringskostnader, og disse velges derfor ofte bort om ikke interessen for teknologi er tilstede. Nordmenn tilbringer mye tid i hjemmet, og i et kaldt land er derfor bokomfort høyt verdsatt. Komfort tas derfor ofte med i beslutningen om valg av energitiltak, uavhengig av tiltakets energibesparelse. Basert på resultatene konkluderes det med at den mest økonomisk lønnsomme oppgraderingen er L-LVP, mens den mest energibesparende oppgraderingen er CasaZero.

## Abstract

This assignment contains a comparison of three different solutions when it comes to renovation of a sixties house in Bærum, Norway. The main point with this thesis is to find out how an extensive energy upgrade can be done profitable. It was decided to use two different alternatives for the solution that the householders used. The two alternatives have less insulation and fewer energy initiatives compared to the householders option. The householders solution is called CasaZero, and the options are called BergVP and L-LVP. Table 0.2 shows an overview of each option, with related initiatives. The simulations of each option are done in SIMIEN, and the profitability calculations are done in Excel.

Tabell 0.2: Overview of the initiatives for each energy upgrade.

	<b>CasaZero</b>	<b>BergVP</b>	<b>L-LVP</b>
<b>Insulation</b>	350 mm	150 mm	150 mm
<b>Windows</b>	Triple pane windows	Double pane windows	Double pane windows
<b>Ventilation</b>	Balanced ventilation system	Mechanical vent	Mechanical vent
<b>Heating</b>	Liquid/water heat pump	Liquid/water heat pump	Air/air heat pump
<b>Energy production</b>	Photovoltaic solar cells	-	-

SIMIEN is used as a simulation software, to simulate each option. Annual simulations are performed on all three of the options. It is evaluated if CasaZero fulfills the requirements for passive house and low energy standards. There is a lot of input data that must be known to be able to simulate in SIMIEN. These values are found in Rockwools energy program, default values from Byggforsk and the components data sheets. The annual simulation gives expected values for delivered energy, energy demand and energy costs. When it comes to delivered energy, the simulation shows a reduction of respectively 90, 60 and 15 percent for CasaZero, BergVP and L-LVP.

Values gained from SIMIEN and the additional costs for each upgrade makes it possible to calculate payback time, net present value and internal rate of return. These three forms of calculation will be used to figure out if the project is profitable or not. When profitability is calculated, a concept of time has to be taken into consideration. In this occasion the lifespan is put to 60 years. Householders often live in their house for a shorter amount of time than 60 years, therefore the calculations are also made for a period of 30 years. With a lifespan of 60 years, the present value comes to a value of negative 830 591 kroner for CasaZero and a negative value of 44 177 for BergVP. For L-LVP the present value is at 98 847 kroner.

Economy and psychosocial conditions are the most important factors that influences the choice of energy initiatives. At present many energy initiatives have high investment costs, and are therefore often opt-out if the householder has no interest for the technologies. Norwegians spend a lot of time at home, and as Norway is a cold country it is important that the comfort of living is good. Comfort is therefore often taken into consideration when it comes to choosing energy initiatives, independent of the initiative's energy savings. Based on the results it is revealed that L-LVP is the most profitable solution when it comes to economy, whilst CasaZero is the most profitable solution when it comes to energy savings.

# Innhold

<b>Forord</b>	<b>i</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>ii</b>
<b>Abstract</b>	<b>iii</b>
<b>Figurliste</b>	<b>vi</b>
<b>Tabelliste</b>	<b>vii</b>
<b>Begrepsliste</b>	<b>ix</b>
<b>1 Innledning</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstilling . . . . .	2
<b>2 Teori</b>	<b>3</b>
2.1 Enebolig fra 1960-tallet . . . . .	3
2.2 Passivhus . . . . .	4
2.3 Byggeteknisk forskrift . . . . .	6
2.4 U-verdi . . . . .	6
2.5 Energieffektiviserende tiltak . . . . .	7
2.5.1 Isolering . . . . .	7
2.5.2 Bytte av vindu og dør . . . . .	7
2.5.3 Kjeller og fundamentering . . . . .	8
2.5.4 Ventilasjon . . . . .	8
2.5.5 Varmepumpe . . . . .	9
2.5.6 Vannbåren varme . . . . .	10
2.5.7 Solceller . . . . .	11
2.6 SIMIEN . . . . .	12
2.7 Lønnsomhetsberegninger . . . . .	13
2.7.1 Nåverdi . . . . .	13
2.7.2 Internrentemetoden . . . . .	14
2.7.3 Tilbakebetalingstid . . . . .	14
2.7.4 Kalkulasjonsrenten . . . . .	14
2.8 Tilskudd . . . . .	15
2.8.1 Enova . . . . .	15
2.9 Strømpriser . . . . .	15
<b>3 Case</b>	<b>17</b>
3.1 Huset . . . . .	17
3.2 Oppgraderingen . . . . .	18
3.3 Alternative løsninger . . . . .	21

<b>4</b>	<b>Energiberegninger</b>	<b>23</b>
4.1	CasaZero . . . . .	24
4.2	BergVP . . . . .	26
4.3	L-LVP . . . . .	27
4.4	Rehabilitering før energiltak . . . . .	27
<b>5</b>	<b>Resultat av energiberegninger</b>	<b>28</b>
5.1	CasaZero . . . . .	28
5.2	BergVP . . . . .	28
5.3	L-LVP . . . . .	29
5.4	Endring av årlig energiregnskap . . . . .	29
5.5	Passivhusevaluering . . . . .	30
<b>6</b>	<b>Energiøkonomiske beregninger</b>	<b>31</b>
6.1	Utarbeidelse av merkostnader . . . . .	31
6.2	Energiøkonomiske beregninger for CasaZero . . . . .	33
6.2.1	Beregninger for solceller . . . . .	34
6.3	Energiøkonomiske beregninger for BergVP . . . . .	35
6.4	Energiøkonomiske beregninger for L-LVP . . . . .	35
6.5	Sensitivitetsanalyse . . . . .	36
6.5.1	Energikostnader og egetforbruk av solstrøm . . . . .	36
6.5.2	Solceller . . . . .	36
6.5.3	Tilbakebetalingstid, nåverdi og internrente med varierende spotpris . . . . .	37
6.5.4	Nåverdi med varierende kalkulasjonsrente . . . . .	39
6.6	Lånefinansiering . . . . .	40
<b>7</b>	<b>Sammenligning av resultater</b>	<b>41</b>
7.1	CasaZero . . . . .	41
7.1.1	Lånefinansiering . . . . .	42
7.2	BergVP . . . . .	43
7.3	L-LVP . . . . .	44
7.4	Endring i kraftmarkedet . . . . .	44
7.5	Faktorer som kan påvirke valg av oppgraderingstiltak . . . . .	45
<b>8</b>	<b>Feilkilder</b>	<b>47</b>
8.1	SIMIEN . . . . .	47
8.2	Lønnsomhetsberegningene . . . . .	47
<b>9</b>	<b>Videre arbeid</b>	<b>48</b>
<b>10</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>49</b>
	<b>Referanser</b>	<b>50</b>
<b>A</b>	<b>Vedlegg</b>	<b>I</b>
<b>B</b>	<b>Vedlegg</b>	<b>I</b>

## Figurer

2.1	Modernistisk småhus fra Boligdirektoratet 1964. [1]	3
2.2	Skisse av passivhus i boligfelt på Mortensrud. [2]	4
2.3	Kyotopyramiden. [3]	5
2.4	Elementer i yttervegger. [4]	7
2.5	Roterende varmegjenvinner. [3]	8
2.6	Syklusen til en luft/luft-varmepumpe. [5]	9
2.7	Hus med innlagt vannbåren varme. [6]	10
2.8	Solcellemodul. [7]	11
2.9	Utklipp av SIMIEN.	12
2.10	Gjennomsnittlige priser på elektrisk kraft, eksklusive avgifter og nettleie for husholdninger. [8]	16
3.1	Tegning av husets fasade sett fra vest av arkitektfirmaet Snøhetta.	17
3.2	Sentrale inndata i SIMIEN fra husets førtilstand.	18
3.3	Rockwools Redair Flex system på ytterveggene. Foto: Lindberg&Thorud	20
3.4	Oppkobling av vannbårent system med ulike soner. Foto: Lindberg&Thorud	20
3.5	Vannbårent gulvvarmesystem i første etasje. Foto: Lindberg&Thorud	21
4.1	Illustrasjon av husets oppsett i SIMIEN.	24
4.2	Rockwools energiprogram, utregning av U-verdi på kjellergulv.	25
4.3	SIMIEN: Systemvirkningsgrad for romoppvarming, Varmepumpe.	27
5.1	Endring av årlig energibehov, levert energi og energikostnader.	29
5.2	Resultatet av passivhusevalueringen.	30
5.3	Resultatet av lavenergihusevalueringen.	30
6.1	Fordeling av merkostnader for CasaZero.	33
6.2	Sensitivitetsanalyse av energikostnader mot andel egetforbruk av solstrøm med varierende spotpriser.	36
6.3	Sensitivitetsanalyse av solcellene	37
6.4	Sensitivitetsanalyse med tilbakebetalingstid og spotpris.	38
6.5	Sensitivitetsanalyse med nåverdi og spotpris.	38
6.6	Sensitivitetsanalyse med internrente og spotpris.	39
6.7	Sensitivitetsanalyse med nåverdi 30 år og kalkulasjonsrente.	39
6.8	Sensitivitetsanalyse av nåverdi 30 år med lånefinansiering.	40



## Tabeller

0.1	Oversikt over tiltak for hver energioppgradering. . . . .	ii
0.2	Overview of the initiatives for each energy upgrade. . . . .	iii
2.1	Minstekrav i NS3700. [9] . . . . .	5
2.2	Minimumskrav til energieffektivitet i TEK17. [10] . . . . .	6
2.3	Ulike støttetiltak fra Enova for hus bygd mellom 1960 og 1987. [11] . . . . .	15
3.1	Resultat av årssimulering av førtilstand i SIMIEN. . . . .	18
3.2	Oversikt over tiltak for CasaZero. . . . .	19
3.3	Oversikt over tiltak for BergVP. . . . .	22
3.4	Oversikt over tiltak for L-LVP. . . . .	22
4.1	Oversikt over inndata i SIMIEN. . . . .	23
5.1	Levert energi og energikostnader for CasaZero. . . . .	28
5.2	Levert energi og energikostnader for BergVP. . . . .	28
5.3	Levert energi og energikostnader for L-LVP. . . . .	29
6.1	Enovatilskudd for de ulike oppgraderingene. . . . .	31
6.2	Energikostnader for de ulike oppgraderingene, gitt i kroner. . . . .	32
6.3	Lønnsomhetsberegninger for solceller. . . . .	34
7.1	Resultat for de tre ulike løsningene. . . . .	41

## Begrepsliste

Annuitetslån:	<i>Lån som kjennetegnes ved at man betaler samme totalbeløp hver måned</i>
CAV:	<i>Constant Air Volume</i>
COP:	<i>Coefficient Of Performance</i>
Diskontere:	<i>Omregne en fremtidig verdi</i>
Enova:	<i>Energifondet</i>
EU:	<i>European Union</i>
ENØK:	<i>Energiøkonomisering</i>
Husbanken:	<i>Statens sentrale organ for gjennomføring av boligpolitikk</i>
IEA:	<i>International Energy Agency</i>
Iterasjon:	<i>Utføre noe flere ganger</i>
Kontantstrøm:	<i>Differansen mellom innbetalinger og utbetalinger</i>
Konveksjon:	<i>Type transport av energi</i>
Korrosjon:	<i>Oksidering av metaller</i>
Lavenergihus:	<i>Standardklasse for bygg med lavt energibruk</i>
Merkostnad:	<i>I denne oppgaven: Ekstrakostnad ved høyere energistandard</i>
NNV:	<i>Netto nåverdi [kr]</i>
$NV_0$ :	<i>Internrentemetoden [%]</i>
NVE:	<i>Norges vass- og energidirektorat</i>
OSB-plater:	<i>Tresponplate</i>
Passivhus:	<i>Standardklasse for bygg med lavt energibruk</i>
PV:	<i>Photovoltaic</i>
SFP-faktor:	<i>Specific Fan Power [kW/(m<sup>3</sup>/s)]</i>

SIMIEN:	<i>Simuleringsprogram for energibruk i bygg</i>
Sluttbruker:	<i>I denne oppgaven: De som kjøper kraft til eget forbruk</i>
Spotpris:	<i>Markedskraftpris</i>
SSB:	<i>Statistisk sentralbyrå</i>
TBT:	<i>Tilbakebetalingstid [år]</i>
TEK:	<i>Byggteknisk forskrift</i>
U-verdi:	<i>Angir en bygningsdels varmeisolerende evne [<math>W/(m^2K)</math>]</i>
Varmekonduktivitet:	<i>Materialegenskap som angir stoffets evne til å lede varme ved termisk konduksjon [<math>W/(mK)</math>]</i>
Vekselretter:	<i>Omformer likestrøm til vekselstrøm</i>
Zenit:	<i>Det punktet på himmelen som står loddrett ovenfor observatøren</i>

# 1 Innledning

Klima og miljø er et betent politisk tema både i Norge og i resten av verden. Streik og aksjoner har vært blant virkemidlene som brukes for at folk skal få øynene opp for klimakrisen verden står overfor. Det står skrevet i International Energy Agency's rapport om *Energy and Climate Change* fra 2015 at verdens karbonbudsjett vil være nesten oppbrukt i 2040, og det er derfor helt nødvendig å gjennomføre tiltak som kan minske de store utslippene som medfører at karbonbudsjettet blir oppbrukt [12]. Det er et globalt mål å begrense oppvarmingen på jorden til to grader, og togradersmålet ble vedtatt av EU allerede i 1996 [13]. I følge IEA står energiproduksjon- og bruk for to-tredjedeler av de globale klimagassutslippene, og det er derfor helt nødvendig å kutte i disse utslippene. [12]

Mange av eneboligene i Norge i dag er gamle, og dermed ikke energieffektive. Derfor kan energioppgradering av hus være et effektivt klimatiltak. I 2017 stod husholdninger for nesten 20 prosent av det norske sluttbruket av energi, og derfor er en reduksjon av energiforbruk i bygg et av områdene som regjeringen fokuserer på med tanke på miljøet [14]. Regjeringen har en offensiv politikk for energieffektivisering, og har innført reguleringer og støtteordninger. Dette er både skjerpede krav i byggteknisk forskrift, og en styrking av støtteordningene gjennom blant annet Enova [15]. Regjeringen gir gjennom Norges Forskningsråd midler til forskningsprosjekt som blant annet omhandler energi, ressurser og miljø [16]. Forskningsrådet har vært med på å støtte SEOPP- og OPPTRE-prosjektet i samarbeid med blant annet SINTEF Byggforsk. SEOPP-prosjektet har som mål å få til et volummarked hvor det benyttes gjennomprøvde og dokumenterte rehabiliteringskonsepter med høye energi- og miljøambisjoner. Prosjektet skal bidra til økt fokus rundt rehabiliteringsmarkedet for småhus, og til at flere huseiere vil rehabilitere til et ambisiøst nivå for energisparing. OPPTRE-prosjektet har som mål å foreslå et nivå for renovering av boliger til nesten nullenergibygge. Her skal det inngå kostnadseffektive konsepter og løsninger med høy arkitektonisk kvalitet og godt inn klima [17, 18]. SEOPP-rapporten er lagt til grunn ved utføring av denne oppgaven.

Skal et hus pusses opp, er det derfor mange valg å ta. En av de viktigste avgjørelsene er i hvilken grad huset skal oppgraderes. Er målet for oppussingen at huset skal bli finere? Eller er det viktigere å ta grep om energibruken? Ved å ta grep om energibruken og velge å energioppgradere huset, kan huset bli behagelig å bo i, i mange år fremover. [19]

Norge troner på toppen av oppussingsstatistikken, og hele 40 prosent av nordmenn pusset opp i 2016. For mange er oppussing et evigvarende prosjekt, men de fleste pusser opp når de flytter inn og gjerne de første årene i ny bolig. Oppgraderingen går ofte på estetikk, og ikke for å høyne standard. På 1960-tallet var gjennomsnittlig botid på over 15 år, mens den i 2017 var omtrent halvert [20]. Dette vil si at mange pusser opp ganske ofte. På grunn av den teknologiske utviklingen, skjer for eksempel utbygging av kjøkken oftere enn før. Et ti år gammelt kjøkken blir nå sett på som umoderne, fordi det kanskje ikke har en kaffemaskin i veggen, induksjonstopper eller avtrekksvifter som kan heves og senkes. [21]

Et viktig poeng ved å rehabilitere hus i stedet for å bygge nytt er at det bevares materialer og dermed også brukes mindre ressurser. Ved rehabilitering er det nødvendig å avgjøre husets tilstand, og på den måten kartlegge kostnadene ved en rehabilitering. Tilstanden på bygningen kan være avgjørende for om den er verdt å rehabilitere, derfor er det viktig med grundig sjekk av

bygningens fundamentering, bærekonstruksjon og skjulte materialer. Ved utbygging av utvendig kledning, innvendige vegger og gulv får huseier en god mulighet til å undersøke bygningens skjulte deler.

## **1.1 Problemstilling**

Målet med oppgaven er å se på kostnader for ulike energitiltak ved oppgradering av et 60-tallshus, og hvorvidt disse tiltakene er lønnsomme ved rehabilitering av eldre hus. Det er tatt utgangspunkt i at huset som benyttes i oppgaven, uavhengig av energioppgradering, behøvede en relativt stor rehabilitering for å dekke behov og komfort etter dagens standard. Det er interessant å se på oppgaven i lys av de klimamålene som er ønskelig å nå innen 2040, da en reduksjon av energibruk i bygg vil minske klimautslippene. De fleste i befolkningen vil i løpet av livet komme i en situasjon hvor det må vurderes oppgradering av bolig, og dermed er det lagt frem tre ulike løsninger som kan være til inspirasjon ved oppgradering av eldre boliger. Innholdet i de tre løsningene er nøye gjennomtenkt, da det finnes forskjellige syn på hva som er nødvendig og interessant. Det er blitt gjort en vurdering av hva folk flest ville ha ønsket, og i de alternative løsningene er det derfor tatt hensyn til dette. Vurderingen om hva folk flest velger er tatt i samråd med byggmester. En gjennomsnittsperson vil kanskje ikke tenke at teknologien er det viktigste, men vil mest sannsynlig være interessert i god bokomfort. I denne bacheloroppgaven har følgende problemstilling blitt utarbeidet for å konkretisere arbeidet:

***Hvordan kan en omfattende energioppgradering av et 60-tallshus gjøres lønnsomt?***

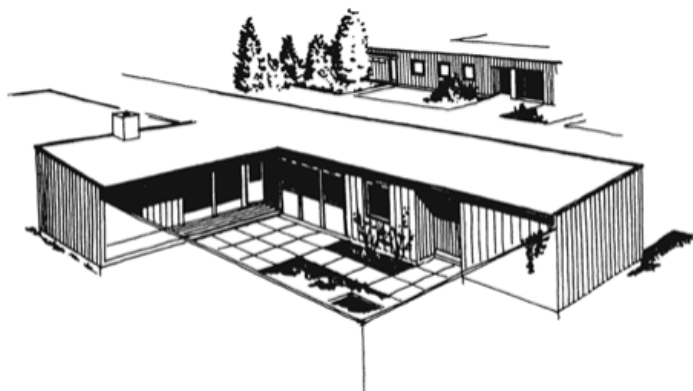
Problemstillingen er basert på ulike løsninger som kan benyttes ved energioppgradering av en eldre enebolig. Det er tatt utgangspunkt i tre ulike løsninger, fra en maksimumsløsning til en minimumsløsning. Det er klart definerte tiltak for de ulike løsningene, og sammenligningen av de skal skje gjennom å benytte tilbakebetalingstid, nåverdi- og internrentemetoden. Det er tatt utgangspunkt i et privatøkonomisk perspektiv, og psykososiale forhold vil derfor ha en innvirkning på valg av tiltak.

## 2 Teori

Ved oppgradering av gamle bygg er det en del ting som må tas hensyn til, blant annet er god prosjektering og planlegging viktig for å oppnå best mulig resultat. En oppgradering vil være en investering som blant annet gir lavere strømregninger for huseierne, men redusert energiforbruk vil også komme samfunnet og miljøet til gode. Et helhetlig bilde av en energioppgradering, sett fra et byggt teknisk og et energiøkonomisk ståsted, er viktig for gjennomføringen av denne oppgaven. Nedenfor finnes generell teori som skal støtte de eksperimentelle resultatene og avgjørelsene tatt i oppgaven.

### 2.1 Enebolig fra 1960-tallet

Gjennom 1960-tallet fortsatte gjenreisningen og oppbyggingen av velferdsstaten, med Husbanken som støtte til den ekspanderende boligbyggingen. Den teknologiske utviklingen på 1960-tallet medførte nye produksjonsmåter, bygningsmaterialer og -teknikk. Selve stilen for perioden kalles modernismen og strakk seg gjennom hele 70-tallet. Spesielt karakteristisk for denne perioden er flate tak, som ble sett på som svært moderne og tidsriktig. Figur 2.1 viser skisse av en prototyp som ble oppfattet av mange som mest tidsriktig på 1960-tallet. Det ble også mer og mer vanlig med masseproduksjon av småhus. I mindre byer og tettsteder var det først og fremst trehus som ble bygget på 60-tallet. Trehusene hadde ofte kompakte bygningskropper med et nøkternt utseende. Det var klart definerte volumer og enkle planløsninger med generelle rom. Det var vanlig med punktoppvarming, slik som vedovn, i flere rom. [1]



Figur 2.1: Modernistisk småhus fra Boligdirektoratet 1964. [1]

På 1960-tallet var det vanlig å benytte naturlig ventilasjon. Ved naturlig ventilasjon benyttes vind og inneluftens termiske oppdrift ved luftutskifting, ved at vind og temperaturforskjeller trekker gammel luft ut og ny luft trekkes inn gjennom kanaler og ventiler. Siden luften tilføres boligen gjennom kanaler og ventiler i bygningens yttervegger, kan denne ventilasjonsmetoden medføre store varmetap. Naturlig ventilasjon varierer med værforholdene, og dermed kan boligen ha overdreven ventilasjon på en kald vinterdag, mens det kan være for liten ventilasjon en vindstille sommerdag. Ved rehabilitering av 60-tallshus er dermed bytte til balansert ventilasjonsanlegg en effektiv måte å spare energi på. [22]

Krav til de byggtekniske utformingene, blant annet kravene til U-verdi, var lave sammenlignet med dagens krav. Med tanke på komfort og energibruk er det derfor mye å vinne på ved å rehabilitere og oppgradere hus fra denne perioden.

## 2.2 Passivhus

Når et bygg har et komfortabelt inneklima uten at det er tatt i bruk et konvensjonelt varme- eller kjøleanlegg, er bygget et passivhus. Det blir kalt passivhus fordi tiltakene som blir gjort for å redusere energibehovet er passive. Noen passive tiltak kan for eksempel være å legge på ekstra varmeisolasjon, sørge for at konstruksjonen er fri for kuldebroer, tilse at vinduene er godt isolert, ha passivt soltilskudd og sørge for at lufttettheten er god. [3]

Konseptet passivhus er opprinnelig tysk. Da konseptet ble opprettet ble det utarbeidet flere kriterier for hvordan passivhus skulle bygges for at de skal bli sertifisert. Det settes blant annet krav til installert oppvarmingseffekt. For å få et komfortabelt inneklima vil det være behov for en maksimum effekt fra oppvarmingssystemet, denne effekten tilsvarer det samme som installert oppvarmingseffekt. I et passivhus er kravet til installert oppvarmingseffekt på maksimum  $10 \text{ W/m}^2$ . Det settes også krav til årlig oppvarmingsbehov. Årlig oppvarmingsbehov henviser til nettoenergiebehovet av ventilasjonsvarme og romoppvarming. Passivhuskravet for årlig oppvarmingsbehov er på  $15 \text{ kWh/m}^2$  eller mindre, for boliger større enn  $250 \text{ m}^2$ . Det er like krav for alle type bygg når det kommer til passivhus. Ved bygging av passivhus settes det også kriterier når det kommer til det lokale klimaet, som for eksempel bruk av ekstra solskjerming der det er mye sol. Figur 2.2 viser et typisk passivhus. [3, 23]



Figur 2.2: Skisse av passivhus i boligfelt på Mortensrud. [2]

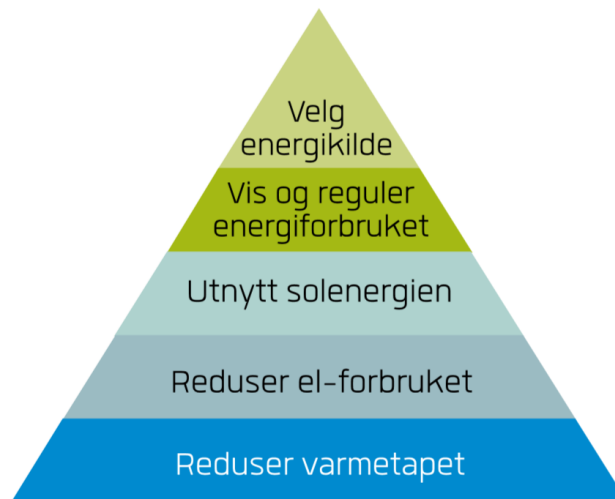
I Norge finnes det en passivhusstandard for boliger: NS3700 *Kriterier for lavenergi- og passivhus*. Standarden skiller mellom tre nivåer av energieffektive boliger; passivhus og lavenergihus klasse 1 og 2. NS3700 har fire sentrale krav. De fire kravene omhandler fornybar energi, komponenter, oppvarmingsbehov og varmetapstall. Ifølge NS3700 skal det i størst mulig grad brukes energikilder som ikke innebærer fossile brensler og elektrisitet i varmesystemet til et passivhus. Når det kommer til komponenter og løsninger er det satt et minstekrav for diverse verdier, som er listet opp i tabell 2.1. Det er for eksempel satt et minstekrav på  $0,15 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$  for U-verdi

på yttervegg i en bolig. Når det gjelder høyeste tillatte oppvarmingsbehov tar NS3700 hensyn til både klima og boligareal. Kravet for oppvarming tar hensyn til om boligen er større eller mindre enn  $250 \text{ m}^2$ , og om årsmiddeltemperaturen er høyere eller lavere enn  $6,3 \text{ }^\circ\text{C}$ . Varmetapstallet i den norske passivhusstandarden angir maksimalt tillat varmetap for tre forskjellige areal av lavenergihus og passivhus. For en bolig der arealet er  $250 \text{ m}^2$  eller større er varmetapstallet på  $0,43 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  for et passivhus og  $0,55 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  for lavenergihus klasse 1. [3, 9]

Tabell 2.1: Minstekrav i NS3700. [9]

Energiltak	Minstekrav
U-verdi yttervegg	$0,15 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
U-verdier vinduer og dører	$0,80 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
Kuldebroverdi	$0,03 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
Varmegjenvinning ventilasjon	80 %
SFP-faktor ventilasjonsanlegg	$1,5 \text{ kW}/\text{m}^3/\text{s}$
Lekkasjetall ved 50 Pa	0,6

For å få til gode prosjekter når det kommer til passivhus, må energidesign benyttes. Energidesign går ut på at både bygningen og forholdene rundt den tas i betraktning. Kyoto-pyramiden er et hjelpemiddel når det kommer til energidesign. Pyramiden beskriver hvilken rekkefølge energiltakene burde gjennomføres i, slik at de blir mest mulig effektive. Figur 2.3 viser hvordan Kyoto-pyramiden er bygd opp med 5 nivåer. Oppgraderingen settes igang med tiltaket som ligger på bunnen, og tar trinnvis for seg tiltakene oppover på pyramiden. [3]



Figur 2.3: Kyotopyramiden. [3]

Nivå én går ut på å redusere varmetapet fra bygningen, viktige faktorer her er blant annet å passe på at plassering og utforming av huset er optimalt. For å redusere elektrisitetsbehov kan det hjelpe å velge energieffektiv belysning, energieffektivt utstyr og kunne benytte seg godt av dagslys. Nivå tre på pyramiden omhandler å utnytte solenergi best mulig, når det kommer til varme. For å få utnyttet solenergien er plassering av vinduer viktig, men minst like viktig er solskjerming. Solskjerming må til for å unngå for høy innendørstemperatur. Etter at de tre første



nivåene er tatt i betraktning er det fornuftig å gjennomføre en simulering av energibehovet til bygget. Simuleringen brukes så for å se hvordan bygningen ligger an i forhold til kravene til passivhusstandarden. Det siste nivået på pyramiden er valg av energiforsyning. Rekkefølgen på pyramiden er satt slik da dette er mest økonomisk gunstig, fordi det da er lettere å velge energiforsyning som passer til byggets behov. [3]

Selv om passivhus er energieffektive og miljøvennlige innenfor gitte rammer, er det også viktig at de som jobber eller bor der trives. Det er dermed viktig å passe på at det er arkitektonisk fint utarbeidet og lettvinne løsninger. Det hjelper også på om menneskene som bor eller jobber i bygningen har en form for interesse for teknologiene. [3]

### 2.3 Byggteknisk forskrift

Ved oppføring av nye bygninger i Norge må krav gitt i byggteknisk forskrift tilfredsstilles. Forskriften har som formål å sikre at tiltak planlegges, prosjekteres og utføres ut fra hensyn til god visuell kvalitet, samt oppfylle tekniske krav til helse, miljø, sikkerhet og energi. Gjeldende forskrift ble innført i 2017 og kalles TEK17, men i løpet av 2020 kommer TEK20 som da blir ny, gjeldende forskrift [24]. Her inngår blant annet konkrete tallverdier som må overholdes. Det er sannsynlig at de nye kravene i TEK20 vil handle mer om klimagassutslipp og bygging av null-energihus enn tidligere forskrifter, for å kunne møte klimautfordringene også i byggebransjen. Minstekrav for energieffektivitet i bygninger fra TEK17, finnes i tabell 2.2. [10]

Tabell 2.2: Minimumskrav til energieffektivitet i TEK17. [10]

U-verdi yttervegg [ $W/(m^2K)$ ]	U-verdi tak [ $W/(m^2K)$ ]	U-verdi gulv på grunn og mot det fri [ $W/(m^2K)$ ]	U-verdi vindu og dør inkl. karm/ramme [ $W/(m^2K)$ ]	Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell (luftutveksling per time)
$\leq 0,22$	$\leq 0,18$	$\leq 0,18$	$\leq 1,2$	$\leq 1,5$

### 2.4 U-verdi

U-verdi, også kalt varmegjennomgangskoeffisient, er et mål på hvor god varmeisolasjonen i en bygningsdel er. Koeffisienten angir hvor stor mengde varme som passerer én kvadratmeter av bygningsdelen per tidsenhet, når temperaturforskjellen mellom ute og inne er på en Kelvin. Måleenheten for U-verdi er  $W/(m^2K)$ . Dersom et vindu eller en dør har en lav U-verdi, passerer det lite varme gjennom materialene. Høy U-verdi angir et stort varmetap gjennom materialene. [25]

Som oftest består en bygningsdel av flere forskjellige materialer. En vegg består blant annet av både isolasjon og kledning av tre. For å beregne U-verdi til slike bygningsdeler, legges de ulike sjiktene varmemotstander sammen, i tillegg til varmemotstanden ved overflatene innvendig og utvendig. [25]

Kravene til U-verdi, fra teknisk forskrift, inneholder det totale varmetapet til en bygningsdel. Det totale varmetapet inkluderer også kuldebroer. [25]

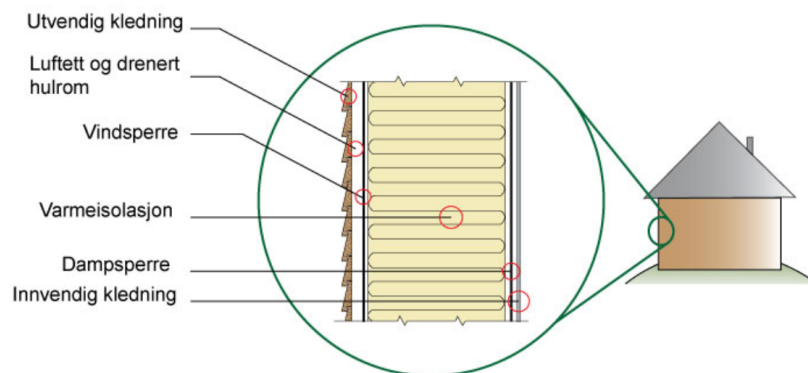
## 2.5 Energieffektiviserende tiltak

De energieffektiviserende tiltakene som benyttes i denne oppgaven er etterisolering, bytte av vindu og dører, ventilasjon, varmepumpe, vannbåren varme og solceller. Nedenfor er de ulike tiltakene beskrevet.

### 2.5.1 Isolering

Norge er et kaldt land, og i Oslo ligger årsmiddeltemperaturen på  $6,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Det blir mye energitap ved at varmen fra huset slippes ut gjennom veggene. Det er derfor viktig å isolere godt for å forhindre varmetap. Energooverføringen skjer på tre måter, gjennom ledning, konveksjon og stråling. Varmeledning skjer ved at varme overføres gjennom bygningsmaterialer, hvor metall leder varme godt og mineralull dårlig. Varmekonveksjon er luftlekkasje som ofte skjer rundt vinduer, etasjeskillere, hjørner eller når luften beveger seg inne i veggen. Stråling skjer fra alle overflater, denne påvirkes lite av isolasjon. [4]

Husvegger består av en indre og ytre kledning, isolasjon, vind- og dampsperrer, som illustrert i figur 2.4. Det finnes fire alternative isolasjonstyper; skumplast, steinull, glassull og neopren-cellgummi. I dag er det vanligst å isolere med mineralull. TEK17 setter minstekrav til U-verdi på  $0,22\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  og for passivhusstandarden NS 3700 er minstekravet  $0,15\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Per dags dato er det blitt mer vanlig å isolere med  $300\text{ mm}$  gjennomgående isolasjon, som gir en U-verdi på cirka  $0,14\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . [3, 4, 26]



Figur 2.4: Elementer i yttervegger. [4]

### 2.5.2 Bytte av vindu og dør

Enova anbefaler å bytte vinduer om boligen har isolerglassvinduer fra 60- og 70-tallet eller eldre. Vinduer og dører har en levetid på 30 år, men kan i mange tilfeller benyttes lengre enn dette [27]. Vinduer består kun av en liten brøkdel av boligens utvendige flate, men kan stå for opptil 40 prosent av boligens varmetap. Velges det små vindusflater blir det mindre varmetap. På sørsiden av huset vil større vinduer utnytte solvarmen best. Det er viktig at nye vinduer oppfyller krav til U-verdi. Vinduets U-verdi er gjennomsnittsverdien av hele dør- og vindusarealet til bygningen. Minimumskravet til energieffektivitet for vinduer og ytterdør, inkludert karm/ramme, i henhold til TEK17 er  $1,2\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Passivhuskravet, i NS3700-forskriften, har et minstekrav på  $0,8\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . I passivhus er det vanlig å sette inn trelags isolerrute vinduer,

disse har ofte to energibelegg og argon i hulrommet. I hus som ikke skal oppfylle passivhusstandarden er det vanlig å sette inn tolagsvinduer, da disse er rimeligere. [3, 28–30]

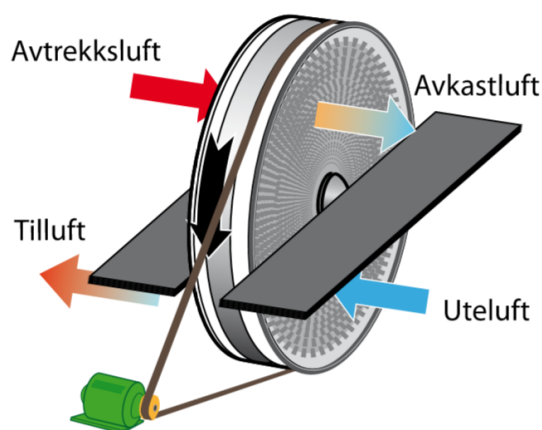
### 2.5.3 Kjeller og fundamentering

Når et 60-tallshus skal energioppgraderes, hjelper det mye å ha en godt temperert kjeller. En varm kjeller bidrar til et varmere og mer lunt hus. I gamle hus, som blant annet 60-tallshus, ble kjellere brukt til oppbevaring. Når kjellere skal brukes til oppbevaring er det ikke nødvendig med like mye varme. Nå er det mer vanlig at kjellere er et oppvarmet bruksareal, og da hjelper det med god isolering. Kjellere kan isoleres både fra utsiden og innsiden. Det vil være mer arbeid å isolere fra utsiden da det vil bli ekstra graving på utsiden av veggene. I eldre hus er det ofte nødvendig å drenere, derfor vil ikke alltid utvendig isolasjon bli en stor ekstrakostnad. Om det isoleres på innsiden vil det fort bli problemer med fuktskader, og det er vanskelig å unngå kuldebroer. [31]

En kuldebro er den delen av en bygning som er vesentlig dårligere isolert enn det resten av bygningen er. Det totale varmetapet til bygningen vil da øke. Kuldebroer kan også føre til skader som for eksempel sprekker, delvis nedsmussing, kondens og muggproblemer [32]. I eldre bygg kommer den klassiske kuldebroen fra uisolerte betongkonstruksjoner som går igjennom ytterveggene. [33]

### 2.5.4 Ventilasjon

I et passivhus er huset så godt isolert at det ikke vil bli noe naturlig utskiftning av luften. Derfor bør det installeres ventilasjonsanlegg. I følge NS3700 må gjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i passivhus minst være 80 prosent per år. SFP-faktoren skal ikke være mer en  $1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$  for ventilasjonsanlegg. For å oppfylle kravene bør huset ha mekanisk ventilasjon, dette kan løses med balansert ventilasjon eller avtrekksventilasjon med varmegjenvinner. [3]

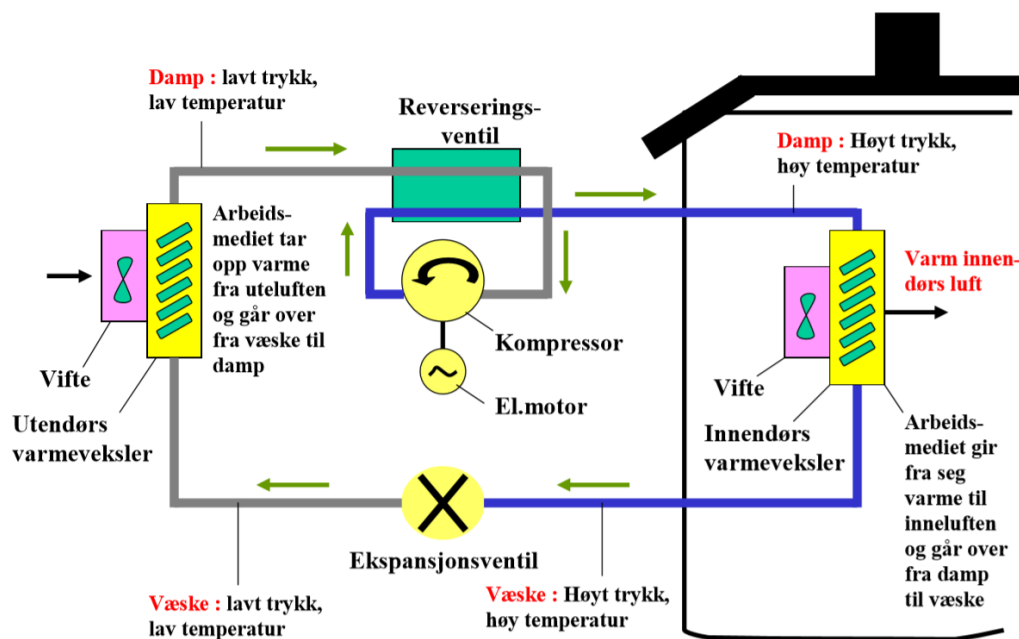


Figur 2.5: Roterende varmegjenvinner. [3]

For passivhus er det tre varmegjenvinnere som er aktuelle; roterende varmegjenvinner, motstrømsveksler og kammergjenvinner. På en roterende varmegjenvinner sendes varm avtrekksluft til rotoren, som blir varmet opp. Varmen blir brukt til å varme opp den kalde, innkommende uteluften. Figur 2.5 viser en roterende varmegjenvinner. En roterende varmegjenvinner har som regel en høy virkningsgrad mellom 70 og 85 prosent, som holder seg stabil selv i de kaldeste månedene. Om virkningsgraden holder seg mellom 80 og 84 prosent kan den greie seg uten et varmebatteri, som fører til mindre trykktap i aggregat. Fordelen med roterende varmegjenvinner er at de vanligvis ikke har behov for avriming og kondensavløp i sluk. Kjøkkenavtrekket kan ikke gå over ventilasjonsavtrekket, da noe luft kan overføres fra avtrekk til tilluft. Et ventilasjonsaggregat som brukes i balansert ventilasjon har vanligvis en levetid mellom 25 og 30 år. [3, 34]

### 2.5.5 Varmepumpe

En varmepumpe er et anlegg som pumper en varmemengde fra et sted til et annet. Den kan brukes til både oppvarmings- og kjølebehov. Varmepumpen består i hovedsak av en kompressor, en kondensator, en reduksjonsventil og en fordamer. Figur 2.6 viser syklusen til en luft/luft-varmepumpe. Utedelen henter varmeenergi fra luften, mens innedelen avgir varme inn til boligen. [5]



Figur 2.6: Syklusen til en luft/luft-varmepumpe. [5]

Det finnes ulike typer varmepumper, der betegnelsen forklarer hvor varmen hentes fra og hvor varmen leveres. I denne oppgaven skal det fokuseres på luft/luft-varmepumpe og væske/vann-varmepumpe. Luft/luft-varmepumpen er den vanligste å benytte i private hjem med en COP lik 2-3 om vinteren. Fordelene med å bruke denne typen er at varmekilden er lett tilgjengelig, det er en liten investering sammenlignet med de andre typene og den er lett å montere. I tillegg vil filter renses luften, og gi et bedre inneklima sammenlignet med bruk av vedovn eller elektrisk

oppvarming. Lav COP om vinteren og en del støy fra systemet er blant ulempene med denne type varmepumpe. Fra tid til annen må pumpen også defrostes [5]. Denne typen varmepumpe har en levetid på 12 til 15 år, som er litt lavere enn for væske/vann-varmepumpe [35].

En væske/vann-varmepumpe kan bruke varme fra berggrunnen til å varme opp vann til et vannbårent system. En slik varmepumpe har vanligvis COP lik 3-4. Bergvarmen kommer fra 80 til 200 meter dype borehull. Denne typen er best på energisparing, har lang levetid og er driftsikre. Den etterlater få, synlige inngrep i naturen og lager ingen støy utendørs. Ulempen er at pumpen er avhengig av et vannbårent distribusjonssystem og har høy investeringskostnad, samt begrensninger i varmekilden [5]. Levetiden på selve pumpesystemet er på 20 år, mens selve energibrønnene kan vare i over hundre år [36].

### 2.5.6 Vannbåren varme

Vannbåren varme bidrar til et godt og komfortabelt innneklima, da rørsystemet fører til en jevn fordeling av varme i huset. Systemet fungerer slik at vann blir varmet opp av en varmekilde, før det sirkulerer rundt i boligen ved hjelp av rør gjennom radiatorer eller i gulv. Temperaturen i gulvet eller radiatoren kan enten styres ved hjelp av et sentralt varmestyringssystem eller ved hjelp av en tradisjonell termostat. Dersom det å ha forskjellige temperaturer i hvert rom er ønskelig, må det legges inn separate systemer. Det må da for eksempel være et rørsystem i stua og et nytt rørsystem på badet, som hver har sitt eget styringssystem. Ved bruk av vannbåren varme vil energibruket bli lavere og boforholdene mer komfortable. Figur 2.7 viser et hus med vannbåren gulvvarme. [6]



Figur 2.7: Hus med innlagt vannbåren varme. [6]

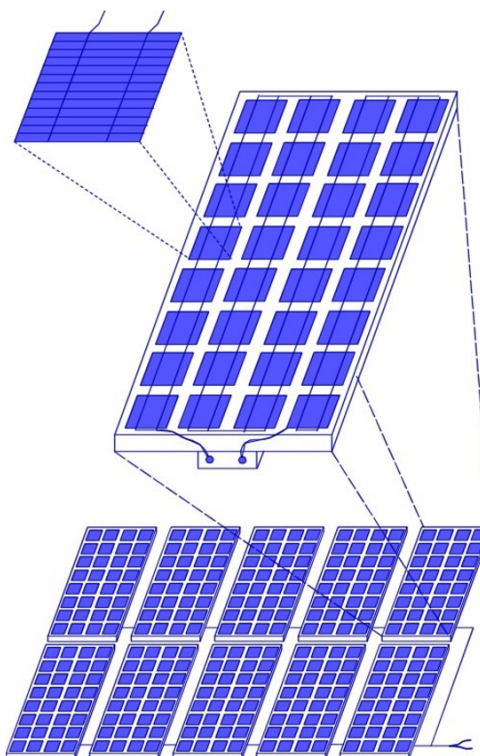
Det å investere i vannbåren varme lønner seg mest ved store oppgraderinger, og for folk som ønsker å bytte til en varmekilde som er fornybar. Denne typen varmesystem kan også være noe å investere i dersom huseier ønsker god bokvalitet og plages av astma eller allergi. [6]

Det er flere gode grunner til å velge vannbåren varme. Det er et system som har stor fleksibilitet, ved at det blant annet kan velges mange forskjellige fornybare kilder som gir varme. Vannbåren varme kombinert med en type fornybar kilde kan øke markedsverdien på en bolig betraktelig. Distribueres varmen fra en varmepumpe gjennom vannbåren varme, vil huseier få mer ut av varmepumpen enn om varmen fordeles i radiatorer. [6]

### 2.5.7 Solceller

Solceller, ofte kalt *Photovoltaic (PV) solarcells* på engelsk, brukes som kraftforsyning til mange forskjellige type elementer eller bygninger. Solceller har en levetid på 25 år, men kan i mange tilfeller benyttes lengre enn dette [37]. Vekselrettere må derimot byttes oftere, og har en levetid på rundt 10-15 år [38]. Solceller gjør sollys om til elektrisitet, og består av lys-sensitive halvlederdioder. Silisium er den mest vanlige halvlederen å bruke. For å føre strømmen over på strømmettet, må likestrømmen som produseres konverteres til vekselstrøm. For å konvertere strømmen brukes en vekselretter, også kalt inverter. [7, 39, 40]

Når solcelleplater settes sammen, som vist i figur 2.8, kalles det for en solcellemodul. En celleplate bidrar kun med 0,5 volt. For å få høyere spenning kan platene kobles i serie, og for å få større effekt kan platene kobles parallelt. For å hindre slitasje fra vær og vind på modulene, blir de behandlet med et beskyttende lag. Det beskyttende laget forhindrer blant annet korrosjon på de elektriske kontaktene. Det laget som er mest brukt er glass, da glass har et lavt innhold av jern. [7]



Figur 2.8: Solcellemodul. [7]

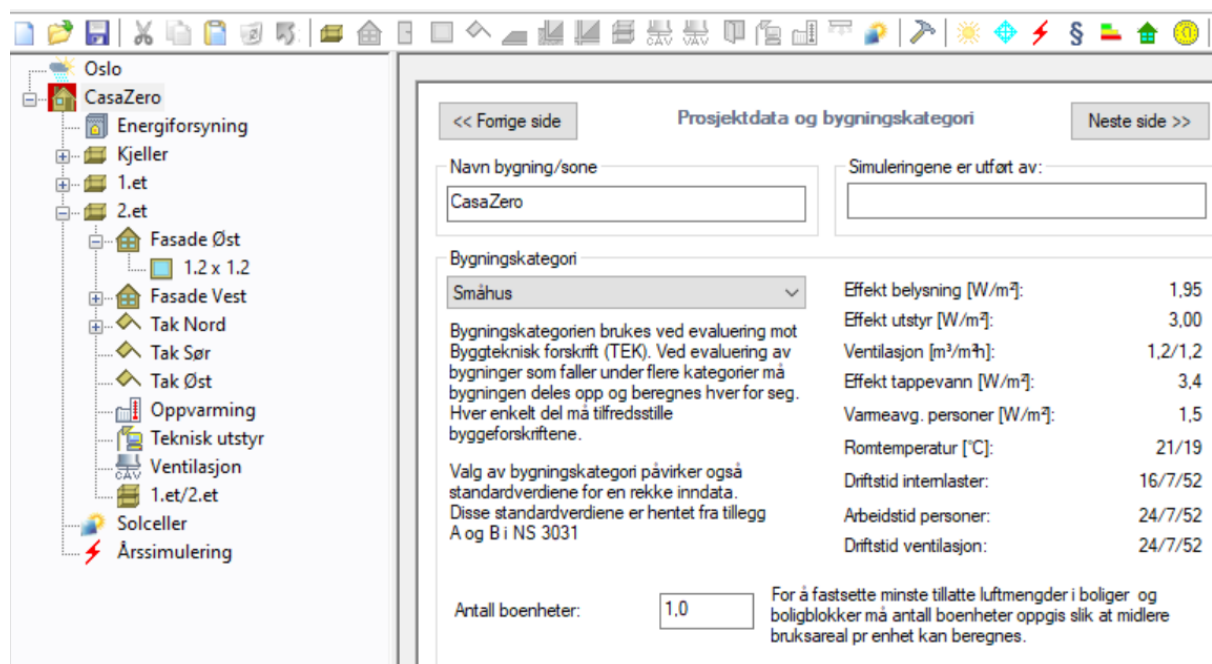
For at solcelleplatene skal fange opp mest mulig lysenergi, er helningen på platene viktig. Den optimale helningen på en plate er på omtrent 90 grader minus den breddegraden platen er plassert på. For eksempel vil helningen være på omtrent 30 grader fra vertikalen om anlegget befinner seg i Oslo. Jo lenger nord anlegget ligger, jo mer vinklet bør solcellene være i forhold til Zenit. [7]



Å kunne velge farge på solcellene kan være en fordel dersom solcellene skal brukes på et hus som ligger i et nabolag med fargekrav, eller om arkitekten har spesielle ønsker. Det er mulig å få solceller i alle tenkelige farger, men de mørke fargene vil absorbere mer sollys enn de lyse fargene. Strømproduksjonen vil bli bemerkelsesverdig lavere ved bruk av en av de lyse fargene, mot en av de mørke. [7]

## 2.6 SIMIEN

SIMIEN er et simuleringsprogram som kan brukes til blant annet energiberegninger i bygg, vurdere om en bolig tilfredsstiller kravene i forskrifter, dimensjonere ventilasjonsanlegg og beregne andelen fornybar energi i energiforsyningen. Det kan også beregnes et netto energibehov, både for et helt år eller ved å simulere sommer- og vinterforhold. I figur 2.9 vises et utklipp av SIMIEN. [41]



Figur 2.9: Utklipp av SIMIEN.

Bygningen simuleres ved å velge klimasted, bygningskategori og antall boenheter. Deretter legges det inn soner for ett eller flere rom. For hver sone skal det oppgis blant annet lekkasjetall og kuldebroer. I hver enkelt sone legges det inn gulv, tak, sonekoblinger og fasader med vinduer og ytterdører, med tilhørende areal og varmetapsegenskaper. Sonekoblinger kan være vegg/dør, vindu, himling eller gulv. I sonene kan det legges inn data for ventilasjon, oppvarming, lokal kjøling, vinduslufting og internlaster. Internlaster består av belysning, teknisk utstyr, tappevann og personer. For oppvarmingen settes det inn effekt, settpunkttemperatur og driftstider. For ventilasjon skal det velges mellom ventilasjonstype; balansert, avtrekks- eller naturlig ventilasjon, med tilhørende data. [41]

For hver bygning legges det til data for energiforsyning. Her kan det velges mellom elektrisitet, gass, biobrensel, sol, olje, fjernvarme, varmepumpe eller annet. For hver energikilde legges det inn dekningsgrad og systemvirkningsgrad/kjølefaktor for romoppvarming, varmtvann, varmebatterier, romkjøling og kjølebatterier. I tillegg legges det inn CO<sub>2</sub>-faktor og energipris. Det er også mulig å legge inn solcellepanel på bygningen. Det innsettes data for størrelse, plassering, virkningsgrad, tapsfaktorer og energipris levert til nettet. [41]

Når bygningens data er ferdig lagt inn finnes det sju ulike typer simuleringer; vinter-, sommer- og årssimulering, evaluering mot forskrifter, passivhusevaluering, simulering for energimerking av bygningen og lønnsomhetsberegning av tiltak. Vinter- og sommersimulering brukes vanligvis til å dimensjonere ventilasjonsanlegg, og eventuelt oppvarmingsanlegg eller lokal kjøling. En årssimulering av bygningen brukes til å simulere det årlige energibruket, inkludert energibehov, levert energi og kjøpt energi. En evaluering mot forskrifter sjekker om bygningen oppfyller krav til enten TEK07, -10 eller -17. I passivhusevalueringen kan en velge å evaluere bygningen mot kriteriene for passivhus og lavenergihus klasse 1. SIMIEN baserer seg på NS3700 for boligbygninger. Ved simulering for energimerking brukes enten karakterskala gyldig til eller fra 1/7-2017 eller fra 12/6-2015. I bygningen kan det legges inn en rekke tiltak, som det da kan utføres lønnsomhetsberegning av. [41]

## 2.7 Lønnsomhetsberegninger

En byggeier som ønsker å redusere energikostnadene sine, kan både velge å produsere energi selv og redusere byggets energibehov. Hva byggeier ønsker å gjøre er avhengig av flere forhold, men økonomi er ofte det viktigste aspektet. For å beregne lønnsomheten til rehabiliteringsprosjekt, kan det benyttes tilbakebetalingstid, nåverdi-, internrentemetoden.

### 2.7.1 Nåverdi

I nåverdimetoden tilbakeføres alle fremtidige innbetalingsoverskudd tilbake til investerings-tidspunktet. Netto nåverdi, NNV, kan finnes ved å benytte ligning 1 [42]. Et viktig begrep ved beregning av nåverdi og internrente er avkastningskrav. Avkastningskrav sier noe om den avkastningen som kan forventes ved å investere i et alternativt prosjekt med identisk risiko. [43]

$$NNV = \sum_{t=1}^n \frac{B}{(1+r)^t} - I \quad (1)$$

I formelen er  $B$  forventet årlig kontantstrøm,  $r$  er kalkulasjonsrenten,  $n$  er antall år totalt,  $t$  er det gjeldende året og  $I$  er investeringskostnaden. En positiv nåverdi tilsier at investeringen er lønnsom, ut fra de forutsetningene som er tatt. [42]

Det er også viktig å ta hensyn til restverdi når det regnes på nåverdi, da komponenter fortsatt kan ha en verdi når levetiden til prosjektet er over. Restverdi er den verdien som står igjen, altså står i rest, etter avskrivning av innkjøpsprisen. For å beregne restverdi brukes ligning 2. [44,45]

$$Restverdi = Investeringskostnad \cdot \frac{e(n_1, r)}{e(n_2, r)} \quad (2)$$



I formelen for restverdi er  $n_1$  levetiden til komponenten,  $n_2$  antall år som er igjen av levetiden til komponenten og  $e$  er annuitetsfaktoren. Annuitetsfaktoren beregnes ved bruk av ligning 3 [46].

$$e = \frac{r}{1 - (1 + r)^{-n}} \quad (3)$$

### 2.7.2 Internrentemetoden

Siden renten i en nåverdikalkyle uttrykker hva som kreves i en avkastning for at investeringen skal anses som lønnsom, vil en positiv nåverdi egentlig bety at renten av investeringen er bedre enn det som kreves. Internrenten kan derfor brukes som et supplement til en nåverdikalkyle ved at den vil fortelle hvor stor sikkerhetsmarginen er i forhold til kalkulasjonsrenten som ble brukt i nåverdiberegningen. Investeringens internrente kalles en kalkulasjonsrente som gir null i nåverdi. På grunnlag av internrenten kan investorer så avgjøre om avkastningen ser tilfredsstillende ut eller ikke. [42]

### 2.7.3 Tilbakebetalingstid

Tilbakebetalingstid, TBT, er en enkel måte å beregne lønnsomheten til en investering. Metoden går ut på å beregne hvor lang tid det tar før selve investeringsbeløpet er tilbakebetalt. Ligning 4 viser formelen for tilbakebetalingstiden. Kriterier som brukes for å se om investeringen er lønnsom eller ikke er derfor:

Tilbakebetalingstid < Økonomisk levetid → Lønnsom investering

Tilbakebetalingstid > Økonomisk levetid → Ikke lønnsom investering

$$TBT = \frac{I}{B} \quad (4)$$

Dersom TBT er kortere enn den lengste akseptable tilbakebetalingstiden blir prosjektet god tatt. Den akseptable tilbakebetalingstiden er ofte fastsatt på forhånd av for eksempel ledelsen av prosjektet. [42, 47]

### 2.7.4 Kalkulasjonsrenten

Kalkulasjonsrenten skal gi uttrykk for den avkastningen som kreves av investeringen for at den skal anses for å være lønnsom. Kalkulasjonsrentens størrelse vil være avhengig av risikoen som er forbundet med prosjektet, den alminnelige lånerenten i markedet, avkastningen på andre mulige prosjekter og prisstigningen per år [42]. Ved beregning av energikostnader benyttes ofte en kalkulasjonsrente på fire prosent [48].

## 2.8 Tilskudd

Ved rehabilitering og bygging av nye boliger er det flere aktører som tilbyr økonomisk bidrag, slik som Enova. I tillegg har enkelte kommuner egne energitiltak som det kan søkes støtte for.

### 2.8.1 Enova

Enova er et statsforetak som har som rolle å drive bransjene i Norge mot et lavutslippssamfunn. Denne omstillingene krever kutt i utslipp av klimagasser, ivaretagelse av forsyningssikkerheten og skapelse av nye verdier. Enova bidrar økonomisk slik at de enkelte bedriftene kan ta i bruk nye og klimavennlige teknologier, selv om det er risikabelt og kostbart. På denne måten kan Enova være med å bidra til et varig løft på et område, slik at teknologien blir rimeligere og mer tilgjengelig for folk flest. For privatpersoner kan det gjennom Enovatilskuddet søkes om å få penger tilbake for en rekke energitiltak som gjøres, enten ved oppgradering av bolig eller ved bygging av ny bolig. For hus bygd mellom 1960 og 1987 finnes det seks ulike energitiltak som er anbefalt av Enova og som det kan søkes støtte om. I tabell 2.3 er det en oversikt over disse seks energitiltakene, samt andre støttetiltak som kan søkes om. Her fremkommer det også hvor mye støtte det er mulig å få innvilget fra Enova. [11,49]

Tabell 2.3: Ulike støttetiltak fra Enova for hus bygd mellom 1960 og 1987. [11]

Støttetiltak	Maksimalt støttebeløp [kr]
Energirådgivning	5 000
Balansert ventilasjon*	15 000
Oppgradering av bygningskropp	150 000
Væske/vann-varmepumpe	10 000
Luft/vann-varmepumpe*	5 000
Solfanger*	15 000
Vannbåren varme	10 000
El-produksjon*	28 750
Akkumulatortank	5 000

\*Fra 1. juli 2020 trer nye endringer i kraft for disse støttetiltakene. Støtten til balansert ventilasjon, solfanger og el-produksjon reduseres til henholdsvis 10 000, 10 000 og 26 250 kroner. Støtten til luft/vann-varmepumpe fjernes. [50–53]

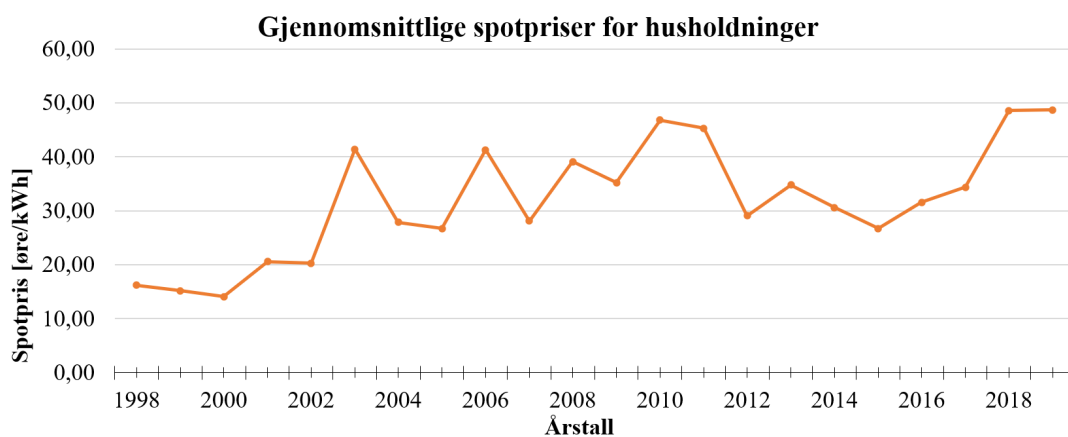
## 2.9 Strømpriser

Den norske kraftforsyningen består av vannkraft, vindkraft og varmekraft, hvor vannkraft utgjør den største andelen. Norge er en del av et felles nordisk kraftmarked med Sverige, Danmark og Finland, som er knyttet til det europeiske kraftmarkedet. Alene har Norge strømkabler til både Sverige, Danmark og Nederland. To nye strømkabler til Tyskland og Storbritannia er planlagt å settes i drift i 2020 og 2021. Statistisk ligger strømprisene i den vestre delen av Europa høyere enn i Norge, som gjør at Norge kan eksportere strøm til Europa. Norges forbindelse til det europeiske kraftmarkedet, gjør at norske strømpriser påvirkes av de europeiske. Andelen import og eksport i Norge varierer årlig og mellom sesonger, hvor priser avhenger av etterspørsel. [54,55]

Kraftpriser i sluttbrukermarkedet består av spotpris, nettleie og avgifter, inkludert merverdiavgift. Spotpris blir også kalt kraftpris. Nettleien er kostnaden for tilknytning til og bruk av strømmettet, og fastsettes av nettselskapene basert på inntekstramme og prinsipper for tariffing fastsatt av NVE. Avgifter består av en forbruksavgift på elektrisk kraft og et påslag øremerket Enova, som er politisk bestemte størrelser. I tillegg består avgifter av betaling av el-sertifikat som varierer med det tilhørende sertifikatmarkedet. Det er spotprisen som varierer med markedet, og er prisen på råvaren elektrisk kraft. Den totale kraftprisen varierer regionalt i landet og er avhengig av kraftleverandør. I fjerde kvartal i 2019 lå den totale kraftprisen for husholdninger på 112,3 øre/kWh, hvor spotpris, nettleie og avgifter lå på henholdsvis 46,8, 28,9 og 36,6 øre/kWh. [55,56]

I verden i dag er det stadig flere forbrukere som ønsker å produsere energi for å dekke noe av eget forbruk. Som oftest er det solceller som blir tatt i bruk for å produsere egen energi. Om utviklingen innenfor egenproduksjon av energi fortsetter slik som det har gjort de siste årene, vil det mest sannsynlig bli lønnsomt etterhvert. Per dags dato lønner det seg å bruke mest mulig av egenprodusert strøm selv, da nettleie og avgifter da ikke trenger å betales. Eksporterers strømmen, får eksportøren kun betalt for spotpris. [57]

Utviklingen av spotprisen i Norge de siste 20 årene, er vist i figur 2.10. Siden århundreskiftet har spotprisen tredoblet seg frem til 2019, hvor den ligger på 48,7 øre/kWh for husholdninger. [8]



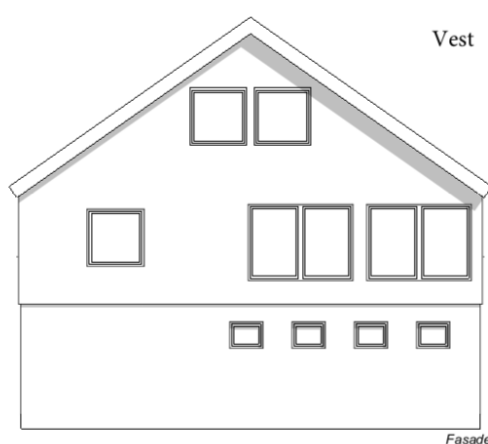
Figur 2.10: Gjennomsnittlige priser på elektrisk kraft, eksklusive avgifter og nettleie for husholdninger. [8]

### 3 Case

En beskrivelse av boligen brukt i prosjektet og de ulike energioppgraderingene som skal benyttes, finnes i dette kapittelet. Grunnet huseiers interesse i klimavennlig byggteknikk hadde de et ønske om å oppgradere boligen til å bli et nesten passivhus, og i denne sammenheng er oppgraderingsprosjektet kalt **CasaZero**. I CasaZero reduseres energibruken med 90 prosent. En passivhusoppgradering er kostbar og svært omfattende, derfor er det også presentert to andre energioppgraderinger som så skal sammenlignes med passivhusløsningen i dette kapittelet. Disse løsningene vil bestå av mindre omfattende tiltak, men som også er mindre kostbare. Løsningen kalt **BergVP** bruker væske/vann-varmepumpe som oppvarming, hvor energibruken reduseres med 60 prosent. Løsningen kalt **L-LVP** bruker luft/luft-varmepumpe, hvor energibruken reduseres med 15 prosent.

#### 3.1 Huset

Boligen som benyttes i oppgaven er et trehus fra 1960 som ligger på Kolsås i Bærum. Utformingen av huset er i tråd med det som var karakteristisk for perioden, og består av en enkel, kvadratisk form med saltak. Før oppgradering hadde huset stue, kjøkken, toalett og bad i første etasje, fire soverom i andre etasje, og vaskerom, bad og boder i kjeller. Blant utformingene som var ønskelig å forandre på var planløsning i første etasje og kjeller viktig. Dette var blant annet for å kunne benytte seg av kjelleren som oppholdsrom, hvor kjelleren tidligere ikke var en oppvarmet etasje. Huset var i tilnærmet original tilstand, som innebar blant annet fukt i kjeller og lite isolasjon i veggene. For å kunne møte dagens komfort og behov var dermed en oppgradering nødvendig. Figur 3.1 viser en tegning av fasaden til husets førtilstand. Som nevnt ovenfor står huset i stil med de typiske utformingene for et 60-tallshus; dette fremkommer tydelig ved å se på den enkle formen og det typiske saltaket. Huset er identisk med flere av nabohusene, og oppgraderinger gjort av naboer i deres respektive hus er derfor tatt i betraktning ved utforming av de alternative energioppgraderingene. Dette ble gjort for å ha realistiske alternativer å sammenligne med.



Figur 3.1: Tegning av husets fasade sett fra vest av arkitektfirmaet Snøhetta.

Til oppvarming ble det benyttet oljekjel, elektrisk oppvarming og biobrensel i form av vedfyring. Da bruk av oljekjel er forbudt fra 2020, er dermed ikke dette et alternativ som lenger kan benyttes. Det ble også bestemt at vedfyring ikke lenger skal benyttes da varmebehovet i all hovedsak skal dekkes av andre energikilder. Det ble benyttet naturlig ventilasjonssystem, og vegger og tak var isolert med 100 mm. Kjelleren var ikke isolert, og ble derfor ikke benyttet som oppholdsrom. Et trekkfullt hus med mye varmetap er kostbart, så ved å etterisolere og benytte seg av annen fornybar oppvarming vil strømforbruket kunne reduseres og inneklimaet forbedres. Figur 3.2 viser sentrale inndata av husets førtilstand i SIMIEN.

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	173	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	108	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	83	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	36	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	226	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	490	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,85	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,41	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,33	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	1,73	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	15,7	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,08	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	81	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	5,31	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	

Figur 3.2: Sentrale inndata i SIMIEN fra husets førtilstand.

SIMIEN-filen for førtilstanden ble tilsendt gruppen av Karen Byskov Lindberg. Relevante verdier fra førtilstanden er listet opp i tabell 3.1, og simuleringen finnes under *Årssimulering av førtilstand* i vedlegg A. Energikostnaden er beregnet fra direkte elektrisitet, olje og biobrensel som benyttes i huset. I denne beregningen er det benyttet en energipris på 0,85 kr/kWh for elektrisitet og olje, mens energiprisen er på 0,65 kr/kWh for biobrensel. Olje er den største posten med hele 21 736 kroner av den totale kostnaden på 42 612 kroner. Netto energibehov var på 32 487 kWh, og netto levert energi på 52 814 kWh. Grunnen til at energibehovet er lavere enn den leverte energien er at det benyttes oljekjel, som sannsynligvis brenner dårligere og dermed avgir mindre varme enn antatt fra den leverte energien.

Tabell 3.1: Resultat av årssimulering av førtilstand i SIMIEN.

<b>Resultat av årssimulering - førtilstand</b>	
Totalt netto energibehov	32 487 kWh
Netto levert energi	52 814 kWh
Netto energikostnad	42 612 kr

## 3.2 Oppgraderingen

I denne oppgaven vil det bli skilt mellom hva som blir gjort av rehabilitering og komfortoppgradering, med hva som er energitiltak. Det er energitiltakene det skal regnes lønnsomheten av. Dette avsnittet vil ta for seg alt som ble gjort før energitiltakene. Kledningen trengtes å byttes ut grunnet råte og taksteinen måtte byttes siden de var blitt dårlige. Den eksisterende isolasjonen i huset var gammel og ble byttet ut med ny. Innsiden av ytterveggene, i alle etasjene, ble lektet

ut med 50 mm til nye trekkerør og med 50 mm isolasjon rundt dette. For å unngå fukt og råte i veggen ble det lagt en dampsperre mellom den eksisterende isolasjonen og den ekstra isolasjonen på innsiden. I taket ble takstolene byttet for å oppnå større plass i andre etasje. Også i taket ble den eksisterende isolasjonen byttet ut. Husets vinduer ble byttet ut grunnet endret utseende av huset. I kjelleren var det et ønske fra huseierne å kunne bruke etasjen som et oppholdsrom, derfor ble det nødvendig å isolere kjelleren, slik at ikke all varmen skal forsvinne. I tillegg hadde huset problemer med dreneringen, og kjellergulvet måtte derfor pigges opp og dreneres. I denne prosessen ble det isolert i gulvet mot grunnen og støpt nytt kjellergulv. Kjellerveggen ble isolert fra utsiden, for å unngå fuktskader.

Tabell 3.2: Oversikt over tiltak for CasaZero.

<b>CasaZero</b>	
Isolasjon	350 mm i tak og vegger 200 mm på kjellervegg over bakkenivå 150 mm på kjellervegg under bakkenivå 300 mm i gulv mot grunnen
Vindu	Trelags vindu
Ventilasjon	Balansert ventilasjon med roterende varmegjenvinner Flexit Nordic S4 RE
Oppvarming	Væske/vann-varmepumpe med vannbåren gulvvarme Nibe F1155
Energiproduksjon	Solcellepaneler på sørsiden av taket

Tabell 3.2 viser en oversikt over alle energitiltak som er gjort i CasaZero. Det er disse tiltakene det vil regnes merkostnader på i lønnsomhetsberegningene. Etterisolering og tetting av vegger, gulv og tak er et viktig tiltak for å unngå store varmetap. Som et ekstra energitiltak ble det derfor lagt på 200 mm isolasjon på utsiden av huset med bruk av Redair flex system inkludert osb-plate, slik som vist i figur 3.3. Målet med trykkfast isolasjon er at den ikke behøver å støttes opp med stendere, slik at det unngås kuldebroer i form av gjennomgående treverk [58]. Eksisterende isolasjon i taket ble skiftet ut med 200 mm isolasjon, og i tillegg ble det lagt på 150 mm utvendig isolasjon. Det ble dermed 350 mm isolasjon tilsammen i tak og vegger. Som energitiltak i kjelleren ble det lagt tykkere isolasjon enn hva som vanligvis ville blitt gjort, derfor ble det nødvendig å grave dypere for å oppnå ønskelig takhøyde. Gulvet er blitt isolert med 300 mm mot grunnen. På kjellerveggene er det isolert fra utsiden med 150 mm under bakkenivå og 200 mm over bakkenivå. Det ble valgt å sette inn trelags vinduer istedenfor vanlige tolags vinduer. Med et så godt tettet hus ble det behov for en type lufting. Det ble valgt balansert ventilasjon med roterende varmegjenvinner, av typen FLEXIT Nordic S4, som sørger for at huset får et godt luftskifte.



Figur 3.3: Rockwools Redair Flex system på ytterveggene. Foto: Lindberg&Thorud

Mange mener at bergvarme er en forutsetning for å oppnå passivhusstandarden. I dette 60-tallshuset benyttes derfor en væske/vann-varmepumpe av typen Nibe F1155, som benytter bergvarme som varmekilde. Det installeres vannbåren gulvvarme i kjeller og første etasje. Det vannbårne systemet er delt opp i tre soner; en sone til badet, en til kjelleren og en til første etasje. De tre sonene styres av hver sin pumpe, som er koblet inn i nettet med kobberør i teknisk rom, vist i figur 3.4. I teknisk rom er det også en kombinasjon av en varmtvannsbereider og en akkumulatortank som holder styr på det varme vannet. På taket som vender mot sør, er det solceller. Solcellene produserer strøm som kan brukes i huset. Dersom energien fra solcellene ikke blir brukt umiddelbart, kan den lagres i akkumulatortanken i mellomtiden. På dager med overskuddsstrøm sendes overskuddet ut på nettet. [58]



Figur 3.4: Oppkobling av vannbårent system med ulike soner. Foto: Lindberg&Thorud

### 3.3 Alternative løsninger

I denne oppgaven er det valgt to alternative energioppgraderinger på huset. Grunnen til at det ble valgt to alternativer var i all hovedsak for å lettere kunne se om oppgraderingen som er gjort i huset er lønnsom. De alternative løsningene er ikke utprøvd på dette huset, og er dermed kun teoretiske. Når det gjelder tiltakene de forskjellige oppgraderingene inneholder, blir disse i all hovedsak valgt utifra det som er mest vanlig av tiltak ved rehabilitering av hus. Valget er også tatt på bakgrunn av hva naboer i området har valgt, hvor husene er tilnærmet like. Det er også viktig å ha noen like holdepunkter i hver av energioppgraderingene, slik at det er lettere å sammenligne oppgraderingene med hverandre.



Figur 3.5: Vannbårent gulvvarmesystem i første etasje. Foto: Lindberg&Thorud

Energiltakene for BergVP er listet opp i tabell 3.3. Etter omvisning i nabolaget på Kolsås, viste det seg at de fleste naboene kun hadde byttet eksisterende isolasjon og lagt på ekstra isolasjon innenfra. Denne løsningen blir ofte brukt ved oppussing, da det er dyrt å skifte kledning og isolere fra utsiden. Derfor vil det i BergVP tas utgangspunkt i at eksisterende isolasjon skiftes ut og det isoleres med 50 mm på innsiden. I taket byttes den eksisterende isolasjonen med 150 mm isolasjon. På grunnmuren skal det isoleres med 100 mm utvendig i gulv og vegger, da isolering på innsiden vil kunne gi fuktskader. Også i kjeller legges det 50 mm på innsiden av veggene. Vinduene vil skiftes til tolags vinduer med ny karm og ramme, da tolags vinduer er rimeligere og vanligere å bytte til. Det vil være vanskeligere å få dampsperre og vindsperre tett fra innsiden, og det tas derfor utgangspunkt i at mekanisk avtrekk vil være nok ventilasjon. Som oppvarming vil BergVP bruke samme oppvarmingssystem som CasaZero, med væske/vann-varmepumpe med vannbåren gulvvarme. Denne løsningen vil gjøre at det blir lettere å sammenligne effekten av et slikt oppvarmingssystem på ulikt isolerte hus. Figur 3.5 viser gulvvarmerørene i første etasje.



Tabell 3.3: Oversikt over tiltak for BergVP.

<b>BergVP</b>	
Isolasjon	150 mm i tak og vegger 150 mm på kjellervegg over bakkenivå 150 mm på kjellervegg under bakkenivå 100 mm i gulv mot grunnen
Vindu	Tolags vindu
Ventilasjon	Mekanisk avtrekk
Oppvarming	Væske/vann-varmepumpe med vannbåren gulvvarme Nibe F1155

L-LVP skal være et enklere og rimeligere alternativ til energioppgraderingen. Isolasjonen, vinduene og ventilasjon vil være likt som i BergVP. Som oppvarming skal det derimot installeres en luft/luft-varmepumpe, som vil være oppvarmingskilde for stue og kjøkkenområde. På badene vil det være elektriske varmekabler i gulvene og det vil være panelovner i de resterende rommene. Formålet med L-LVP er å sammenligne effekten av ulike varmepumper i likt isolerte hus. Oversikt over tiltakene i L-LVP finnes i tabell 3.4.

Tabell 3.4: Oversikt over tiltak for L-LVP.

<b>L-LVP</b>	
Isolasjon	150 mm i tak og vegger 150 mm på kjellervegg over bakkenivå 150 mm på kjellervegg under bakkenivå 100 mm i gulv mot grunnen
Vindu	Tolags vindu
Ventilasjon	Mekanisk avtrekk
Oppvarming	Luft/luft-varmepumpe, panelovner og elektriske varmekabler på bad

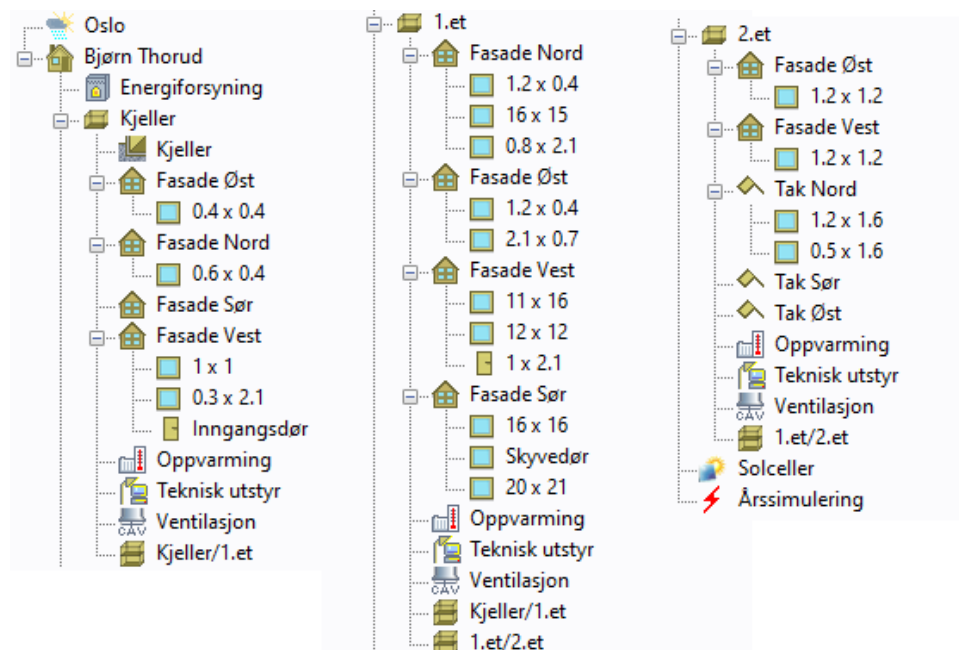
## 4 Energiberegninger

I dette kapittelet vil metode for simuleringer gjort i SIMIEN og beregninger av tekniske verdier gjøres rede for. Formålet med energiberegninger er å kunne regne på det årlige energibehovet, levert energi og kostnader for kjøpt energi, slik at det kan gjøres lønnsomhetsberegninger på energioppgraderingene. Verdier som blir satt inn i SIMIEN for hver energioppgradering er listet opp i tabell 4.1. I SIMIEN blir det gjort en årssimulering av hver energioppgradering, i tillegg til en passivhusevaluering av CasaZero.

Tabell 4.1: Oversikt over inndata i SIMIEN.

	<b>CasaZero</b>	<b>BergVP</b>	<b>L-LVP</b>
<b>Varmepumpe</b>	Væske/vann	Væske/vann	Luft/luft
Systemvirkningsgrader:			
-romoppvarming	5,50	5,50	2,28
-varmtvann	4,00	4,00	-
Dekningsgrader:			
-romoppvarming	90%	90%	40%
-varmtvann	90%	90%	0%
Vannbåren gulvvarme, tur/returtemp: [ $^{\circ}C$ ]			
-første etasje	35/30	35/30	-
-kjeller	25/20	40/35	-
<b>Elektrisitet</b>			
Systemvirkningsgrader:			
-romoppvarming	0,81	0,81	0,92
-varmtvann	1,00	1,00	0,98
Dekningsgrader:			
-romoppvarming	10%	10%	60%
-varmtvann	10%	10%	100%
<b>U-verdier [<math>W/(m^2K)</math>]</b>			
Fasade	0,11	0,27	0,27
Kjeller:			
-vegg	0,14	0,23	0,23
-gulv	0,10	0,23	0,23
Tak	0,12	0,28	0,28
Vinduer	0,90	1,20	1,20
<b>Lekkasjetall (N50) [1/h]</b>	1,00	3,50	3,50
<b>Ventilasjon</b>	Balansert	Naturlig	Naturlig
SFP-faktor [ $kW/(m^3/s)$ ]	1,13	-	-
Temperaturvirkningsgrad	0,85	-	-

Simuleringer i SIMIEN ble utført ved å ta utgangspunkt i en SIMIEN-fil tilsendt av oppdragsgiver, som simulerer planlagt tilstand av huset. Dette gjøres for å redusere eventuelle feil, da ingen på gruppen har erfaringer med SIMIEN fra tidligere. For å kvalitetssikre resultatene blir alle verdier gjennomgått og eventuelt regnet på nytt. Figur 4.1 viser hvordan filen er delt opp i tre soner for hver etasje, hvor det er lagt til vinduer og dører for hver fasade- og takdel. I SIMIEN er det hovedsaklig verdier for energiforsyning, ventilasjon og U-verdier for fasader, kjeller, tak, vinduer og dører som endres på. For parametrene i SIMIEN som ikke blir gjennomgått, er det beholdt standardverdier gitt i SIMIEN. Simuleringer følger modellen for dynamisk simulering av energibehov beskrevet i NS3031:2007 [41]. Energiprisen for energiforsyningen er satt til  $1,12 \text{ kr}/\text{kWh}$ , hvor spotprisen er  $0,47 \text{ kr}/\text{kWh}$ . Dette er kjøpsprisen som gjelder for 4. kvartal 2019, se kapittel 2.9.



Figur 4.1: Illustrasjon av husets oppsett i SIMIEN.

## 4.1 CasaZero

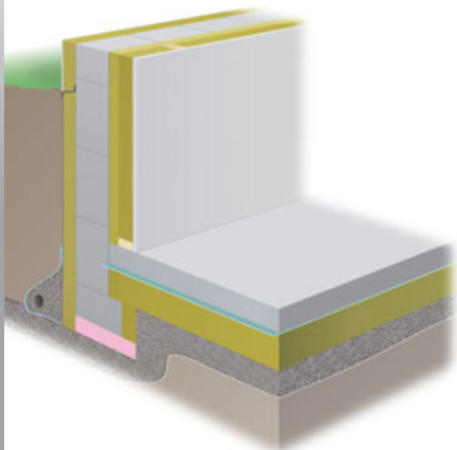
Bygningen er isolert med Rockwool, derfor er Rockwools energiprogram brukt for å finne U-verdier for tak, fasade og kjeller. Figur 4.2 illustrerer hvordan energiprogrammet ser ut. Type og tykkelse på isolasjon ble funnet fra faktura tilsendt av oppdragsgiver, hvor detaljene er listet opp i tabell 3.2. I programmet velges *Konstruksjoner*. Fasadens U-verdi ble funnet ved å velge veggkonstruksjonstype *Yttervegg med REDAir*. Ved å sette inn tykkelser, fra tabell 3.2, på utvendig, innvendig og hovedisolasjon, ble U-verdien  $0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . For taket ble det valgt konstruksjonstype *Skråtak med sperrer av heltre* og satt inn tykkelser på isolasjon, hvor U-verdien ble  $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . I kjelleren ble det valgt konstruksjonstype *kjellergulv (under bakkenivå)* og *kjellervegg av betong med innvendig påføring*. Det ble satt inn data for gulvareal, lengde på vegger, oppfyllingshøyde og tykkelse på kjellervegger. Dette var henholdsvis  $83 \text{ m}^2$ ,  $36 \text{ m}$ ,  $1,5 \text{ m}$  og  $0,27 \text{ m}$ . Pukk ble valgt som grunnforhold. Deretter ble isolasjonens tykkelse og plassering satt inn. U-verdien ble kalkulert til  $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  på gulvet og  $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  på veggene.

**Konstruksjonskategori:**

- Veggkonstruksjon
- Takkonstruksjon
- Gulvkonstruksjon

**Konstruksjonstype:**

Kjellergulv (under bakkenivå)



**Konstruksjonsdata:**

Generelt | Grunn | **Isolasjon** | Betong | Innvendig | Ekstra

1. isolasjonslag:  
100 mm Rockwool Markplate

Egendefinert isolasjon

Tykkelse [mm]: 150

Varmeledning [W/mK]: 0.037

2. isolasjonslag

2. isolasjonslag:  
100 mm Rockwool Markplate

Egendefinert isolasjon

Tykkelse [mm]: 150

Varmeledning [W/mK]: 0.037

**Resultater**

Beregnet U-verdi:	0.10 W/m <sup>2</sup> K	<span style="color: green;">●</span>
Krav forskrift*:	0.1 W/m <sup>2</sup> K*	
Minstekrav forskrift:	0.18 W/m <sup>2</sup> K	
<b>Tykkelse konstruksjon:</b>	<b>564 mm</b>	

\*Inntil 31.12.2016 kan 0,15 W/m<sup>2</sup>K benyttes

Figur 4.2: Rockwools energiprogram, utregning av U-verdi på kjellergulv.

De utregnede U-verdiene for fasade, tak og kjeller settes inn i SIMIEN som egendefinerte U-verdier sammen med U-verdier på vinduer og dører. På vinduene er det brukt en tabell fra Enova [28]. Her er det antatt en U-verdi for trelags vinduer på  $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . På dørene er alternativet *superisolert dør* antatt, som har en U-verdi på  $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , da denne verdien var valgt i den opprinnelige SIMIEN-filen. Med lave U-verdier for isolasjon, vinduer og dører er husets lekkasjetall antatt til å ligge på 1,00 luftveksling per time. Dette antatte tallet ligger mellom minimumskravet i TEK17 som er på 1,5 og minstekravet i NS3700 på 0,6 [29]. For ventilasjon er det valgt CAV, balansert ventilasjon med varmegjenvinner. Viften har SFP-faktor på  $1,13 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$  og varmegjenvinneren har en temperaturvirkningsgrad på 85 prosent. Verdiene er hentet fra ventilasjonens datablad [59].

Energiforsyning for CasaZero dekkes av elektrisitet og varmepumpe. Det antas at varmepumpen står for rundt 90 prosent av romoppvarming og varmtvann, hvor resten dekkes av elektrisitet. Varmepumpens systemsvirkningsgrader ble satt til 5,5 for romoppvarming og 4,0 for varmtvann, hvor verdiene ble hentet fra varmepumpens produktbrosjyre [60]. For oppvarmingen til første etasje og kjelleren huktes det av for *Oppvarming med vannbårent distribusjonsanlegg*. I første etasje blir turtemperaturen satt til  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  og returtemperaturen satt til  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ . I kjeller er temperaturene satt til  $25$  og  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . For CasaZero er det lagt til solceller, verdier for disse var lagt inn i den opprinnelige SIMIEN-filen. De dekker et areal på  $50 \text{ m}^2$ , og har en nominell virkningsgrad på 0,18 og en tapsfaktor på 0,89 for panel og 0,95 for inverter. Solcellene har en hellingsvinkel på 36 grader og er vendt mot sør. De bruker spotprisen på salg av solstrøm.

## 4.2 BergVP

For beregning av U-verdier til BergVP ble det benyttet standardverdier funnet i Byggforsklad 471.013 for tak og Byggforsklad 471.401 for vegg. For tak ble det valgt skråtak med sperrer av konstruksjonstrevirke, en bjelkedimensjon på 148 X 48 mm og isolasjonens varme-konduktivitet ble satt til  $0,037 W/(mK)$ . Takets U-verdi ble da lest av i tabell til å være  $0,28 W/(m^2K)$  [61]. For vegg ble tabell med isolasjon med varmekonduktivitet på  $0,037 W/(mK)$  benyttet. Total isolasjon var satt til 150 mm, og bindingsverket d x t var satt til henholdsvis 98+48 mm og 48 mm. Lengden av treverk per  $m^2$  netto veggareal, L, settes til 3,5 da dette er standardverdi for enebolig med romhøyde på 2,4 m. Ved å lese av i tabell blir derfor veggens U-verdi lik  $0,292 W/(m^2K)$ . [62]

Gulvets U-verdi er funnet ved å benytte Rockwools energiprogram på nett. Det ble valgt samme konstruksjonstype som i CasaZero, med samme størrelsesdata og grunnforhold. Gulvets U-verdi ble kalkulert ved å sette inn tykkelse på isolasjon mot grunnen. Dette ga en U-verdi på  $0,23 W/(m^2K)$ . Ved utregning av kjellervegg ble det satt inn tykkelse på utvendig og innvendig isolasjon. Dette ga en felles U-verdi på kjellervegg på  $0,23 W/(m^2K)$ . Isolasjonstykkelsene er gitt i tabell 3.3.

For tolags vinduene er det tatt utgangspunkt i Enovas tabell hvor U-verdien for tolags vinduene er antatt til å ligge rundt  $1,20 W/m^2K$  [28]. For dørene er det antatt alternativet *godt isolert dør*, som har en verdi på  $1,20 W/m^2K$ . Etter samtale med Anne Gunnarshaug Lien ble lekkasjetallet antatt til å ligge på rundt 3,5 luftvekslinger per time, ettersom huset er greit isolert og vinduene er byttet [18, 63]. Som ventilasjon benyttes det mekanisk avtrekk på bad og kjøkken. Alternativet *naturlig ventilasjon* brukes i SIMIEN, da store deler av huset ikke ventileres ved bruk av vifter.

Energiforsyningen for BergVP vil være lik CasaZero i SIMIEN, da det skal brukes væske/vannvarmepumpe med vannbåren gulvvarme. Det vannbårne systemet settes til samme tur/returtemperatur som i første etasje i CasaZero. Tur/returtemperaturene i kjelleren settes derimot til 40 og  $35 ^\circ C$ , da denne kjelleren har et høyere varmetap enn CasaZero.

### 4.3 L-LVP

For L-LVP brukes det samme innstillinger som i BergVP for U-verdier på vinduer, dører, fasader, kjeller og tak. Her vil det også brukes naturlig ventilasjon og samme lekkasjetall som BergVP, da de har lik bygningskropp. Detaljer på L-LVP er gitt i tabell 3.4.

Systemvirkningsgraden angir forholdet mellom energi som tilføres energikilden (levert energi) og varme som tilføres rommet (sonen). Systemvirkningsgraden deles her opp i tre faktorer:

1. Produksjonsvirkningsgrad er forholdet mellom levert energi til produksjonsenheter og energimengden som leveres til distribusjonssystemet.
2. Distribusjonsvirkningsgraden angir tap i energitransporten mellom produksjonsenheten og rommet (sonen).
3. Romvirkningsgraden angir tap ved varmeavgivelse i rommet. Tapsfaktorer er skjev temperaturprofil, plassering av varmekilde og unøyaktigheter i termisk respons (reguleringstap).

Data	Veiledende verdier fra Tillegg B i NS 3031:2014	
Produksjonsvirkningsgrad:	<input type="text" value="2,50"/>	Luft til luft, varme fra uteluft
Distribusjonsvirkningsgrad:	<input type="text" value="1,00"/>	Direkte varmeavgivelse i rommet (luft-luft vp, ildsteder, kaminer, el. ovner)
Romvirkningsgrad:	<input type="text" value="0,91"/>	Innedel for luft-til-luftvarmepumpe, TEK07
Systemvirkningsgrad:	<input type="text" value="2,28"/>	

Figur 4.3: SIMIEN: Systemvirkningsgrad for romoppvarming, Varmepumpe.

For energiforsyningen skal det være en luft/luft-varmepumpeløsning. SIMIEN regner ut standard systemvirkningsgrader ved å velge alternativene *Luft til luft*, *Direkte varmeavgivelse i rommet* og *Innedel for luft-til-luftvarmepumpe*, slik som i figur 4.3. Det ble antatt at varmepumpen vil dekke omtrent 40 prosent av romoppvarmingen og at elektrisitet dekker resten av energiforsyningen. For elektrisk oppvarming er det tatt utgangspunkt i at det varmes opp med elektrisk panelovn. For virkningsgradene til varmepumpen tar SIMIEN utgangspunkt i TEK07.

### 4.4 Rehabilitering før energiltak

For å kunne regne ut sparte energikostnader for CasaZero og alternativene, ble en SIMIEN-fil opprettet. Dette skal være en simulering av energibehovet huset har etter det er blitt rehabilitert, men før energiltakene er utført. Energiltakene er definert i kapittel 3. Denne filen er viktig, da det i kapittel 6 skal beregnes lønnsomhet ved å bruke merkostnader for energiltakene. Om energikostnader skulle tatt utgangspunkt i førtilstand, er ikke oppvarming av kjelleren medregnet. Førtilstanden av huset er beskrevet i kapittel 3.1. Filen ble laget ved å lage en kopi av L-LVP og endre energiforsyningen til kun elektrisitet.

## 5 Resultat av energiberegninger

Nedenfor vil resultatene av simuleringene i SIMIEN fremkomme. De viktigste resultatene fra årssimulering og passivhusevaluering vil bli presentert. Utskriftsfilene fra SIMIEN finnes i vedlegg A.

### 5.1 CasaZero

Resultatene fra simuleringen for CasaZero i SIMIEN viste at det totale netto energibehovet var på 19 035 kWh. For netto levert energi inngår 8 817 kWh til direkte elektrisitet og 2 229 kWh til elektrisitet til varmepumpesystemet. Medregnet solstrøm til eksport og egenbruk på henholdsvis 3 795 og 3 998 kWh, endte netto levert energi på 3 253 kWh.

Netto energikostnad var på 6 249 kroner, her inngår 9 875 kroner og 2 496 kroner til henholdsvis direkte elektrisitet og elektrisitet til varmepumpesystem. Kostnadene spart på solstrøm til egenbruk er på 4 251 kroner, og solstrøm til eksport er på 1 871 kroner. Kostnadene tar utgangspunkt i den totale kjøpsprisen for 4. kvartal i 2019. Tabell 5.1 gir en oversikt over levert energi og energikostnader.

Tabell 5.1: Levert energi og energikostnader for CasaZero.

Energivare	Levert energi [kWh]	Energikostnad [kr]
Direkte elektrisitet	8 817	9 875
El. til varmepumpesystem	2 229	2 496
Solstrøm til egenbruk	-3 795	-4 251
<b>Totalt</b>	<b>7 250</b>	<b>8 120</b>
Solstrøm til eksport	-3 998	-1 871
<b>Netto</b>	<b>3 253</b>	<b>6 249</b>

### 5.2 BergVP

For BergVP ble det totale netto energibehovet simulert til å være 34 117 kWh. Netto levert energi ble beregnet til 14 920 kWh, med 10 119 kWh til direkte elektrisitet og 4 801 kWh til elektrisitet til varmepumpesystemet.

Det ble funnet en samlet energikostnad på 16 711 kroner, hvorav 11 334 kroner går til direkte elektrisitet og 5 377 kroner til elektrisitet til varmepumpesystemet. Kostnadene tar utgangspunkt i den totale kjøpsprisen for 4. kvartal i 2019. Tabell 5.2 gir en oversikt over levert energi og energikostnader.

Tabell 5.2: Levert energi og energikostnader for BergVP.

Energivare	Levert energi [kWh]	Energikostnad [kr]
Direkte elektrisitet	10 119	11 334
El. til varmepumpesystem	4 801	5 377
<b>Netto</b>	<b>14 920</b>	<b>16 711</b>

### 5.3 L-LVP

Simuleringene i SIMIEN for L-LVP viste et netto energibehov på 33 699 kWh. Netto levert energi er på 30 100 kWh, hvor 26 321 kWh går til direkte elektrisitet og 3 780 kWh til elektrisitet til varmepumpesystemet.

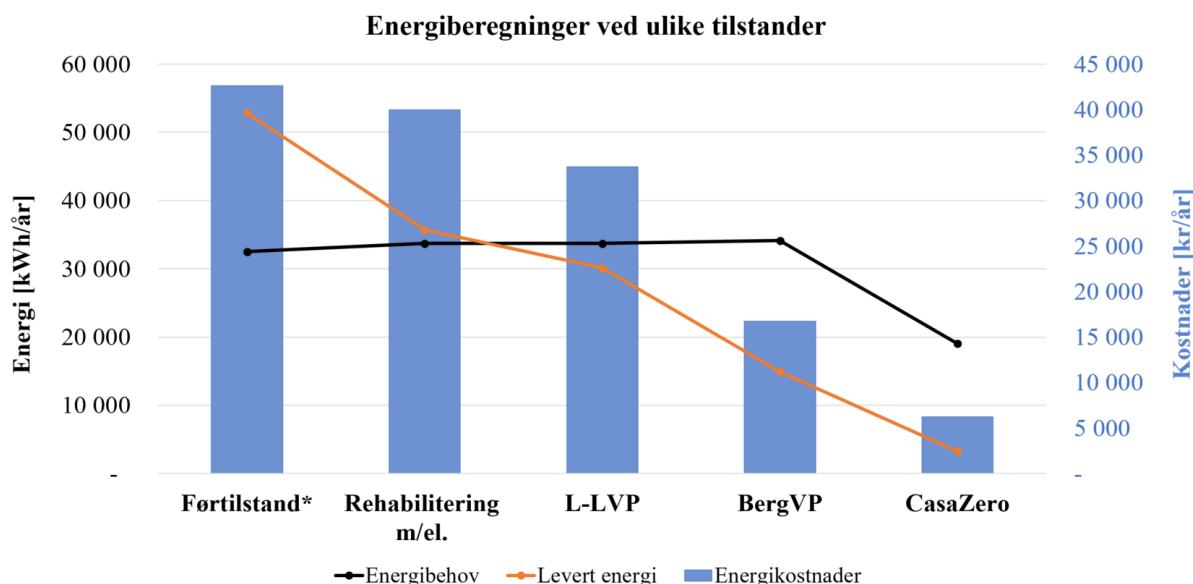
Netto energikostnad ble beregnet til 33 712 kroner, hvor 29 479 kroner og 4 233 kroner går til henholdsvis direkte elektrisitet og elektrisitet til varmepumpesystemet. Kostnadene tar utgangspunkt i den totale kjøpsprisen for 4. kvartal i 2019. Verdier for levert energi og energikostnader er vist i tabell 5.3.

Tabell 5.3: Levert energi og energikostnader for L-LVP.

Energivare	Levert energi [kWh]	Energikostnad [kr]
Direkte elektrisitet	26 321	29 479
El. til varmepumpesystem	3 780	4 233
<b>Netto</b>	<b>30 100</b>	<b>33 712</b>

### 5.4 Endring av årlig energiregnskap

Simulering av husets energibehov etter rehabilitering med elektrisitet som energikilde ga et årlig energibehov på 33 699 kWh, levert energi på 35 688 kWh og en årlig energikostnad på 39 970 kroner. Grafen i figur 5.1 viser hvordan årlig energibehov, levert energi og energikostnadene endrer seg ved de ulike tilstandene av huset. Energiforbruket for BergVP, L-LVP og rehabilitering skal i utgangspunktet være like, men ukjente feil i SIMIEN gjør at det er et lite avvik i verdiene. Verdier for førtilstand, CasaZero, BergVP og L-LVP er beskrevet i henholdsvis kapittel 3.1, 5.1, 5.2 og 5.3.



Figur 5.1: Endring av årlig energibehov, levert energi og energikostnader.

\*Førtilstand benytter andre strømpriser, beskrevet i kapittel 3.1.



## 5.5 Passivhusevaluering

Passivhusevalueringen av CasaZero, i figur 5.2, ga et resultat der huset tilfredsstillte krav for flere komponenter. Huset tilfredsstillte ikke krav til energiytelse og minstekrav for enkeltkomponenter. Under energiytelse er kravet for netto oppvarmingsbehov på  $16,4 \text{ kWh/m}^2$ . Huset har en verdi på  $26,8 \text{ kWh/m}^2$ , og oppfyller dermed ikke kravet. Når det gjelder minstekrav, oppfyller ikke huset kravet for lekkasjetall på 0,60 luftvekslinger per time. Huset har et lekkasjetall på 1,00, men dette er kun et antatt tall. Lavenergihusevalueringen, vist i figur 5.3, viser at huset tilfredsstillte alle kravene til lavenergihusstandard. Detaljer fra evalueringene ligger i vedlegg A.

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot NS 3700:2013	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstillte kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredsstillte ikke krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredsstillte ikke minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstillte minstekrav gitt i NS3700:2013
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstillte ikke alle krav til passivhus

Figur 5.2: Resultatet av passivhusevalueringen.

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot NS 3700:2013	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstillte kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredsstillte krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredsstillte minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstillte minstekrav gitt i NS3700:2013
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstillte alle krav til lavenergihus

Figur 5.3: Resultatet av lavenergihusevalueringen.

## 6 Energiøkonomiske beregninger

For å sammenligne de tre energioppgraderingene benyttes det tre forskjellige metoder for lønnsomhetsberegning; tilbakebetalingstid, nåverdi og internrente. Det ble valgt å bruke alle tre da hver enkelt av dem ikke gir et like godt bilde på hva som er lønnsomt og ikke. Hver metode har sine fordeler og ulemper. Å kun bruke tilbakebetalingstid gir ingen oversikt over kostnader, da det ikke tas hensyn til kontantstrømmer som forekommer etter at inntjeningstiden er over. Tilbakebetalingstiden tar heller ikke hensyn til verdien av penger over tid. Nåverdi tar derimot alle kontantstrømmer i betraktning. Ulempen ved å bruke nåverdi er at det ikke tas hensyn til endringen i kontantstrømmen og de andre parametrene som benyttes i beregningen. Internrenten tar også kontantstrøm i betraktning, men her benyttes ikke investeringsverdien. Hver for seg vil nok internrenten være det tallet andre er mest interessert i når de ser på lønnsomheten av huset. Et helhetlig bilde av tilbakebetalingstid, nåverdi og internrente vil likevel være en bedre forsikring på om prosjektet er lønnsomt eller ikke.

Det ble bestemt at det skulle benyttes to ulike levetider i nåverdi- og internrenteberegningene. Den ene levetiden ble satt til 60 år, og viser til husets antatte levetid. Den andre levetiden ble satt til 30 år og anses som en mer realistisk levetid med tanke på boligeiers botid i huset. Derfor er det beregnet to ulike nåverdier for hver energioppgradering. I samråd med Anne Gunnarshaug Lien [18, 63] og Karen Byskov Lindberg ble kalkulasjonsrenten satt til fire prosent.

I tabell 6.1 er støttetiltakene og beregnet støtte fra Enova vist. De ulike tilskuddene er basert på støtten som Karen Byskov Lindberg og Bjørn Thorud har fått godkjent av Enova. Det er kun CasaZero som har fått støtte på alle tiltakene, med en totalsum på 190 750 kroner. BergVP ville fått 10 000 kroner i støtte til væske/vann-varmepumpen og vannbåren varme, og 5 000 kroner til en akkumulatortank. Den totale støtten fra Enova for BergVP blir da på 25 000 kroner. L-LVP ville ikke benyttet noen av tiltakene som Enova støtter.

Tabell 6.1: Enovatilskudd for de ulike oppgraderingene.

Støttetiltak	Beregnet støtte [kr]	CasaZero	BergVP	LL-VP
Væske/vann-varmepumpe	10 000	X	X	
Vannbåren varme	10 000	X	X	
El-produksjon	25 750	X		
Oppgradering av bygningskroppen	125 000	X		
Balansert ventilasjon	15 000	X		
Akkumulatortank	5 000	X	X	
<b>SUM</b>	<b>190 750</b>	<b>190 750</b>	<b>25 000</b>	<b>0</b>

### 6.1 Utarbeidelse av merkostnader

I sammenligningen av de ulike energioppgraderingene er det kun merkostnadene som skal benyttes. Det gjøres slik da det anses at de andre kostnadene er nødvendige i rehabiliteringen, og disse settes derfor lik null i regnskapet. Kostnader som er like for alle oppgraderingene settes også lik null, slik at det kun er merkostnadene for hvert alternativ som benyttes. Blant kostnader som settes til null kan 150 mm isolering, bytte av kledning og ny drenering nevnes. Tabell 6.2 viser en oversikt over merkostnadene for energitiltakene som er benyttet for de tre ulike

løsningene. Her inngår ekstra isolering, vinduer, ventilasjon, varmpumpe, vannbåren varme, rørlegger, elektriker og solceller. Blank rute betyr at disse merkostnadene er satt til null for løsningen. Det er differansen mellom de totale merkostnadene og Enovatilskuddene som gir de beregnede merkostnadene som benyttes senere i oppgaven. Den totale merkostnadene før Enovatilskuddet er på 1 578 134 kroner, 502 422 kroner og 21 000 kroner for henholdsvis CasaZero, BergVP og L-LVP.

Tabell 6.2: Energikostnader for de ulike oppgraderingene, gitt i kroner.

	<b>CasaZero</b>	<b>BergVP</b>	<b>L-LVP</b>
Isolasjon yttervegg	391 699	-	-
Isolasjon tak	152 436	-	-
Isolasjon kjellervegg	12 032	-	-
Isolasjon kjellergulv	195 643	-	-
Vinduer	18 000	-	-
Ventilasjon	165 733	-	-
Luft/luft-varmpumpe	-	-	21 000
Vannbåren varme	68 120	68 120	-
Rørlegger: væske/vann-varmpumpe, akkumulatortank/varmtvannsbereder	421 584	421 584	-
Elektriker: Solcelleanlegg og vannbåren varme	17 344	12 719	-
Solceller	135 543	-	-
<b>Totalt</b>	<b>1 578 134</b>	<b>502 422</b>	<b>21 000</b>
Enovatilskudd	190 750	25 000	-
<b>Merkostnader - investeringer</b>	<b>1 387 384</b>	<b>477 422</b>	<b>21 000</b>

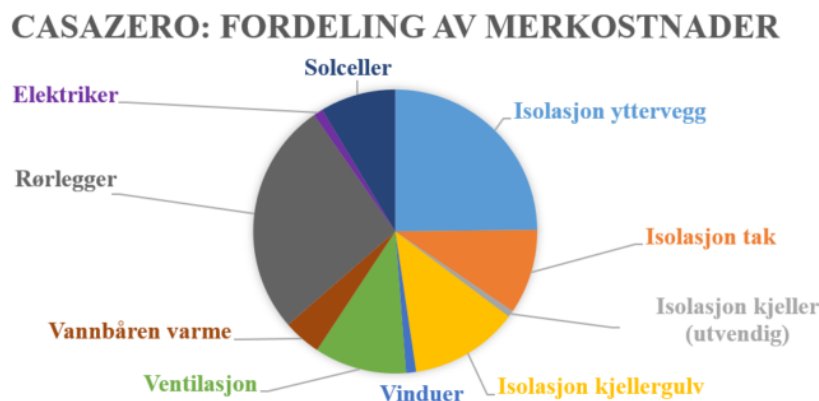
Det ble lagt ned en del arbeid for å sortere kostnadene. Alle fakturaene ble gjennomgått for å finne ut av hva som kan kategoriseres som energioppgradering og hva som kun er rehabilitering. Dette er viktig, da det er merkostnadene for energitiltakene som må benyttes når lønnsomheten skal finnes. Kostnadene for CasaZero er ganske mye høyere enn for de to andre løsningene. Grunnen til at CasaZero er en såpass mye dyrere løsning er blant annet at kostnadene for solceller er med her. For CasaZero ble i tillegg hele taket byttet, fjell ble pigget opp, det ble lagt inn balansert ventilasjon og det ble lagt 200 mm ekstra isolasjon på utsiden. Alle disse tingene gjelder kun for CasaZero, og alle er relativt omfattende tiltak som koster mye mer enn det som ble gjort for BergVP og L-LVP. BergVP er vesentlig billigere enn CasaZero, men er hakket dyrere enn L-LVP. Det som skiller de to alternative løsningene, i forhold til kostnader, er at væske/vann-varmpumpen er relativt mye dyrere enn luft/luft-varmpumpen.

Merkostnadene er beregnet ved å finne kostnader for hvert tiltak i hver løsning. I fakturaene ligger både kostnader for materialer og arbeid, det må derfor tas hensyn til hva slags arbeid som uansett må utføres og hvilke materialer som uansett hadde blitt kjøpt. For CasaZero går merkostnadene på ekstra isolasjon og lignende, som nevnt tidligere, i tillegg kommer prisdifferansen på to- og trelags vinduer som en merkostnad her. Merkostnadene for solcellene ble beregnet ved å trekke fra kostnaden for å legge takstein. For BergVP er det kun væske/vann-varmpumpen det regnes merkostnader for, da alt annet ville blitt gjort uansett. Merkostnadene

for væske/vann-varmepumpen er regnet som differansen i kostnader mellom varmepumpen og varmekabler og panelovn, som ellers ville ha blitt brukt. L-LVP har også kun merkostnader for varmepumpen, men siden kostnaden for en luft/luft-varmepumpe er en del lavere vil denne differansen bli mindre. Merkostnadene for L-LVP regnes ut ved å ta differansen mellom å varme opp med varmepumpe, varmekabler og panelovner mot å varme opp med kun elektrisitet. Merkostnadene inneholder, som nevnt, kostnader for både arbeid og materialer. Grunnen til at kostnadene for væske/vann-varmepumpen i tabell 6.2 er såpass mye høyere enn for luft/luft-varmepumpen er fordi blant annet boring av brønn er inkludert i denne kostnaden. En mer detaljert oversikt over utarbeidelsen vises under *Regnskap* i vedlegg B.

## 6.2 Energiøkonomiske beregninger for CasaZero

Investeringskostnadene for CasaZero er funnet ved å gå gjennom alle fakturaer som er tilsendt huseier. Merkostnaden for CasaZero ble da funnet til å være 1 387 384 kroner. Fordelingen av merkostnadene er presentert i diagrammet i figur 6.1. Vurderinger og detaljer for postene er forklart i kapittel 6.1.



Figur 6.1: Fordeling av merkostnader for CasaZero.

De årlige sparte energikostnadene er funnet ved bruk av SIMIEN. Årlig energikostnad fra husets tilstand før merkostnadene var 39 970 kroner og energikostnadene for CasaZero var 6 249 kroner. Differansen mellom disse gir årlig sparte kostnader, og endte på 33 721 kroner.

De energiøkonomiske beregningene ble utført i Excel. For å finne tilbakebetalingstiden ble ligning 4 benyttet. I denne ligningen er det merkostnader fra regnskapet i vedlegg B og sparte energiutgifter som ble brukt.

Nåverdi ble i all hovedsak regnet ut med ligning 1, men de forskjellige iterasjonene over 30 og 60 år ble satt opp i et Excel-ark som vist i vedlegg B. Hver iterasjon tilsvarer ett år. Grunnen til at dette ble gjort i Excel var for å ha mulighet til å legge inn for eksempel ny bergvarmepumpe etter at levetiden på 20 år var over. I nåverdiberegningene for CasaZero ble det, i løpet av levetiden på 60 år, lagt inn kostnader for ny varmepumpe, nye solceller, og nye vinduer og dører én gang, for ventilasjon ble det lagt inn nye kostnader to ganger, og kostnader for vekselretter til solcellene ble lagt inn fem ganger. For  $n$  lik 30 år ble det kun lagt inn kostnader for ny varmepumpe én gang, og kostnader for ny vekselretter ble lagt inn to ganger. Det blir lagt

inn nye kostnader fordi de forskjellige elementene byttes ut når levetiden er over. I virkeligheten ville elementene kun blitt byttet ved ødeleggelse. For å finne netto nåverdi, summeres det neddiskonterte bidraget fra hvert år.

På slutten av levetiden på 30 og 60 år, vil det fortsatt være en verdi på flere av komponentene som er blitt byttet ut. For beregningene på 30 år er det ti år igjen på levetiden til væske/vann-varmepumpen, som inngår i CasaZero og BergVP. For beregningen på 60 år er det ti år igjen av levetiden på solcellene, som inngår i CasaZero. Restverdien til væske/vann-varmepumpen og solcellene er regnet ut ved hjelp av ligning 2 og 3. Restverdien er plussset på kontantstrømmen ved år 30 og 60 i nåverdiberegningene.

For å regne ut internrenten ble målsøkingsfunksjonen under *Data* og *Hva-skjer-hvis-analyse* i Excel benyttet. Funksjonen fungerer slik at det kan velges hvilket tall som skal endres for å få ønsket verdi på for eksempel nåverdi. Siden internrente er kalkulasjonsrenten som gir nåverdi lik null, ble renten valgt som det tallet som skal endres for å få en nåverdi lik null. Se vedlegg B for beregning av tilbakebetalingstid, nåverdi og internrente fra Excel-fil.

For lønnsomhetsberegningene ble tilbakebetalingstiden for CasaZero beregnet til 41 år. Nåverdiberegningene som ble satt opp i Excel viste en negativ nåverdi på 853 691 kroner for levetid på 30 år, og en negativ nåverdi på 830 591 kroner for levetid på 60 år. Det ble funnet en negativ internrente på 2,26 prosent for levetid på 30 år og en positiv internrente på 0,01 prosent for levetid på 60 år.

### 6.2.1 Beregninger for solceller

For de installerte solcellene på bygningen ble nåverdi, internrente og tilbakebetalingstid regnet ut med og uten Enovatilskudd, i Excel. Merkostnaden på solcellene er på 135 543 kroner, gitt i tabell 6.2. Enova gir et tilskudd på 25 750 kroner for elektrisitetsproduksjon, gitt i tabell 6.1. Levetiden til solcellene er satt til 25 år. Årlig gir solcellene 6 122 kroner i sparte energikostnader, hvor solstrøm til egenbruk og solstrøm til eksport er summert. Dette er gitt i tabell 5.1. Nåverdien er regnet ut fra ligning 1, over en periode på 25 år. Internrenten ble funnet ved bruk av *Hva-skjer-hvis-analyse*-funksjonen, der det ble analysert hva renten måtte være for å få en nåverdi lik null. Ligning 4 ble benyttet for å finne tilbakebetalingstiden.

Lønnsomhetsberegningene for solcellene, gjort i Excel, finnes under *Solcelleri* vedlegg B. Uten Enovatilskudd ble nåverdien en negativ verdi på 39 905 kroner, internrenten ble på 0,96 prosent og tilbakebetalingstiden ble på 22 år. Med Enovatilskuddet ble nåverdien en negativ verdi på 14 155 kroner, internrenten ble på 2,74 prosent og tilbakebetalingstiden ble 18 år. Resultatene er samlet i tabell 6.3.

Tabell 6.3: Lønnsomhetsberegninger for solceller.

	<b>Uten Enovatilskudd</b>	<b>Med Enovatilskudd</b>
<b>Nåverdi:</b>	-39 905 <i>kr</i>	-14 155 <i>kr</i>
<b>Internrente:</b>	0,96 %	2,74 %
<b>Tilbakebetalings:</b>	22 år	18 år

### **6.3 Energiøkonomiske beregninger for BergVP**

Investeringskostnadene for BergVP er funnet ved hjelp av kostnadsestimat gjort av gruppen for de ulike tiltakene, ved å benytte priser som ble funnet på internett og ved å ringe byggevarebutikker. Merkostnaden for BergVP ble da funnet til å være 477 422 kroner, se tabell 6.2.

De årlige energikostnadene for BergVP var på 16 711 kroner. Differansen mellom energikostnadene og rehabiliteringen ble da på 23 359 kroner, og viser til de årlige sparte energikostnadene for BergVP.

Når både merkostnaden og sparte kostnader for BergVP er funnet, brukes Excel, ligning 1 og 4 for å finne tilbakebetalingstid, nåverdi og internrente, akkurat slik det ble gjort for CasaZero. Under nåverdiberegningene for BergVP er det bare varmepumpen som byttes ut i løpet av perioden på 60 år. Varmepumpen byttes to ganger i løpet av perioden, dermed legges det inn kostnader for varmepumpen to ganger. Når denne kostnaden skal legges inn er det viktig å ta hensyn til at alt ikke må gjøres om igjen, for eksempel er boring av brønn til væske/vannvarmepumpen allerede gjort og trenger ikke å gjøres en gang til. For levetid på 30 år byttes varmepumpen kun ut én gang. Restverdi til varmepumpen legges til ved år 30. Se vedlegg B for beregning av tilbakebetalingstid, nåverdi og internrente fra Excel-fil.

Tilbakebetalingstiden for BergVP ble beregnet til 21 år. Begge nåverdier ble funnet til å være negative; 113 319 kroner for levetid på 30 år og 44 177 kroner for levetid på 60 år. Her blir internrenten henholdsvis 1,93 prosent ved 30 år og 3,47 prosent ved 60 år.

### **6.4 Energiøkonomiske beregninger for L-LVP**

Merkostnadene for L-LVP er funnet på samme måte som for BergVP, ved å blant annet finne kostnadsestimat på nett. Tabell 6.2 viser at merkostnaden ble funnet til å være 21 000 kroner. De beregnede årlige energikostnadene fra SIMIEN var på 33 712 kroner. De sparte energikostnadene ender da på 6 258 kroner.

Når både investeringskostnader og sparte kostnader for L-LVP er funnet, brukes Excel, ligning 1 og 4 for å finne tilbakebetalingstid, nåverdi og internrente, akkurat slik det ble gjort for CasaZero og BergVP. Under nåverdiberegningene for L-LVP er det også kun varmepumpen som byttes ut i løpet av perioden på 60 år. I dette alternativet er væske/vannvarmepumpen byttet ut med en luft/luft-varmepumpe. Luft/luft-varmepumpen har kortere levetid, og byttes ut tre ganger i løpet av perioden på 60 år. Kostnader for varmepumpe legges dermed inn tre ganger. For en levetid på 30 år ble varmepumpen byttet ut én gang. Se vedlegg B for beregning av tilbakebetalingstid, nåverdi og internrente fra Excel-fil.

Tilbakebetalingstiden for L-LVP ble regnet ut til å være på tre år. I det samme tilfellet endte nåverdier på 75 553 kroner for en levetid på 30 år og 98 847 kroner for en levetid på 60 år. Internrenten ble på 29,2 prosent for både 30 og 60 år.

## 6.5 Sensitivitetsanalyse

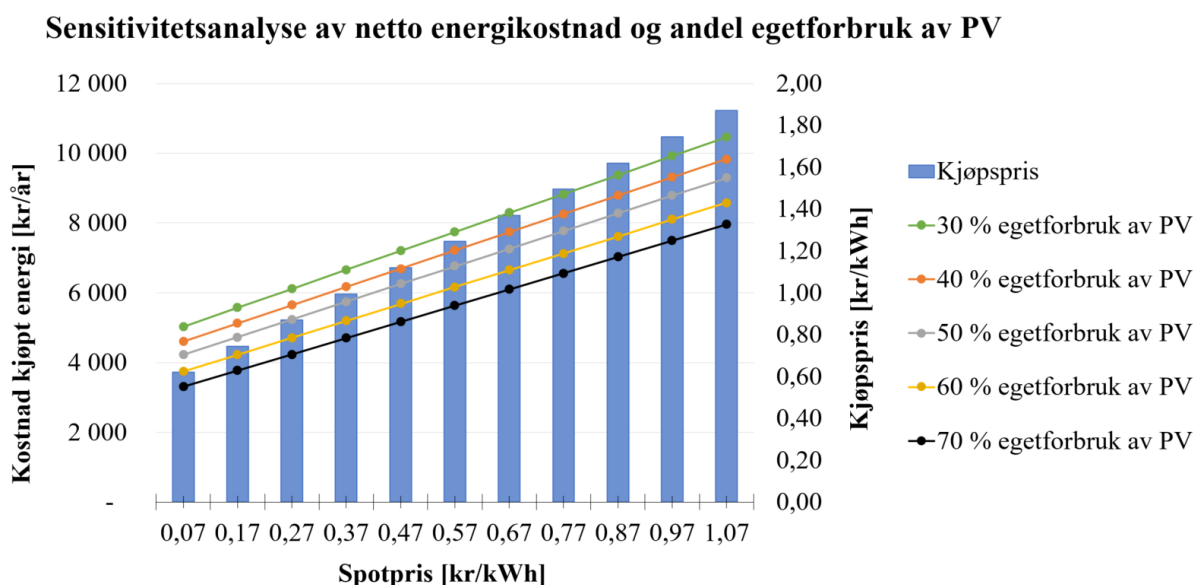
Det ble bestemt å utføre en sensitivitetsanalyse. Endringer i strømprisen gjennom året gjør at det er interessant å se på kostnadsendringene ved en variabel strømpris. Det er også interessant å se hvordan verdiene for tilbakebetalingstid, nåverdi og internrente endrer seg ettersom spotprisen synker eller stiger.

For en kjøpspris på  $1,12 \text{ kr/kWh}$  er spotprisen lik  $0,468 \text{ kr/kWh}$ . Analysen utføres derfor innenfor et intervall som går litt utenfor disse tallene. Kjøpsprisen er beregnet ettersom spotprisen endrer seg med en valgt faktor på 0,1. I beregningene er det antatt at nettleie og avgifter holdes konstant, i tillegg til å legge på merverdiavgift.

### 6.5.1 Energikostnader og egetforbruk av solstrøm

I sensitivitetsanalysen av netto energikostnader og andel egetforbruk av PV benyttes Excel, hvor egetforbruk av solstrøm og spotpris settes som variabler. I SIMIEN ble det beregnet et egetforbruk på rundt 50 prosent, og analysen ble derfor gjort med et egetforbruk på et intervall fra 30 til 70 prosent. Beregningene som inngår i sensitivitetsanalysen for egetforbruk av solstrøm finnes under *Sensitivitetsanalyse* i vedlegg B.

Sensitivitetsanalysen er fremstilt som diagram i figur 6.2, med kjøpspris på x-akse og kostnad for kjøpt energi på y-akse. Kostnad kjøpt energi øker relativt lineært for hver verdi av egetforbruket, i forhold til økning i spotprisen. Søylene i diagrammet gir en oversikt over hva kjøpsprisen er for hver verdi av spotpris.

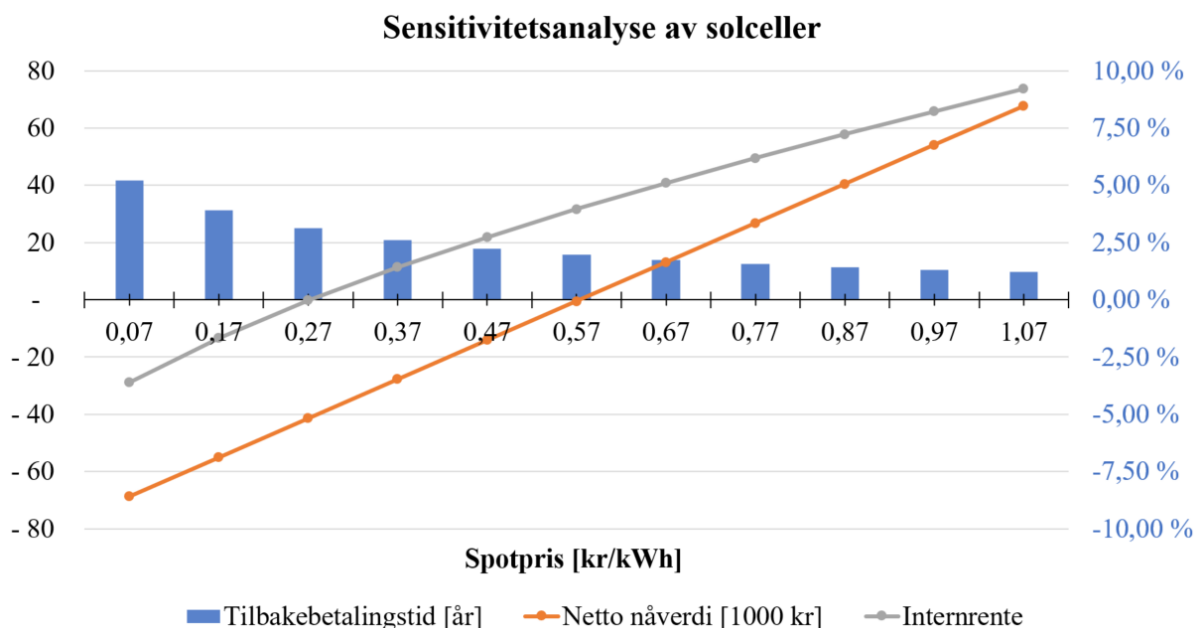


Figur 6.2: Sensitivitetsanalyse av energikostnader mot andel egetforbruk av solstrøm med varierende spotpriser.

### 6.5.2 Solceller

For solcellene er det også blitt utført en sensitivitetsanalyse med variable spotpriser. Her ble det brukt samme intervall på spotprisene som i figur 6.2. Intervallet ble brukt til å regne solcellenes

tilbakebetalingstid, nåverdi og internrente, med bruk av utregningene fra kapittel 6.2.1. Det er verdier som inkluderer Enovatilskudd som er benyttet.



Figur 6.3: Sensitivitetsanalyse av solcellene

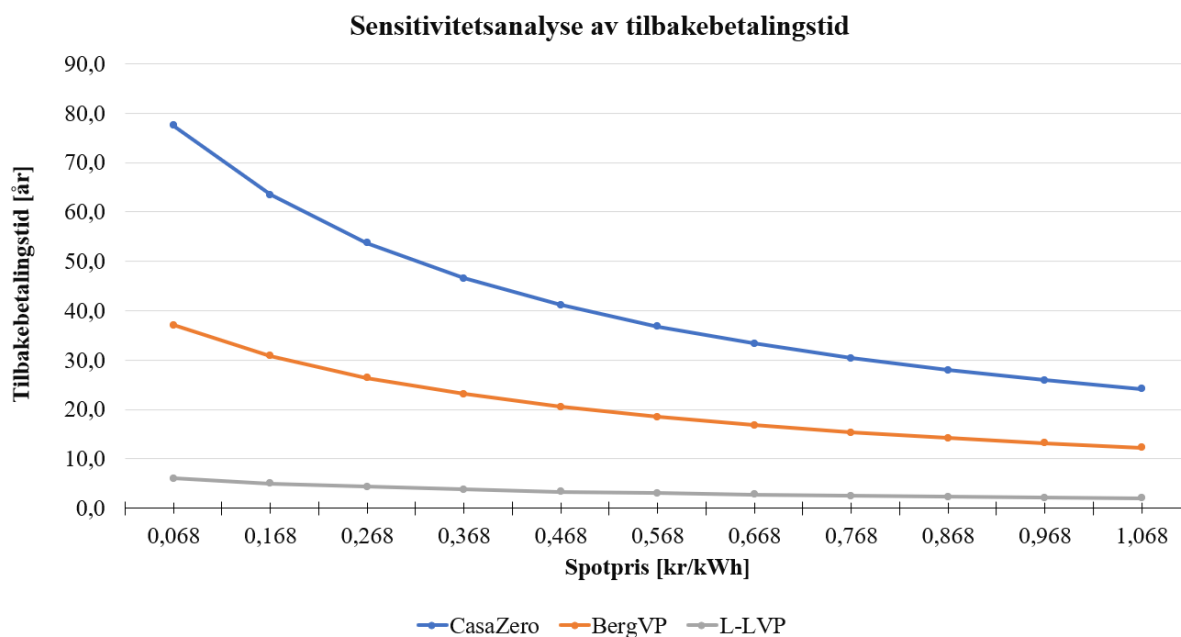
Figur 6.3 viser sensitivitetsanalysen av solcellene. Både grafen med nåverdi og grafen med internrente stiger med økt spotpris, og grafen for tilbakebetalingstid synker med økt spotpris. Tilbakebetalingstiden synker med en høyere rate ved lave spotpriser.

### 6.5.3 Tilbakebetalingstid, nåverdi og internrente med varierende spotpris

Sensitivitetsanalysen med tilbakebetalingstid, nåverdi og internrente ble gjort for både CasaZero, BergVP og L-LVP med en levetid på 60 år. Analysen for lønnsomhetsberegningene er gjort ved å sette opp en tabell i Excel, som vist under *Sensitivitetsanalyse* i vedlegg B. Tabellen gir en oversikt over sammenhengen mellom spotpris, sparte energikostnader for hver løsning, tilbakebetalingstid, nåverdi og internrente. I tillegg er det en oversikt over hva som skjer med de andre verdiene når spotprisen endres.

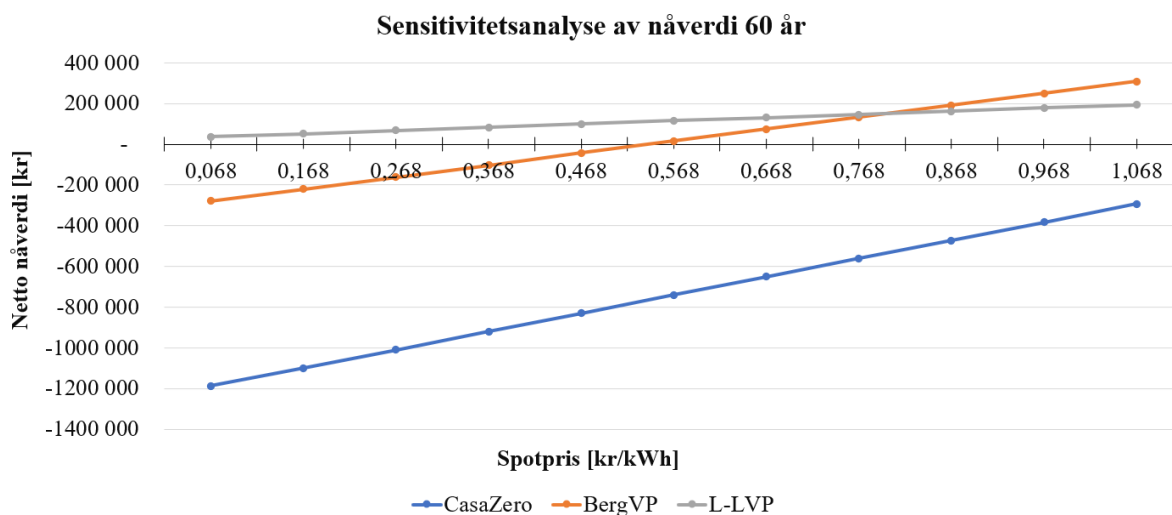
Etter at det ble utført en sensitivitetsanalyse for tilbakebetalingstiden, kommer det frem at den synker for hver løsning når spotprisen øker. Tilbakebetalingstiden har en høyere nedgangsrate for CasaZero enn for BergVP og L-LVP. Grafene er fremstilt i figur 6.4, der spotprisen er gitt på x-aksen og tilbakebetalingstiden på y-aksen.





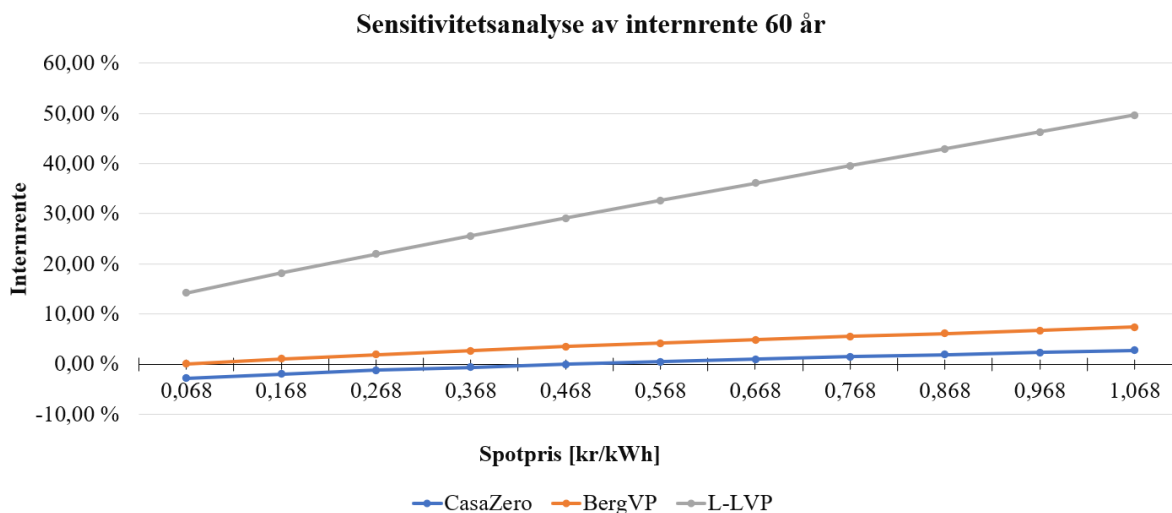
Figur 6.4: Sensitivitetsanalyse med tilbakebetalingstid og spotpris.

Diagrammet vist i figur 6.5 viser resultatet av sensitivitetsanalysen for nåverdi med endring i spotpris. Nåverdien ligger på y-aksen og spotprisen på x-aksen. Her øker nåverdien lineært for hver løsning, når spotpris øker. Kurven for nåverdien til CasaZero er brattere enn for de andre løsningene, og ved spotpris på cirka 0,8  $kr/kWh$  krysser grafene for BergVP og L-LVP hverandre.



Figur 6.5: Sensitivitetsanalyse med nåverdi og spotpris.

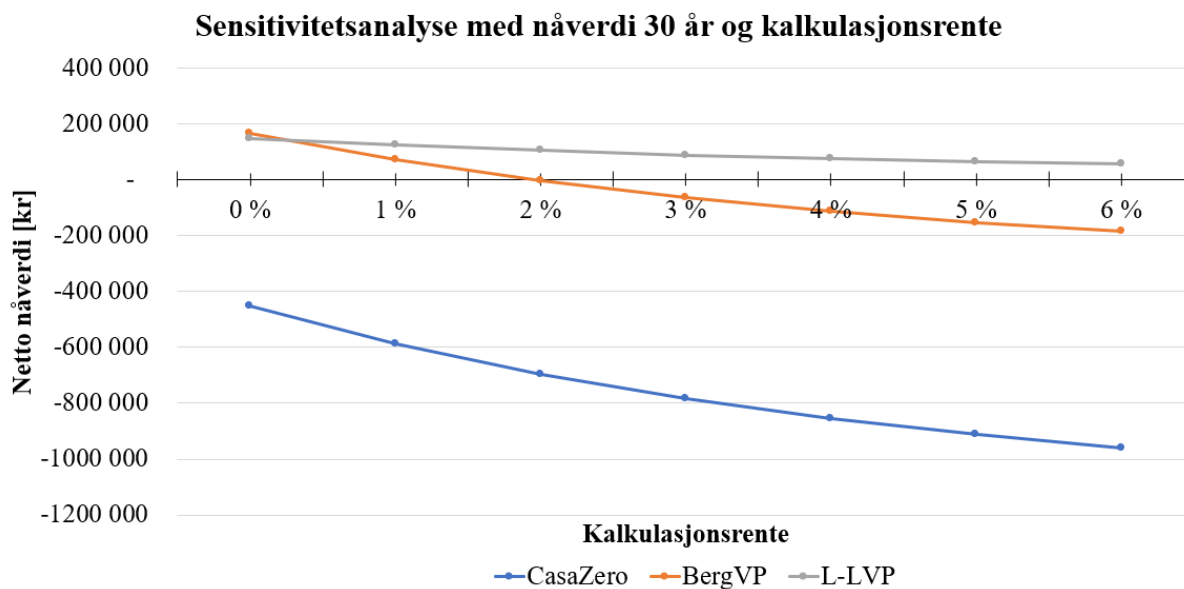
I figur 6.6 vises analysen for hva som skjer med internrente når spotpris endres. Spotprisen ligger på x-aksen og internrenten på y-aksen. Grafen viser at dersom spotpris øker, vil også internrenten for hver løsning øke. Dersom prisene blir lavere, vil internrenten synke. Når det kommer til internrenten, er kurven brattere for L-LVP enn for CasaZero og BergVP. Kurvene for CasaZero og BergVP har en relativt lik økning på rundt syv prosent.



Figur 6.6: Sensitivitetsanalyse med internrente og spotpris.

#### 6.5.4 Nåverdi med varierende kalkulasjonsrente

Det er blitt utført en sensitivitetsanalyse av nåverdien for 30 år med forskjellige kalkulasjonsrenter. Renten er satt til et intervall fra null til seks prosent. Intervallet skal representere et intervall det er sannsynlig at kalkulasjonsrenten vil ligge innenfor. Analysen er fremstilt i figur 6.7, med netto nåverdi på y-akse og kalkulasjonsrente på x-akse. Grafen viser at nåverdien synker med stigende rente. Nåverdien til CasaZero er negativ og nåverdien til L-LVP er positiv innenfor det gitte intervallet. Nåverdien til BergVP krysser x-aksen ved 1,93 prosent.



Figur 6.7: Sensitivitetsanalyse med nåverdi 30 år og kalkulasjonsrente.

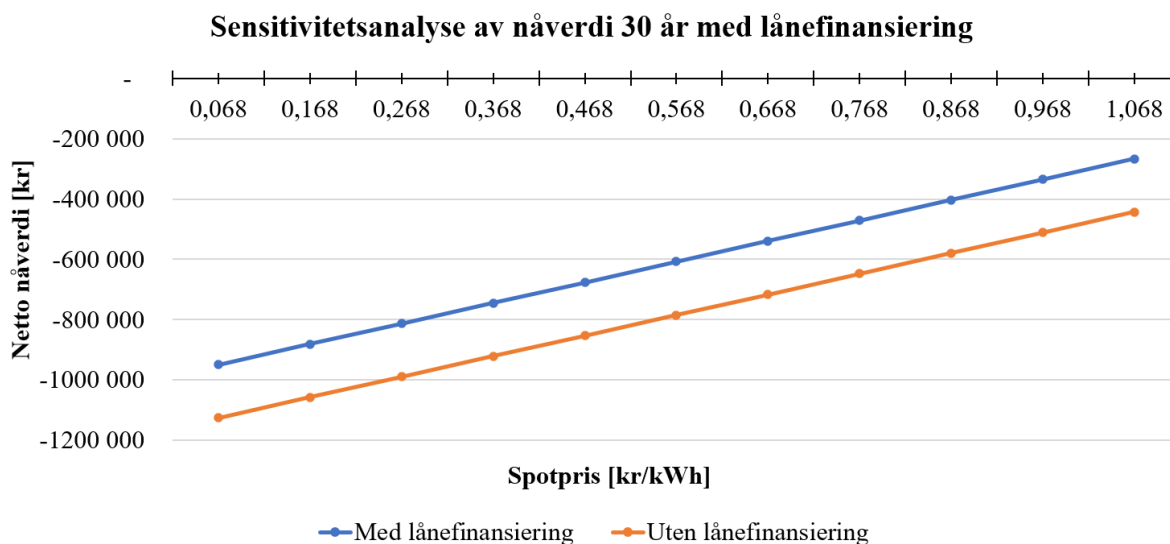
## 6.6 Lånefinansiering

I prosjekt der investeringskostnaden er høy er det ofte vanlig å finansiere investeringen ved hjelp av et lån. For å illustrere et case der merkostnadene for CasaZero blir finansiert med et lån, er et lån fra Storebrand tatt som utgangspunkt. I eksempelet brukes annuitetslån, da annuitetslån gir like terminbeløp i hele låneperioden. I mai 2020 ble den nominelle fastrenten kuttet til 2,39 prosent, for en låneperiode på 20 år. Storebrand tilbyr fastrentelån innenfor 70 prosent av boligens verdi. For å illustrere eksempelet er det forutsatt at 30-årsrenten er den samme som 20-årsrenten, slik at eksempelet kan knyttes opp mot nåverdien til CasaZero etter levetiden på 30 år. [64]

Merkostnaden for CasaZero er på 1 287 385 kroner. Lånes 70 prosent av beløpet, vil lånebeløpet bli på 971 169 kroner. I nåverdiberegningene kan investeringsbeløp ved år null settes til de resterende 30 prosentene av merkostnader, som er på 416 215 kroner. Ved hjelp av lånekalkulator blir det faste terminbeløpet som betales hvert år på 45 757 kroner. Terminbeløpet vil trekkes fra som en kostnad for alle kontantstrømmene fra år 1 til 30. Nåverdiberegningene er vist under *Lånefinansiering* i vedlegg B.

Det er også blitt utført en sensitivitetsanalyse av nåverdien med varierende spotpriser, med samme metode som kapittel 6.5. Formålet er å kunne sammenligne med analysen som er gjort på nåverdien til CasaZero uten lånefinansiering.

Med et annuitetslån på 30 år og en fastrente på 2,39 prosent, reduseres nåverdien til CasaZero til 676 850 kroner. Uten lånefinansiering er nåverdien til CasaZero 853 691 kroner, som er en nedgang i nåverdi på cirka 20 prosent. Sensitivitetsanalysen vist i figur 6.8, viser at nåverdien vil ligge nærmere positiv nåverdi ved samme spotpris, når investeringen er lånefinansiert.



Figur 6.8: Sensitivitetsanalyse av nåverdi 30 år med lånefinansiering.

## 7 Sammenligning av resultater

Resultatene fra simuleringer og beregninger blir sammenlignet og diskutert i dette kapittelet. De viktigste resultatene fra kapittel 5 og 6 er vist i tabell 7.1, og det er disse som skal sammenlignes. Det tas også med ulike faktorer som kan ha påvirket resultatene ut ifra de forutsetningene som er tatt.

Selve oppgaven går ut på å besvare spørsmålet om hvordan en omfattende energioppgradering av et 60-tallshus kan gjøres lønnsomt. Det er også interessant å se på energibruken i hver løsning i forhold til klimamålet om å redusere energiforbruk i bygg. De tre løsningene spenner relativt bredt når det gjelder grad av oppgradering, og det er derfor ønskelig å finne en løsning som kan passe folk flest. Ved å se på resultatene skal det diskuteres hvilken løsning som kom best ut.

Tabell 7.1: Resultat for de tre ulike løsningene.

	<b>CasaZero</b>	<b>BergVP</b>	<b>L-LVP</b>
Tilbakebetalingstid	41 år	21 år	3 år
Nåverdi 30 år	-853 691 <i>kr</i>	-113 319 <i>kr</i>	75 553 <i>kr</i>
Nåverdi 60 år	-830 591 <i>kr</i>	-44 177 <i>kr</i>	98 847 <i>kr</i>
Internrente 30 år	-2,26%	1,93%	29,2%
Internrente 60 år	0,01%	3,47%	29,2%
Netto energibehov	19 035 <i>kWh</i>	34 117 <i>kWh</i>	33 699 <i>kWh</i>
Netto levert energi	3 253 <i>kWh</i>	14 920 <i>kWh</i>	30 100 <i>kWh</i>

### 7.1 CasaZero

Ved å se på resultatene har CasaZero, den mest omfattende oppgraderingen, lengst tilbakebetalingstid på hele 41 år. Dersom det antas at et hus har en levetid på 60 år, vil dette kunne bety at tilbakebetalingstiden er overkommelig siden den ligger innenfor levetiden til huset. Dersom det er ønskelig at tilbakebetalingstiden skal ligge innenfor boligeiers botid i huset, kan 41 år anses å være for lenge.

Med tanke på lønnsomhet kommer ikke denne løsningen godt ut, da den har negativ nåverdi både for en levetid på 30 år og på 60 år. Negative nåverdier tilsier at prosjektet er økonomisk ulønnsomt ut ifra de forutsetningene som er tatt. Det er ingen stor differanse mellom de to nåverdiene, men nåverdien for 60 år ligger litt nærmere null. Internrentene for CasaZero er negativ for 30 år og positiv for 60 år. En negativ internrente gir en god indikasjon på at prosjektet ikke er lønnsomt. Internrenten for 60 år er så vidt over null, dermed er intervallet hvor prosjektet er lønnsomt begrenset. Grunnen til denne begrensningen er at når renten er høyere 0,01 prosent er prosjektet ulønnsomt, og når renten er negativ antas det at prosjektet er ulønnsomt på grunn av urealistisk rentesats. I det gitte intervallet for figur 6.7 er nåverdien for CasaZero negativ uavhengig av kalkulasjonsrenten. Under forutsetningene gitt i dagens marked vil ikke denne løsningen være lønnsom.

Rent energimessig finnes det derimot mange positive sider ved denne oppgraderingen. Det er tydelig at ved å bytte eksisterende isolasjon og etterisolere slik som er gjort i CasaZero, holder huset bedre på varmen som tilføres. Med et tettere hus blir netto energibehov lavere enn for

de andre løsningene. Nedgangen i levert energi til boligen skyldes i hovedsak at det benyttes bergvarmepumpe til oppvarming og at solcellene leverer energi til boligen. Med tanke på miljø og klima er denne løsningen optimal for å minske klimautslipp knyttet til energibruk i boliger.

I CasaZero er det gjort flere og mer krevende energiltak, derfor er det interessant å se om huset kan nå passivhusstandarden. Fra evalueringen viste det seg at huset tilfredstilte krav for varmetapstall og minstekrav til luftmengde for ventilasjonen. Huset tilfredstilte ikke krav til energiytelse, hvor oppvarmingsbehovet måtte blitt redusert med 40 prosent for å tilfredstille kravet på  $16,4 \text{ kWh}/\text{m}^2$ . Det kan derfor tyde på at det er vanskelig å få eldre hus til å tilfredstille kravet for oppvarmingsbehov, selv med god isolering og tetting. Lekkasjetallet til huset nådde ikke kravet på 0,6 luftvekslinger per time, men lekkasjetallet som er benyttet er kun et antatt tall. For å få en realistisk sammenligning med kravet, må en trykktest utføres i huset. Evalueringen er basert på en teoretisk simulering og kan ikke tolkes som en nøyaktig sammenligning, men kan fortelle at det er mulig å oppgradere et 60-tallshus til å være i nærheten av passivhusstandarden. Ved å sammenligne resultatene fra SIMIEN mot verdiene fra tabell 2.2, er en interessant observasjon at U-verdiene i CasaZero er betydelig bedre enn TEK17-kravene for småhus.

Når det gjelder rehabilitering av bygg er det på den ene siden ønskelig å ta vare på så mye materiale som mulig, for å ikke måtte benytte seg av nye ressurser. På den andre siden er det vanskelig å oppnå passivhuskravene uten å bygge et helt nytt hus. Det ble gjort store endringer i rominndeling i huset, samt at det ble tatt i bruk en ny etasje, dermed medførte dette ekstra kostnader til rehabiliteringen. Det kan derfor være tenkelig at i denne spesifikke situasjonen ville det vært relevant å vurdere om det er mer økonomisk lønnsomt å rive hele huset, og på denne måten også oppnå kravene til passivhusstandarden.

Med tanke på å redusere energibruk i bygg er CasaZero den løsningen som kommer best ut. Fra et miljømessig ståsted er det å anbefale å redusere energibruken slik som gjort i CasaZero. Med tanke på tilbakebetalingstid og investeringkostnader er dette en oppgradering som muligens ikke passer for alle. Siden det er tatt utgangspunkt i et privatøkonomisk perspektiv, tas det forbehold om at kostnadene for tiltakene vil avgjøre om boligeiere ønsker å gjennomføre slike oppgraderinger.

### 7.1.1 Lånefinansiering

Energioppgraderingen til CasaZero ble en kostbar investering. I figur 6.8 viste grafen at det ble en lavere negativ nåverdi med lånefinansiering. Uten lånefinansiering måtte spotprisen ha økt til omtrent  $1,7 \text{ kr}/\text{kWh}$  for å få en positiv nåverdi. Derimot antyder grafen med lånefinansiering at spotprisen må øke til omtrent  $1,45 \text{ kr}/\text{kWh}$ , for positiv nåverdi. Dette forteller at for å ha samme nåverdi, med og uten lånefinansiering, kan spotprisen være omtrent 0,25 kroner lavere med lånefinansiering. Resultatet av nåverdiberegningen med lånefinansiering viser at det er gunstig å finansiere investeringen med lån når lånerenten er lavere enn kalkulasjonsrenten. Fordelen med å finansiere oppgraderingen med lån er at investeringskostnaden vil være mindre, men de årlige kostnadene vil være høyere.

## 7.2 BergVP

BergVP har halvparten så lang tilbakebetalingstid som CasaZero. Nåverdiene er negative også i dette tilfellet, og dette er derfor heller ikke en økonomisk lønnsom løsning under gitte forutsetninger. Netto levert energi for denne løsningen er høyere enn for CasaZero, men dette kommer i hovedsak av at det ikke benyttes solceller. Dette vil også gi en økning i energikostnadene, og huseier sparer derfor ikke like mye på denne energioppgraderingen som ved en mer kompleks løsning. I motsetning til CasaZero tilfredsstiller ikke denne løsningen kravene for å nå lavenergihusstandarden.

I nåverdiberegningene er det en relativ forskjell på nåverdien beregnet for 30 år og for 60 år. Jo mer positiv nåverdien er, desto mer lønnsomt er prosjektet. I denne oppgradering er det derfor tydelig at nåverdien har størst verdi når det regnes med en levetid på 60 år, som vist i tabell 7.1. Selv om nåverdiene er nærmere null for denne løsningen enn for CasaZero, er prosjektet likevel ikke lønnsomt på grunn av de negative nåverdiene.

Kalkulasjonsrenten ble som tidligere nevnt satt til fire prosent. I følge resultatene for internrentemetoden på 30 år ble internrenten beregnet til å være 1,93 prosent. Det vil si at et avkastningskrav under 1,93 prosent vil neddiskontere de fremtidige kontantstrømmene til en positiv netto nåverdi, og prosjektet vil betegnes som lønnsomt. Figur 6.7 viser hvordan kalkulasjonsrenten endrer nåverdien ved 30 år for dette prosjektet. For den beregnede internrenten på levetid lik 60 år vil et avkastningskrav under 3,47 prosent gi positiv netto nåverdi. Fra dagens rente på fire prosent vil dermed kun en liten nedgang i renten være nok til at netto nåverdi går i null. Dersom avkastningskravet går over 1,93 prosent for levetid på 30 år og over 3,47 prosent for levetid lik 60 år, burde prosjektet forkastes på grunn av ulønnsomhet.

Denne oppgraderingen tilsvarende løsninger for flere hus i nabolaget, og i samtale med naboene kom det frem at dette var en løsning de fleste var fornøyd med. Her inngår det bruk av fornybar energi ved å velge væske/vann-varmepumpe, samt relativt lave energikostnader ved at oppvarmingsbehovet dekkes av varmepumpen. For de aller fleste boligeiere er nok interessen for energieffektive bygg begrenset, men i denne løsningen inngås det et kompromiss ved at det benyttes visse energieffektive tiltak, og investeringskostnadene er lavere enn for CasaZero.

Ved sammenligning med gjennomsnittlig botid fra 2017, som var på rundt syv år, er tilbakebetalingstiden på 21 år ganske lang. Det vil derfor bety at mange som oppgraderer huset sitt ikke planlegger å bo der lenge nok til at de anser en tilbakebetalingstid på 21 år som lønnsom. På den andre siden vil boligens verdi øke ved rehabilitering og bruk av energitiltak, slik at investeringene likevel kan gå i null ved et eventuelt salg.

I denne løsningen er det benyttet samme væske/vann-varmepumpe som i CasaZero. Det er derfor ikke tatt hensyn til om en billigere væske/vann-varmepumpe kan gjøre denne løsningen mer lønnsom, ved at investeringskostnadene blir redusert ved bruk av billigere varmepumpe. Et dilemma ved å eventuelt benytte en billigere varmepumpe er at denne kan ha dårligere COP, slik at den sparte energien blir lavere. Varmepumpen i BergVP har mye høyere COP enn en vanlig væske/vann-varmepumpe, som nevnt i kapittel 2.5.5, slik at det kan bli store forskjeller dersom det benyttes en annen modell av væske/vann-varmepumpe. En annen løsning som kan gjøre prosjektet mer lønnsomt er å kun benytte én sone istedet for tre, da dette krever mindre arbeid.

### 7.3 L-LVP

Den korteste tilbakebetalingstiden finnes for L-LVP, og er på kun tre år. For en gjennomsnittlig boligeier vil dette anses som overkommelig. Denne oppgradering har også positive nåverdier, og kan derfor ses på som en lønnsom løsning. Nåverdien for både 30 og 60 år er relativt høy, og viser godt at denne løsningen er gunstig i begge tilfellene.

Internrenten som er beregnet for denne oppgradering ble, som vist i 7.1, svært høy i begge tilfeller. Det betyr at prosjektet er lønnsomt frem til avkastningskravet er på 29,2 prosent. Dersom avkastningskravet blir høyere enn dette er ikke prosjektet lenger lønnsomt og bør forkastes. Det er derimot svært lite sannsynlig at kalkulasjonsrenten vil bli så høy at dette prosjektet blir ulønnsomt. I figur 6.7 er det tydelig at nåverdien holder seg positiv ved endret kalkulasjonsrente under gitte forutsetninger.

En negativ side ved denne løsningen er at netto levert energi er på 30 100  $kWh$ , i motsetning til CasaZero og BergVP som var mye lavere. Med tanke på sparte energikostnader er det derfor ikke mye å hente på denne løsningen, men for mange boligeiere er dette en løsning som likevel er aktuell da den kun inkluderer svært enkle tiltak. Dersom det skal tas utgangspunkt i at boligeiere flytter hvert syvende år, er det denne løsningen som kommer best ut. Her vil en oppgradering av boligen, samt at det installeres luft/luft-varmepumpe, sannsynligvis øke boligens verdi slik at boligeier får mer igjen når boligen selges.

Et interessant tema i denne løsningen er om spart energibruk på 15 prosent over 30 år er nok for å nå målene om å kutte i energibruk i Norge. Det kan tenkes at dersom en stor nok del av befolkningen kutter 15 prosent av sitt energibruk, vil Norge kunne nærme seg målene. Det er derimot ganske optimistisk at alle i Norge kutter sitt energiforbruk med 15 prosent. I virkeligheten må nok de som energioppgraderer redusere mer for at totalen faktisk skal synke.

### 7.4 Endring i kraftmarkedet

Endring i kraftmarkedet vil avgjøre om investeringene er lønnsomme over tid. Gjennom et år varierer spotprisen ved at den i hovedsak øker og synker i forhold til tilbud og etterspørsel av kraft. Spotprisen vil også være variabel gjennom flere år, og det er derfor interessant å se på hvordan variable spotpriser påvirker lønnsomhetsberegningene.

Siden CasaZero står for mesteparten av sin egen strømproduksjon, vil en økning av spotprisen være mest lønnsom i dette tilfellet. Grunnen er at de sparer mye mer ved å produsere sin egen strøm, istedet for å måtte kjøpe fra nettet når spotprisen er høy. En høy spotpris vil også gi økte inntekter når strømmen fra solcelleproduksjonen selges ut på nettet. En negativ side ved egen strømproduksjon er at det sendes strøm ut på nettet ved overproduksjon, som ofte er i sommerhalvåret når ens eget strømforbruk er lavt og strømproduksjonen er høy grunnet gode solforhold. På sommeren er etterspørselen etter kraft også mindre, slik at spotprisen ofte er lav i de tilfellene strømmen selges. Fra sensitivitetsanalysen av solcellene, i figur 6.3, ser det ut til at spotprisen ikke trenger å øke til mer enn 0,6  $kr/kWh$  for at solceller er lønnsomt med en kalkulasjonsrente på fire prosent. Når spotprisen ligger over 0,6  $kr/kWh$  blir ikke tilbakebetalingstiden høyere enn 15 år, som er godt under levetiden til solcellene. I sensitivitetsanalysen for netto energikostnad og andel egetforbruk av PV, i figur 6.2, kan det tolkes at en endring i

strømmarkedet påvirker andel sparte kostnader ved varierende andel egetforbruk av PV i liten grad.

Med dagens spotpris gir ikke nåverdiberegningene for CasaZero og BergVP et lønnsomt resultat. En økning i spotpris vil derimot gi økte sparte kostnader for løsningene, og løsningene kan derfor bli lønnsomme dersom spotprisen er høy nok. I figur 6.5 kommer det frem at ved en spotpris på omtrent  $0,5 \text{ kr/kWh}$  er nåverdien for BergVP positiv, dette er kun en endring på 21 prosent fra medregnet spotpris i dagens marked. Det er dermed tenkelig at dette alternativet i løpet av kort fremtid kan være lønnsomt. Ved en spotpris på omtrent  $0,8 \text{ kr/kWh}$  vil lønnsomheten til BergVP overgå lønnsomheten til L-LVP under gitte forutsetninger. Det kan derfor være lurt å investere i en væske/vann-varmepumpe dersom spotprisen fortsetter å øke slik den har gjort de siste 20 årene.

Innenfor det intervallet som ble benyttet for spotpris i analysen, går ikke nåverdien for CasaZero i null. Med utgangspunkt i trenden til grafen, måtte spotprisen vært cirka  $1,4 \text{ kr/kWh}$  for å få en positiv nåverdi med en kalkulasjonsrente på fire prosent. Dette er en økning som sannsynligvis ikke er realistisk i nærmeste fremtid. Figur 6.6 viser at ved en kalkulasjonsrente på under 1,85 prosent og en spotpris på  $0,868 \text{ kr/kWh}$  vil prosjektet være lønnsomt.

Om spotprisen synker, vil resultatene bli annerledes. For CasaZero, som benytter solceller til egenproduksjon, vil en nedgang i spotprisen gjøre investeringen mindre lønnsom. Grunnen til dette er at med tanke på de høye investeringskostnadene for solcellene hadde det vært billigere å benytte billig elektrisitet fra nettet. En nedgang av spotpris vil gi lavere energikostnader som benyttes til å drifte boligen, og dermed spares det penger på denne måten. Ved en sammenligning med en bolig uten energiltak, vil ikke løsningene med energiltak bli like lønnsomme. Spotprisen kan bli så lav at investeringen av tiltakene ikke nedbetales innen rimelig tid på grunn av lave sparte energikostnader.

## 7.5 Faktorer som kan påvirke valg av oppgraderingstiltak

Ved rehabilitering og oppgradering er det ofte to viktige faktorer som spiller inn med tanke på hvilke tiltak det er ønskelig å gjennomføre. Det ene er økonomi og det andre er de psykososiale forholdene. Det settes ofte opp budsjett ved gjennomføring av nye prosjekter, og mange tar dermed valg som gjør at de holder seg innenfor disse økonomiske rammene. Det tas også valg med tanke på hvilken komfort boligeier ønsker seg, og dette varierer fra husholdning til husholdning. Ofte kan psykososiale forhold medføre at huseier utfører tiltak som ikke er lønnsomme, men som vil være et positivt bidrag til blant annet velvære. Spørsmålet om for eksempel å installere vannbåren varme eller luft/luft-varmepumpe kan ofte være et tiltak som tas med tanke på velvære; vannbåren varme gir jevn temperatur i rommet og god gulvvarme, mens luft/luft-varmepumpe er billigere, men kan gi større temperaturskjeller i rommet. En ulempe med luft/luft-varmepumpe er at det ikke er en like pålitelig varmekilde ved lave temperaturer, derfor velger mange ofte å investere i vedovn i tillegg. En vedovn vil fungere uavhengig av temperatur og strømtilgang. Bergvarme vil da være en mye mer stabil varmekilde enn luft.

En annen faktor som sannsynligvis vil påvirke huseiers gjennomføring av energiltak, er huseiers interesse for energieffektive bygg. Visse tiltak krever mer oppfølging etter installering enn andre, og dette kan virke unødvendig dersom huseier ikke har interesse for det. Her kan



det blant annet nevnes solceller, som benytter en del avansert teknologi. Solceller har også en relativt høy investeringskostnad, og varierende strømpris vil avgjøre om tiltaket er lønnsomt. Med tanke på Kyoto-pyramiden er det heller ikke anbefalt å starte med solceller før andre energitiltak, da dette tiltaket ligger på toppen av pyramiden.

I dette tilfellet har huseierne i CasaZero et stort engasjement for energieffektive bygg og de teknologiene som kan benyttes ved energioppgradering av eldre boliger. Dette medførte at tiltakene de har valgt i sin løsning er mer omfattende enn hva andre boligeiere ville valgt, og de har vært villige til å teste nye løsninger. Her kan det for eksempel nevnes at det benyttes ulike soner på det vannbårne systemet, slik at de ulike sonene har ulik turtemperatur. En enklere løsning i dette tilfellet hadde vært å kun benytte én sone. Ved bruk av én sone sendes turtemperaturen inn på badet først, og deretter brukes returtemperaturen på de resterende rommene som har vannbårent system. Et annet tiltak som benyttes i CasaZero er balansert ventilasjon. Det krever en del planlegging ved å benytte både vannbåren varme og balansert ventilasjon, da disse rørene installeres i gulv, tak og vegger, og kan derfor overlappe hverandre. For huseier er det derfor helt nødvendig med god planlegging, slik at installeringen går problemfritt og det dermed unngås ekstrakostnader på grunn av unødvendig arbeid.

Flere av energitiltakene som er benyttet i CasaZero og BergVP gis det støtte til fra Enova. Støtten skal gjøre det lettere for ethvert hushold å benytte energitiltak, men selv med støtte ble investeringskostnadene for CasaZero og BergVP så høye at nåverdien ble negativ under de gitte forutsetningene. For å få til et samfunn hvor det prioriteres energitiltak ved oppgradering av eldre boliger og bygging av nye boliger er det helt nødvendig at tiltakene ikke velges bort fordi de er for dyre. Selv om regjeringen har en offensiv politikk for energieffektivisering av bygg, er spørsmålet om støtteordningene og reguleringene som er innført er nok for å redusere energiforbruket i stor nok grad til at det vil gi en positiv innvirkning på miljøet. Det er også interessant å merke seg at grunnen til at mange pusser opp ofte handler om estetikk og ikke en forhøyning av husets standard. Dersom flere hadde benyttet energitiltak ved oppgradering ville prisene for tiltakene sannsynligvis synke, og flere husholdninger ville dermed hatt mulighet til å benytte seg av disse.

## 8 Feilkilder

Nedenfor redegjøres det for feilkilder som kan ha påvirket resultatene. Vi tar forbehold om at det kan forekomme svakheter i arbeidet med de energiøkonomiske beregningene, da det her ble tatt hensyn til mange tall. Tallene ble benyttet i ulike beregninger og iterasjoner, og det kan derfor ha oppstått følgefeil.

### 8.1 SIMIEN

Hovedårsaken til at SIMIEN ble brukt som simuleringsprogram er fordi vi hadde tilgang på ferdige SIMIEN-simuleringer for førtilstand og planlagt tilstand. I SIMIEN ble det gjort en forenkling av huset ved å dele huset opp i én sone for hver etasje. Denne soneinndelingen tar derfor ikke hensyn til bad eller kjøkken, som begge krever både mer oppvarming og elektrisitet. Det har ikke vært mulig å innhente alle parametre og verdier for oppgraderingene, derfor er det tatt i bruk flere standardverdier. For å redusere feilkilder, er noen av U-verdiene regnet ut i både Rockwool og Byggforsk. Byggforskserien benytter seg av standardverdier for konstruksjoner. Flere tekniske verdier er hentet fra komponentenes datablad for mer nøyaktige beregninger. Derimot vil de alternative løsningene være mer teoretiske enn CasaZero i sammenligningen.

Siden programmet kun viser en teoretisk simulering, samt usikkerhet i parametrene, vil resultatene fra beregningene mest sannsynlig avvike fra virkeligheten. Vi har aldri benyttet oss av programmet før og fikk ingen opplæring, det er derfor mulig at det har blitt gjort feil underveis.

### 8.2 Lønnsomhetsberegningene

I lønnsomhetsberegningene oppstår det store usikkerheter ved å sammenligne fakturabaserede, reelle kostnader mot kostnadsestimat. Ved å benytte seg av kostnadsestimat, som vi måtte benytte oss av for BergVP og L-LVP, kan det oppstå avvik fra de reelle kostnadene ved en faktisk oppgradering. Ved oppgradering av eldre hus kan det oppstå mer arbeid enn først antatt, og dermed kan det bli store endringer i de faktiske kostnadene for prosjektet. Kostnadene for CasaZero ble funnet ved å lese gjennom fakturaer sendt til huseierne. Det var vanskelig å skille ut relevante tall i faktura fra rørlegger og elektriker i forhold til byggmester, derfor tar vi forbehold om at visse kostnader kan avvike fra den virkelige summen for tiltaket.

Excel er benyttet til å sette opp kostnadene og lage et regnskap, slik at det kan beregnes lønnsomheten av energioppgraderingene. Beregningene som er gjort i Excel er omfattende og tar for seg mange verdier som er brukt videre i andre celler. Det tas høyde for at det kan ha oppstått feil underveis i prosessen.

Det ble bestemt å bruke en kalkulasjonsrente på fire prosent for beregningene av nåverdi. Denne verdien ble fremlagt av Anne Gunnarshaug Lien og Karen Byskov Lindberg, samt at samme rentesats er brukt i NVEs rapport om *Kostnader i energisektoren* fra 2015. Vi ser ingen grunn til at dette kan være feil rentesats, men det er fortsatt en antagelse og endring i rentesatsen kan forekomme på senere tidspunkt.

## 9 Videre arbeid

Etter gjennomføring av denne oppgaven har vi kommet frem til en del andre løsninger som hadde vært interessante å teste. Dette inkluderer alternative løsninger og tiltak som er ekskludert fra oppgaven grunnet tid og omfang, men som hadde vært interessant å simulere og beregne på i et eventuelt videre arbeid.

Etter innspill fra Kristian Myklebust Lien har det vært diskutert en løsning som benytter en avtrekksvarmepumpe. Sammen med et balansert ventilasjonssystem vil ikke denne varmepumpen benytte uteluft slik som i luft/luft-varmepumpen i L-LVP, men den vil benytte ventilasjonsluft til å varme opp både varmtvann og inneluft. Dette skal være en mer effektiv løsning enn luft/luft-varmepumpe, og vil kun være en liten del av netto kostnaden for en rehabilitering.

Etter samtale med Karen Byskov Lindberg ble enda et alternativ foreslått. I dette alternativet var det snakk om å benytte eksisterende radiatorer i huset, eventuelt installere vannbåren varme, og så benytte en luft/vann-varmepumpe. På denne måten vil huseier kunne få jevnere temperatur i huset, samt at varmepumpen også kan varme opp tappevannet.

Med utgangspunkt i CasaZero er et interessant alternativ å benytte en luft/luft-varmepumpe i stedet for væske/vann-varmepumpe. På denne måten vil effekten av å benytte væske/vann-varmepumpe kunne sammenlignes med bruk av luft/luft-varmepumpe i et allerede svært godt isolert hus. Uten det vannbårne systemet vil det ikke bli like jevn temperatur i hele rommet, men dette går for det meste på hvilken komfort huseier ønsker.

På dette tidspunktet er ikke oppgraderingen av CasaZero fullstendig ferdig. Siden flere av verdiene i oppgaven er antatte verdier, ville det vært interessant å gjøre en test eller simulering av hele huset ved ferdigstillelse. Det kunne for eksempel ha blitt utført en trykktest, der gruppen ville ha fått svar på om blant annet tallet for luftskifte stemmer overens med det antatte tallet. I tillegg kunne det vært relevant å følge med på strømgningene for et helt år, for å se hvor stor endringen i kraftmarkedet blir. Dette er viktig for å se om sensitivitetsanalysen stemmer og for å se hvor stor innvirkning kraftmarkedet har på lønnsomheten av et prosjekt. Med tanke på resultatene i denne oppgaven, ville det mest ideelle vært å følge opp og teste CasaZero over en periode på 60 år.

## 10 Konklusjon

I nærmeste fremtid er det ønskelig at det kan bli mer økonomisk lønnsomt å energioppgradere eldre boliger til å nå kravene for å kunne klassifiseres som lavenergihus. På denne måten vil det bli en økning i antall bygg som har et lavt energibehov, og det totale energiforbruket i Norge vil gå ned. De ulike løsningene som er benyttet i oppgaven har hver sine fordeler og ulemper.

Med tanke på energibesparelse er det CasaZero som kommer best ut. Netto levert energi er kun en tidel av den netto energien som leveres til L-LVP. Ønsket om å nå passivhusstandarden ble ikke oppfylt, men CasaZero kan likevel klassifiseres som et lavenergihus. Løsningen for CasaZero er dessverre vanskelig for mange å oppnå da den er kostbar, og vil ofte være en løsning som velges bort. Den mellomste graden av energioppgradering er BergVP. Denne løsningen er ikke økonomisk lønnsom under forutsetningene gitt i denne oppgaven, og har ikke like store energibesparelser som CasaZero. Det er likevel ikke de store endringene som skal til før denne løsningen er lønnsom, og da vil dette mest sannsynlig være den beste løsningen. Den mest økonomisk lønnsomme oppgraderingen er L-LVP. De lave investeringskostnadene gjør denne oppgraderingen tilgjengelig for folk flest, men med tanke på energibesparelse kommer denne løsningen dårlig ut.

Endring i kraftmarkedet vil påvirke lønnsomheten til et prosjekt. Dersom spotprisen øker i fremtiden, slik som den har gjort de siste årene, vil det bli enda mer lønnsomt med energibesparende tiltak. Ved å benytte solceller til egenproduksjon av strøm, vil kostnadene for kjøpt energi bli mindre ved endring i spotpris. Ved en spotpris på over  $0,8 \text{ kr/kWh}$  vil BergVP være mer lønnsom enn L-LVP.

De to viktigste faktorene som påvirker valg av energitiltak er økonomi og psykososiale forhold. Per i dag har mange effektive energitiltak høye investeringskostnader, og disse velges derfor bort om ikke interessen for teknologi er tilstede. Nordmenn tilbringer mye tid i hjemmet, og i et kaldt land er derfor bokomfort høyt verdsatt. Komfort tas derfor ofte med i beslutningen om valg av energitiltak, uavhengig av tiltakets energibesparelse. Basert på resultatene konkluderes det med at den mest økonomisk lønnsomme oppgraderingen er L-LVP, mens den mest energibesparende oppgraderingen er CasaZero.

## Referanser

- [1] SINTEF Byggforsk. 612.011 stilarter i arkitekturen etter 1945. [https://byggforsk.no/dokument/612/stilarter\\_i\\_arkitekturen\\_etter\\_1945](https://byggforsk.no/dokument/612/stilarter_i_arkitekturen_etter_1945), Høst 1995.
- [2] Koren, M. A. STRØMFORBRUKET: - Norge kan kutte 10 % innen 2020. <https://e24.no/privatoekonomi/i/dOGQn1/stroemforbruket-norge-kan-kutte-10-innen-2020>, 17. januar 2011.
- [3] Lavenergiprogrammet. Prosjektering av passivhus. November 2013.
- [4] UngEnergi. Isolasjon. <https://ungenergi.no/miljoteknologi/bygg/isolasjon/>, 05. juli 2017.
- [5] Karoliussen, H. Varmepumper. 30. januar 2018.
- [6] Enova. Vannbåren varme. [https://enova.no/privat/alle-energitiltak/varmepumper/vannbaren-varme-](https://enova.no/privat/alle-energitiltak/varmepumper/vannbaren-varme-/), 2016.
- [7] Karoliussen, H. Solenergi, solceller og solfangere. pages 19–23, Høst 2016.
- [8] Statistisk sentralbyrå. Nok et år med høye strømpriser for husholdninger. <https://ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/nok-et-ar-med-hoye-strompriser-for-husholdninger>, 13. februar 2020.
- [9] Fra lavenergiprogrammet. Krav til passivhus. <https://tekna.no/fag-og-nettverk/bygg-og-anlegg/byggbloggen/krav-til-passivhus/>, 28. desember 2018.
- [10] Kommunal og moderniseringsdepartementet. Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift). <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840>, 11. juni 2018.
- [11] Enova. Hus bygd mellom 1960 og 1987. <https://enova.no/privat/anbefalte-energitiltak-for-ditt-hus/hus-bygd-mellom-1960-og-1987/>, 13. mai 2020.
- [12] International Energy Agency. Energy and Climate Change. 15. juni 2015.
- [13] Kalbekken, S. Togradersmålet. <https://snl.no/togradersmalet>, 9. oktober 2019.
- [14] Energifakta Norge. Energibruken i ulike sektorer. <https://energifaktanorge.no/norsk-energibruk/energibruken-i-ulike-sektorer/>, 2019.

- [15] Olje og energidepartementet. Regjeringens mål for energieffektivisering i bygg. <https://regjeringen.no/no/dokumentarkiv/stoltenberg-ii/oed/Nyheter-og-pressemeldinger/nyheter/2012/regjeringens-mal-for-energieffektiviseri/id708469/>, 23. november 2012.
- [16] Skoie H. Norges forskningsråd. *Store Norske Leksikon*, 12. mai 2020.
- [17] SEOPP. Velkommen til forskningsprosjektet SEOPP. <http://seopp.net/publikasjoner/>, 12. mai 2020.
- [18] Støa E., Gullbrekken L., Georges L., Heide V., Skaar C., Kvellheim A. K. og Lien A. G. Energioppgradering av småhus i tre til nesten nullenerginivå. <https://opptre.no>, 2018-2021.
- [19] Enova. Oppgradere huset. <https://enova.no/privat/alle-energitiltak/oppgradere-huset/>.
- [20] Øye, B. E. Naturen går sin gang... <https://prognosesenteret.no/naturen-gar-gang/>, 2018.
- [21] Marschhauser, S. H. Gjett hvem som er europamestere i oppussing? [https://aftenposten.no/bolig/i/awOXOE/gjett-hvem-som-er-europamestere-i-oppussing?spid\\_rel=2](https://aftenposten.no/bolig/i/awOXOE/gjett-hvem-som-er-europamestere-i-oppussing?spid_rel=2), 7. februar 2017.
- [22] SINTEF Byggforsk. 552.302 naturlig og mekanisk avtrekksventilasjon i småhus. [https://byggforsk.no/dokument/528/naturlig\\_og\\_mekanisk\\_avtrekksventilasjon\\_i\\_smaahus](https://byggforsk.no/dokument/528/naturlig_og_mekanisk_avtrekksventilasjon_i_smaahus), Høst 1994.
- [23] Omland, E. Fra gjennomtrekk til nesten nullenergihus. [https://klimaoslo.no/2019/12/05/fra-gjennomtrekk-til-nesten-nullenergihus/?fbclid=IwAR3QR2kPXt3hj\\_0pjb0bzSRIm1CU17xdl8m3V4vZ79BR\\_qp684G-3jCCypQ](https://klimaoslo.no/2019/12/05/fra-gjennomtrekk-til-nesten-nullenergihus/?fbclid=IwAR3QR2kPXt3hj_0pjb0bzSRIm1CU17xdl8m3V4vZ79BR_qp684G-3jCCypQ), 5. desember 2019.
- [24] SINTEF Byggforsk. 1-1 Formål. <https://byggforsk.no/dokument/1040/formaal>.
- [25] Bygg og bevar. Hva er U-verdi? <https://byggogbevar.no/pusse-opp/vindu-og-doer/artikler/hva-er-u-verdi>, 02. april 2019.
- [26] Årtun, T. og Lorentzen, G. Varmeisolasjon. <https://snl.no/varmeisolering>, 03. juli 2018.
- [27] Boro, M. Hvorfor du bør beholde de gamle vinduene. <https://byggogbevar.no/pusse-opp/vindu-og-doer/artikler/hvorfor-du-boer-beholde-de-gamle-vinduene>, 08. oktober 2019.
- [28] Enova. Hjelp til deg som skal kjøpe energieffektive vinduer. [https://enova.no/upload\\_images/CB2B889C445B43E8A55E2E7C9C653518.pdf](https://enova.no/upload_images/CB2B889C445B43E8A55E2E7C9C653518.pdf), Februar 2012.

- [29] Direktoratet for byggkvalitet. Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning. <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/14/14-3/>, 01. januar 2018.
- [30] Tekna, Fra Lavenergiprogrammet. Løsninger for vinduer. <https://bygg.tekna.no/losninger-for-vinduer/>, 28. desember 2018.
- [31] SINTEF Byggforsk. 727.115 Senking av golv i eksisterende kjeller og kryperom. [https://byggforsk.no/dokument/2752/senking\\_av\\_golv\\_i\\_eksisterende\\_kjeller\\_og\\_kryperom](https://byggforsk.no/dokument/2752/senking_av_golv_i_eksisterende_kjeller_og_kryperom), Høst 1999.
- [32] Thue, J. V. Kuldebro - bygningsteknikk. [https://snl.no/kuldebro\\_-\\_bygningsteknikk](https://snl.no/kuldebro_-_bygningsteknikk), 24. september 2019.
- [33] Blom, P. og Uvsløkk, S. Unngå byggskader ved å forhindre kuldebroer. <https://byggforsk.no/file/index/542>, 2011.
- [34] Multiconsult. Gevinstanalyse - Ventilasjon i skolebygg. April 2016.
- [35] Toshiba. Hvor lang levetid er det på Toshibas varmepumper? <https://toshibavarmepumper.no/sporsmal-og-svar/hvor-lang-levetid-er-det-pa-toshibas-varmepumper/>.
- [36] Norsk varmepumpeforening. Bergvarme- og jordvarmepumpe. <https://varmepumpeinfo.no/varmepumpetyper/bergvarmepumpe-og-jordvarmepumpe>.
- [37] Nord Trøndelag Elektrisitetsverk AS 2020. Er et solcelleanlegg økonomisk lønnsomt? Se regnestykket! 2020.
- [38] Eidsiva. Bli med på solcellelaget: Forventet levetid. <https://eidsivaenergi.no/lev-energismart/solenergi/bli-med-pa-solcellelaget/>.
- [39] Rosvold, K. A. Solceller. <https://snl.no/solceller>, 2019.
- [40] Nilsen, J. Stor test: Disse solcellene er best for norske forhold. <https://tu.no/artikler/stor-test-disse-solcellene-er-best-for-norske-forhold/223888>, 09. juni 2015.
- [41] PROGRAMBYGGERNE. Generelt om bruk av programmet. <https://www.programbyggerne.no/SIMIEN/bruk>, Februar 2020.
- [42] Banken, K. og Nyhus, E. M. Innføring i bedriftsøkonomi. 9.opplag, 2013.
- [43] Frøyland, A. Internrente og nåverdiprofil. <https://enkeleksamen.no/internrente-og-naverdiprofil/>, 2020.
- [44] Finansleksikon. Restverdi. <https://finansleksikon.no/Regnskap/R/Restverdi.html>, Mai 2020.

- [45] Faanes H. H., Doorman G., Korpås M. og Hjelmeland M. N. Energy Systems Planning and Operation. pages 83–84, Januar 2016.
- [46] Finansleksikon. Annuitetsfaktor. <http://finansleksikon.no/Formelsamling/A/Annuitetsfaktor.html>, Mai 2020.
- [47] UiO forelesningsnotat. Kapittel 5: Andre lønnsomhetsmetoder.
- [48] Sidelnikova M., Weir D. E., Groth D. E., Nybakke K., Stensby K. E., Langseth B., Fonnelop J. E., Isachsen O., Haukeli I., Paulen S. L., Magnussen I., Husabø L. I., Ericson T., og Qureishy T. H. NVE Kostnader i energisektoren. 2015.
- [49] Enova. Om Enova. <https://enova.no/om-enova/>, 14. februar 2020.
- [50] Enova. Balansert ventilasjon. <https://enova.no/privat/alle-energitiltak/oppgradere-huset/balansert-ventilasjon/>, 13. mai 2020.
- [51] Enova. Luft-til-vann-varmepumpe. <https://enova.no/privat/alle-energitiltak/varmepumper/luft-til-vann-varmepumpe/>, 13. mai 2020.
- [52] Enova. Solfanger. <https://enova.no/privat/alle-energitiltak/solenergi/solfanger-/>, 13. mai 2020.
- [53] Enova. El-produksjon. <https://enova.no/privat/alle-energitiltak/solenergi/el-produksjon-/>, 13. mai 2020.
- [54] Energifakta Norge. Kraftproduksjon. <https://energifaktanorge.no/norsk-energiforsyning/kraftforsyningen/>, 09. mai 2020.
- [55] Energifakta Norge. Kraftmarkedet. <https://energifaktanorge.no/norsk-energiforsyning/kraftmarkedet/>, 09. mai 2020.
- [56] Statistisk sentralbyrå. Elektrisitetspriser. <https://ssb.no/elkraftpris>, 13. februar 2020.
- [57] Backe, T. G. Slik tjener du penger på strømmen din. <https://blogg.fortum.no/slik-tjener-du-penger-paa-stroemmen-din>, 22. oktober 2019.
- [58] Bjørheim, K. Lager nullenergihus av trekkfull 60-tallsvilla. *Teknisk Ukeblad*, 0120:46–56, 28. januar 2020.
- [59] FLEXIT. Brosjyre Nordic-serien. [https://flexit.no/globalassets/catalog/documents/26003\\_bro\\_116913no.pdf](https://flexit.no/globalassets/catalog/documents/26003_bro_116913no.pdf), Januar 2019.



- [60] NIBE ENERGY SYSTEMS. Bergvärmepump NIBE F1155.  
<https://nibe.eu/assets/documents/27971/639570-8.pdf>, 2020.
- [61] SINTEF Byggforsk. 471.013 U-verdier. Tak. *Tabell 32. Skråtak med sperrer av konstruksjonstrevirke.*
- [62] SINTEF Byggforsk. 471.401 U-verdier. Vegger over terreng med bindingsverk av tre med gjennomgående stendere. Desember 2012.
- [63] Lien A. G., Skeie K. S., Bjaanes E., Hagen K. og Kvalø Y. Oppgradering av et 60-tallshus og et 70-tallshus. 2017.
- [64] Storebrand. Fastrenten er kuttet.  
<https://storebrand.no/privat/bank-og-lan/fastrentelan>, 18. mai 2020.

## A Vedlegg

Dette vedlegget inneholder simulering fra SIMIEN, og er lagt til i denne rekkefølgen:

- Årssimulering av førtilstand\*
- Årssimulering av CasaZero\*\*
- Årssimulering av BergVP\*\*\*
- Årssimulering av L-LVP\*\*\*\*
- Årssimulering av Rehabilitering med elektrisitet
- Passivhusevaluering av CasaZero
- Lavenergi husevaluering av CasaZero

\*Går under navnet Nåtilstand i utskriften

\*\*Går under navnet Energioppgradering 1 i utskriften

\*\*\*Går under navnet Energioppgradering 2 i utskriften

\*\*\*\*Går under navnet Energioppgradering 3 i utskriften

## B Vedlegg

Dette vedlegget inneholder ark fra beregninger i Excel:

- Regnskap
- Merkostnader og Tilbakebetalingstid
- Nåverdi 30 år
- Internrente 30 år
- Nåverdi 60 år
- Internrente 60 år
- Solceller
- Sensitivitetsanalyse
- Lånefinansiering



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 21:37 13/7-2017  
Programversjon: 6.006  
Simuleringsansvarlig: BSK  
Firma: Entelligens AS  
Inndatafil: C:\...\Nåtilstand\_Bjørn Thorud.smi  
Prosjekt: Bjørn Thorud  
Sone: Alle soner

Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	20520 kWh	91,0 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	5633 kWh	25,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	1296 kWh	5,7 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	98 kWh	0,4 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	2569 kWh	11,4 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	2371 kWh	10,5 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	32487 kWh	144,0 kWh/m <sup>2</sup>

Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	15842 kWh	70,2 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	25572 kWh	113,4 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	11400 kWh	50,5 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt levert energi, sum 1-7	52814 kWh	234,1 kWh/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Netto levert energi	52814 kWh	234,1 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 21:37 13/7-2017  
Programversjon: 6.006  
Simuleringsansvarlig: BSK  
Firma: Entelligens AS  
Inndatafil: C:\...\Nåtilstand\_Bjørn Thorud.smi  
Prosjekt: Bjørn Thorud  
Sone: Alle soner

Dekning av energibudsjett fordelt på energikilder						
Energikilder	Romoppv.	Varmebatterier	Varmtvann	Kjølebatterier	Romkjøling	El. spesifikt
El.	27,3 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	12,5 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	28,1 kWh/m <sup>2</sup>
Olje	59,1 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	12,5 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Gass	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Fjernvarme	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Biobrensel	4,5 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Varmepumpe	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Sol	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Annen	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Sum	91,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	25,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	28,1 kWh/m <sup>2</sup>

Årlige utslipp av CO <sub>2</sub>		
Energivare	Utslipp	Spesifikt utslipp
1a Direkte el.	2091 kg	9,3 kg/m <sup>2</sup>
1b El. til varmpumpesystem	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
2 Olje	7262 kg	32,2 kg/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	160 kg	0,7 kg/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kg	-0,0 kg/m <sup>2</sup>
Totalt utslipp, sum 1-7	9513 kg	42,2 kg/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	-0 kg	-0,0 kg/m <sup>2</sup>
Netto CO <sub>2</sub> -utslipp	9513 kg	42,2 kg/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 21:37 13/7-2017  
Programversjon: 6.006  
Simuleringsansvarlig: BSK  
Firma: Entelligens AS  
Inndatafil: C:\...\Nåtilstand\_Bjørn Thorud.smi  
Prosjekt: Bjørn Thorud  
Sone: Alle soner

Energivare	Kostnad kjøpt energi	
	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
1a Direkte el.	13466 kr	59,7 kr/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
2 Olje	21736 kr	96,3 kr/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	7410 kr	32,8 kr/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kr	-0,0 kr/m <sup>2</sup>
Årlige energikostnader, sum 1-7	42612 kr	188,9 kr/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
Netto energikostnad	42612 kr	188,9 kr/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 21:37 13/7-2017  
Programversjon: 6.006  
Simuleringsansvarlig: BSK  
Firma: Entelligens AS  
Inndatafil: C:\...\Nåtilstand\_Bjørn Thorud.smi  
Prosjekt: Bjørn Thorud  
Sone: Alle soner

Effekt (dekning)	Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	Dekningsgrad energibruk
6,4 kW (90 %)		97 %
5,7 kW (80 %)		93 %
5,0 kW (70 %)		87 %
4,3 kW (60 %)		80 %
3,6 kW (50 %)		71 %
2,9 kW (40 %)		60 %
2,1 kW (30 %)		47 %
1,4 kW (20 %)		33 %
0,7 kW (10 %)		18 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert		-

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	173	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	108	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	83	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	36	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	226	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	490	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,85	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,41	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,33	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	1,73	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	15,7	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,08	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	81	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	5,31	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 21:37 13/7-2017  
Programversjon: 6.006  
Simuleringsansvarlig: BSK  
Firma: Entelligens AS  
Inndatafil: C:\...\Nåtilstand\_Bjørn Thorud.smi  
Prosjekt: Bjørn Thorud  
Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	2,50	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,27	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,50	0,5m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> i modell
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,56	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	32	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	17,1	21C driftstid/17C utenfor driftstid i oppvarmet sone 14C driftstid/10C utenfor driftstid i uoppvarmet sone
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 21:37 13/7-2017  
Programversjon: 6.006  
Simuleringsansvarlig: BSK  
Firma: Entelligens AS  
Inndatafil: C:\...\Nåtilstand\_Bjørn Thorud.smi  
Prosjekt: Bjørn Thorud  
Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	16,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,80	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,08	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,85	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,50	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,51	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,22	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	0,79/0,55/0,97/0,99	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Småhus
Simuleringsansvarlig	BSK
Kommentar	





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 21:37 13/7-2017  
Programversjon: 6.006  
Simuleringsansvarlig: BSK  
Firma: Entelligens AS  
Inndatafil: C:\...\Nåtilstand\_Bjørn Thorud.smi  
Prosjekt: Bjørn Thorud  
Sone: Alle soner

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Oslo
Breddegrad	59° 55'
Lengdegrad	10° 45'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	6,3 °C
Midlere solstråling horisontal flate	110 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	2,2 m/s



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 21:37 13/7-2017  
Programversjon: 6.006  
Simuleringsansvarlig: BSK  
Firma: Entelligens AS  
Inndatafil: C:\...\Nåtilstand\_Bjørn Thorud.smi  
Prosjekt: Bjørn Thorud  
Sone: Alle soner

Beskrivelse	Inndata energiforsyning	Verdi
1a Direkte el.		Systemvirkningsgrad romoppv,: 0,92 Systemvirkningsgrad varmtvann: 1,00 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,88 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,85 kr/kWh CO2-utslipp: 132 g/kWh Andel romoppvarming: 30,0% Andel oppv, tappevann: 50,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
2 Olje		Systemvirkningsgrad romoppv,: 0,63 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,64 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,80 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,85 kr/kWh CO2-utslipp: 284 g/kWh Andel romoppvarming: 65,0% Andel oppv, tappevann: 50,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %
5 Biobrensel		Systemvirkningsgrad romoppv,: 0,09 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,64 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,61 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,65 kr/kWh CO2-utslipp: 14 g/kWh Andel romoppvarming: 5,0% Andel oppv, tappevann: 0,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 21:37 13/7-2017  
Programversjon: 6.006  
Simuleringsansvarlig: BSK  
Firma: Entelligens AS  
Inndatafil: C:\...\Nåtilstand\_Bjørn Thorud.smi  
Prosjekt: Bjørn Thorud  
Sone: Alle soner

Beskrivelse	Inndata ekspertverdier	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning		0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr		0,50
Konvektiv andel varmetilsikudd personer		0,50
Konvektiv andel varmetilsikudd sol		0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger		2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling		2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv		3,00
Bypassfaktor kjølebatteri		0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter		0,13
Midlere lufthastighet romluft		0,15
Turbulensintensitet romluft		25,00
Avstand fra vindu		0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:		20,00



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:09 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmaks.smi

Prosjekt: Energioppgradering 1

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	5874 kWh	26,0 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	5633 kWh	25,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	785 kWh	3,5 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	221 kWh	1,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	2569 kWh	11,4 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	3953 kWh	17,5 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	19035 kWh	84,4 kWh/m <sup>2</sup>

Leverert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Leverert energi	Spesifikk leverert energi
1a Direkte el.	8817 kWh	39,1 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	2229 kWh	9,9 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-3795 kWh	-16,8 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt leverert energi, sum 1-7	7250 kWh	32,1 kWh/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	-3998 kWh	-17,7 kWh/m <sup>2</sup>
Netto leverert energi	3253 kWh	14,4 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:09 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmaks.smi

Prosjekt: Energioppgradering 1

Sone: Alle soner

Kostnad kjøpt energi		
Energivare	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
1a Direkte el.	9875 kr	43,8 kr/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	2496 kr	11,1 kr/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-4251 kr	-18,8 kr/m <sup>2</sup>
Årlige energikostnader, sum 1-7	8120 kr	36,0 kr/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	-1871 kr	-8,3 kr/m <sup>2</sup>
Netto energikostnad	6249 kr	27,7 kr/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 12:09 28/4-2020  
Programversjon: 6.013  
Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmaks.smi  
Prosjekt: Energioppgradering 1  
Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	183	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	114	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	83	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	45	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	226	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	490	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,09	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,80	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	20,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,05	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	81	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,00	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	85	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	85,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,13	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,27	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	3,27	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	40	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,2	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:09 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmaks.smi

Prosjekt: Energioppgradering 1

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	3,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,85	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,50	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,22	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,18	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	0,75/0,52/0,97/0,99	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Småhus
Simuleringsansvarlig	Tonje Marie Vigmostad
Kommentar	

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Oslo
Breddegrad	59° 55'
Lengdegrad	10° 45'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	6,3 °C
Midlere solstråling horisontal flate	110 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	2,2 m/s



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:09 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmvigmos\Documents\SIMIEN\testmaks.smi

Prosjekt: Energioppgradering 1

Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,81 Systemvirkningsgrad varmtvann: 1,00 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,88 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 1,12 kr/kWh CO2-utslipp: 132 g/kWh Andel romoppvarming: 10,0% Andel oppv, tappevann: 10,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
1b El. til varmepumpesystem	Systemvirkningsgrad romoppv.: 5,50 Systemvirkningsgrad varmtvann: 4,00 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 2,67 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 1,12 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 90,0% Andel oppv, tappevann: 90,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:09 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmaks.smi

Prosjekt: Energioppgradering 1

Sone: Alle soner

Inndata solcellepanel	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Solceller
Effektivt areal	50.0 m <sup>2</sup>
Retning (0=Nord, 180=Sør)	180 °
Takvinkel	36 °
Nominell virkningsgrad	0.18
Tapsfaktor panel	0.89
Tapsfaktor inverter	0.95
Eksporterer overskudd til nett	Ja
Pris eksportert energi	0.47 kr/kWh
Horisont	N-NØ: 45 ° NØ-Ø: 30 ° Ø-SØ: 10 ° SØ-S: 5 ° S-SV: 5 ° SV-V: 5 ° V-NV: 5 ° NV-N: 5 °

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:	20,00



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:21 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmellom.smi

Prosjekt: Energioppgradering 2

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	21594 kWh	95,7 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	5633 kWh	25,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	367 kWh	1,6 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	2569 kWh	11,4 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	3953 kWh	17,5 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	34117 kWh	151,2 kWh/m <sup>2</sup>

Leverert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Leverert energi	Spesifikk leverert energi
1a Direkte el.	10119 kWh	44,9 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	4801 kWh	21,3 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt leverert energi, sum 1-7	14920 kWh	66,1 kWh/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Netto leverert energi	14920 kWh	66,1 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:21 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmellom.smi

Prosjekt: Energioppgradering 2

Sone: Alle soner

Kostnad kjøpt energi		
Energivare	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
1a Direkte el.	11334 kr	50,2 kr/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	5377 kr	23,8 kr/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kr	-0,0 kr/m <sup>2</sup>
Årlige energikostnader, sum 1-7	16711 kr	74,1 kr/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
Netto energikostnad	16711 kr	74,1 kr/m <sup>2</sup>

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	183	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	114	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	83	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	45	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	226	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	490	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,24	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,28	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,18	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	1,20	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	20,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,05	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	82	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	3,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:21 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmellom.smi

Prosjekt: Energioppgradering 2

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	0,00	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,27	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	3,39	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	40	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,2	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	3,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,85	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,50	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,23	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,18	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	0,75/0,53/0,97/0,99	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:21 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmvigmos\Documents\SIMIEN\testmellom.smi

Prosjekt: Energioppgradering 2

Sone: Alle soner

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Småhus
Simuleringsansvarlig	Tonje Marie Vigmostad
Kommentar	

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Oslo
Breddegrad	59° 55'
Lengdegrad	10° 45'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	6,3 °C
Midlere solstråling horisontal flate	110 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	2,2 m/s



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:21 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmellom.smi

Prosjekt: Energioppgradering 2

Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,81 Systemvirkningsgrad varmtvann: 1,00 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,88 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 1,12 kr/kWh CO2-utslipp: 132 g/kWh Andel romoppvarming: 10,0% Andel oppv, tappevann: 10,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
1b El. til varmepumpesystem	Systemvirkningsgrad romoppv.: 5,50 Systemvirkningsgrad varmtvann: 4,00 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 2,67 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 1,12 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 90,0% Andel oppv, tappevann: 90,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:	20,00



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:26 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmin.smi

Prosjekt: Energioppgradering 3

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	21544 kWh	95,5 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	5633 kWh	25,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	2569 kWh	11,4 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	3953 kWh	17,5 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	33699 kWh	149,4 kWh/m <sup>2</sup>

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	26321 kWh	116,7 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	3780 kWh	16,8 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt levert energi, sum 1-7	30100 kWh	133,4 kWh/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Netto levert energi	30100 kWh	133,4 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:26 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmin.smi

Prosjekt: Energioppgradering 3

Sone: Alle soner

Kostnad kjøpt energi		
Energivare	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
1a Direkte el.	29479 kr	130,7 kr/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	4233 kr	18,8 kr/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kr	-0,0 kr/m <sup>2</sup>
Årlige energikostnader, sum 1-7	33712 kr	149,4 kr/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
Netto energikostnad	33712 kr	149,4 kr/m <sup>2</sup>

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	183	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	114	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	83	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	45	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	226	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	490	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,24	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,28	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,18	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	1,20	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	20,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,05	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	82	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	3,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:26 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmin.smi

Prosjekt: Energioppgradering 3

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	0,00	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,27	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	1,15	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	40	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,2	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	3,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,85	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,50	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,23	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,18	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	0,75/0,53/0,97/0,99	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:26 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmvigmos\Documents\SIMIEN\testmin.smi

Prosjekt: Energioppgradering 3

Sone: Alle soner

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Småhus
Simuleringsansvarlig	Tonje Marie Vigmostad
Kommentar	

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Oslo
Breddegrad	59° 55'
Lengdegrad	10° 45'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	6,3 °C
Midlere solstråling horisontal flate	110 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	2,2 m/s



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:26 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmin.smi

Prosjekt: Energioppgradering 3

Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,92 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,98 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,92 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 1,12 kr/kWh CO2-utslipp: 132 g/kWh Andel romoppvarming: 60,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
1b El. til varmepumpesystem	Systemvirkningsgrad romoppv.: 2,28 Systemvirkningsgrad varmtvann: 2,00 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 2,30 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 1,12 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 40,0% Andel oppv, tappevann: 0,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:	20,00



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:29 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\Rehabilitering med el.smi

Prosjekt: Rehabilitering med el

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	21544 kWh	95,5 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	5633 kWh	25,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	2569 kWh	11,4 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	3953 kWh	17,5 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	33699 kWh	149,4 kWh/m <sup>2</sup>

Lvert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Lvert energi	Spesifikk lvert energi
1a Direkte el.	35688 kWh	158,2 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt lvert energi, sum 1-7	35688 kWh	158,2 kWh/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Netto lvert energi	35688 kWh	158,2 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:29 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\Rehabilitering med el.smi

Prosjekt: Rehabilitering med el

Sone: Alle soner

Kostnad kjøpt energi		
Energivare	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
1a Direkte el.	39970 kr	177,2 kr/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kr	-0,0 kr/m <sup>2</sup>
Årlige energikostnader, sum 1-7	39970 kr	177,2 kr/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
Netto energikostnad	39970 kr	177,2 kr/m <sup>2</sup>

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	183	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	114	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	83	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	45	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	226	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	490	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,24	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,28	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,18	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	1,20	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	20,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,05	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	82	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	3,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:29 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\Rehabilitering med el.smi

Prosjekt: Rehabilitering med el

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	0,00	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,27	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,93	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	40	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,2	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	3,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,85	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,50	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,23	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,18	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	0,75/0,53/0,97/0,99	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:29 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\Rehabilitering med el.smi

Prosjekt: Rehabilitering med el

Sone: Alle soner

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Småhus
Simuleringsansvarlig	Tonje Marie Vigmostad
Kommentar	

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Oslo
Breddegrad	59° 55'
Lengdegrad	10° 45'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	6,3 °C
Midlere solstråling horisontal flate	110 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	2,2 m/s

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,92 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,98 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,92 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 1,12 kr/kWh CO2-utslipp: 132 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 12:29 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\Rehabilitering med el.smi

Prosjekt: Rehabilitering med el

Sone: Alle soner

Beskrivelse	Inndata ekspertverdier	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning		0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr		0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer		0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol		0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger		2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling		2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv		3,00
Bypassfaktor kjølebatteri		0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter		0,13
Midlere lufthastighet romluft		0,15
Turbulensintensitet romluft		25,00
Avstand fra vindu		0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m <sup>2</sup> K]:		20,00





# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 12:13 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmaks.smi

Prosjekt: Energioppgradering 1

Sone: Kjeller; 1.etg; 2.etg;

### Resultater av evalueringen

Evaluering mot NS 3700:2013	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredstiller ikke krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredstiller ikke minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i NS3700:2013
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller ikke alle krav til passivhus

### Varmetapsbudsjett

Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,10
Varmetapstall tak	0,06
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,03
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,16
Varmetapstall kuldebroer	0,05
Varmetapstall infiltrasjon	0,04
Totalt varmetapstall	0,44
Krav varmetapstall	0,48

### Energiytelse

Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	26,8 kWh/m <sup>2</sup>	16,4 kWh/m <sup>2</sup>
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Energibruk el./fossile energibærere	33,6 kWh/m <sup>2</sup>	75,1 kWh/m <sup>2</sup>

### Minstekrav enkeltkomponenter

Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,80	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]	0,05	0,03
Oppgraderingsprosjekt hvor det er praktisk umulig å tilfredsstille kravet til norm. kuldebroverdi	-	-
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	85	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,13	1,50
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,00	0,60



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 12:13 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmvigmos\Documents\SIMIEN\testmaks.smi

Prosjekt: Energioppgradering 1

Sone: Kjeller; 1.etg; 2.etg;

### Passivhusstandarden og byggeforskrifter

Passivstandardene refererer flere steder til at bygningen også må overholde krav i byggeforskriftene (TEK).

Ved evaluering mot byggeforskrifter benyttes det til dels andre normerte data og forutsetninger.

Krav til byggeforskrifter må derfor dokumenteres ved å kjøre en separat evaluering mot aktuelle byggeforskrifter.

### Energibudsjett (NS 3700)

Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	6055 kWh	26,8 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	6720 kWh	29,8 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	785 kWh	3,5 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	221 kWh	1,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	2569 kWh	11,4 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	3953 kWh	17,5 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	20304 kWh	90,0 kWh/m <sup>2</sup>

### Levert energi til bygningen (NS 3700)

Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	8948 kWh	39,7 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	2503 kWh	11,1 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-3880 kWh	-17,2 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt levert energi, sum 1-7	7571 kWh	33,6 kWh/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	-3914 kWh	-17,3 kWh/m <sup>2</sup>
Netto levert energi	3658 kWh	16,2 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 12:13 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmaks.smi

Prosjekt: Energioppgradering 1

Sone: Kjeller; 1.etg; 2.etg;

Referanseinformasjon beregning	
Evaluering mot NS 3700:2013	Beskrivelse
Beregning	Utført etter NS 3700:2013 med validert dynamisk timesberegning etter reglene i NS 3031:2007
Kommune, gårds- og bruksnummer	
Konstruksjon og plassering	
Tekniske installasjoner	
Soneinndeling	
Arealvurdering	

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	183	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	114	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	83	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	45	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	226	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	490	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,09	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,80	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	20,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,05	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	81	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,00	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	85	



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 12:13 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmaks.smi

Prosjekt: Energioppgradering 1

Sone: Kjeller; 1.etg; 2.etg;

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	85,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,13	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,27	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	3,26	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	40	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	24,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	3,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	3,40	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,50	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,22	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,18	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	0,75/0,52/0,97/0,99	



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 12:13 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmvigmos\Documents\SIMIEN\testmaks.smi

Prosjekt: Energioppgradering 1

Sone: Kjeller; 1.etg; 2.etg;

Inndata bygning		
Beskrivelse		Verdi
Bygningskategori		Småhus
Simuleringsansvarlig		Tonje Marie Vigmostad
Kommentar		



# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 12:14 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmaks.smi

Prosjekt: Energioppgradering 1

Sone: Kjeller; 1.etg; 2.etg;

### Resultater av evalueringen

Evalueringskriterium	Beskrivelse
Evalueringskriterium mot NS 3700:2013	
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredstiller krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i NS3700:2013
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller alle krav til lavenergihus

### Varmetapsbudsjett

Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,10
Varmetapstall tak	0,06
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,03
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,16
Varmetapstall kuldebroer	0,05
Varmetapstall infiltrasjon	0,04
Totalt varmetapstall	0,44
Krav varmetapstall	0,65

### Energiytelse

Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	26,8 kWh/m <sup>2</sup>	32,1 kWh/m <sup>2</sup>
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Energibruk el./fossile energibærere	33,6 kWh/m <sup>2</sup>	75,1 kWh/m <sup>2</sup>

### Minstekrav enkeltkomponenter

Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,80	1,20
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]	0,05	0,05
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	85	70
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,13	2,00
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,00	1,00



# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 12:14 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmvigmos\Documents\SIMIEN\testmaks.smi

Prosjekt: Energioppgradering 1

Sone: Kjeller; 1.etg; 2.etg;

### Passivhusstandarden og byggeforskrifter

Passivstandardene refererer flere steder til at bygningen også må overholde krav i byggeforskriftene (TEK).

Ved evaluering mot byggeforskrifter benyttes det til dels andre normerte data og forutsetninger.

Krav til byggeforskrifter må derfor dokumenteres ved å kjøre en separat evaluering mot aktuelle byggeforskrifter.

### Energibudsjett (NS 3700)

Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	6055 kWh	26,8 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	6720 kWh	29,8 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	785 kWh	3,5 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	221 kWh	1,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	2569 kWh	11,4 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	3953 kWh	17,5 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	20304 kWh	90,0 kWh/m <sup>2</sup>

### Levert energi til bygningen (NS 3700)

Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	8948 kWh	39,7 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	2503 kWh	11,1 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-3880 kWh	-17,2 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt levert energi, sum 1-7	7571 kWh	33,6 kWh/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	-3914 kWh	-17,3 kWh/m <sup>2</sup>
Netto levert energi	3658 kWh	16,2 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 12:14 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmaks.smi

Prosjekt: Energioppgradering 1

Sone: Kjeller; 1.etg; 2.etg;

### Referanseinformasjon beregning

Evaluering mot NS 3700:2013	Beskrivelse
Beregning	Utført etter NS 3700:2013 med validert dynamisk timesberegning etter reglene i NS 3031:2007
Kommune, gårds- og bruksnummer	
Konstruksjon og plassering	
Tekniske installasjoner	
Soneinndeling	
Arealvurdering	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	183	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	114	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	83	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	45	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	226	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	490	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,09	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,80	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	20,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,05	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	81	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,00	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	85	





# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 12:14 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmlvigmos\Documents\SIMIEN\testmaks.smi

Prosjekt: Energioppgradering 1

Sone: Kjeller; 1.etg; 2.etg;

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	85,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,13	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,27	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	3,26	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	40	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	24,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	3,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	3,40	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,50	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,22	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,18	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	0,75/0,52/0,97/0,99	



# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 12:14 28/4-2020

Programversjon: 6.013

Simuleringsansvarlig: Tonje Marie Vigmostad

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: \\sambaad.stud.ntnu.no\tmvigmos\Documents\SIMIEN\testmaks.smi

Prosjekt: Energioppgradering 1

Sone: Kjeller; 1.etg; 2.etg;

Inndata bygning		
Beskrivelse		Verdi
Bygningskategori		Småhus
Simuleringsansvarlig		Tonje Marie Vigmostad
Kommentar		









## Merkostnader - investeringer

	<b>CasaZero</b>	<b>Alternativ 1</b>	<b>Alternativ 2</b>
Isolasjon yttervegg	kr 391 699	kr -	kr -
Isolasjon tak	kr 152 436	kr -	kr -
Isolasjon kjeller (utvendig)	kr 12 032	kr -	kr -
Isolasjon kjellergulv	kr 195 643	kr -	kr -
Vinduer	kr 18 000	kr -	kr -
Ventilasjon	kr 165 733	kr -	kr -
Varmepumpe luft-luft	kr -	kr -	kr 21 000
Vannbåren varme	kr 68 120	kr 68 120	kr -
Rørlegger: varmepumpe væskevann, akkumulatortank/ varmtvannsbereder	kr 421 584	kr 421 584	kr -
Elektriker: solcelleanlegg og vannbåren varme	kr 17 344	kr 12 719	kr -
Solceller	kr 135 543	kr -	kr -
<b>Totalt</b>	kr 1 578 134	kr 502 422	kr 21 000
Enovatilskudd	kr 190 750	kr 25 000	kr -
<b>Merkostnader - investeringer</b>	kr 1 387 384	kr 477 422	kr 21 000

## Tilbakebetalingstid

Energikostnad per år før energitiltak:	kr 39 970		
Energikostnader per år (SIMIEN) uten solstrøm	kr 6 249 kr 12 371	kr 16 711	kr 33 712
Sparte energi utgifter uten solstrøm	-kr 33 721 -kr 27 599	-kr 23 259	-kr 6 258
<b>Tilbakebetalingstid [år]</b> uten solstrøm [år]	<b>41</b> 45	<b>21</b>	<b>3</b>





**CasaZero**

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
kr 23 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 116 129	kr 33 721	kr 33 721
kr 16 025	kr 21 905	kr 21 062	kr 20 252	kr 19 473	kr 18 724	kr 18 004	kr 17 311	kr 16 646	kr 16 005	-kr 53 000	kr 14 798	kr 14 229

**BergVP**

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	-kr 116 591	kr 23 259	kr 23 259
kr 15 713	kr 15 109	kr 14 528	kr 13 969	kr 13 431	kr 12 915	kr 12 418	kr 11 941	kr 11 481	kr 11 040	-kr 53 210	kr 10 207	kr 9 814

**L-LVP**

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 14 742	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258
kr 4 228	kr 4 065	kr 3 909	kr 3 758	kr 3 614	-kr 8 186	kr 3 341	kr 3 213	kr 3 089	kr 2 970	kr 2 856	kr 2 746	kr 2 641

**CasaZero**

	23	24	25	26	27	28	29	30
kr	33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 117 185
kr	13 681	kr 13 155	kr 12 649	kr 12 163	kr 11 695	kr 11 245	kr 10 813	kr 36 130

**BergVP**

	23	24	25	26	27	28	29	30
kr	23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 106 723
kr	9 437	kr 9 074	kr 8 725	kr 8 389	kr 8 067	kr 7 756	kr 7 458	kr 32 905

**L-LVP**

	23	24	25	26	27	28	29	30
kr	6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258
kr	2 539	kr 2 441	kr 2 347	kr 2 257	kr 2 170	kr 2 087	kr 2 007	kr 1 929



CasaZero

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	-kr 116 129	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721
kr 44 381	kr 45 408	kr 46 460	kr 47 535	kr 48 636	kr 49 762	kr 50 914	kr 52 093	-kr 183 552	kr 54 533	kr 55 796	kr 57 088	kr 58 410	kr 59 762	kr 61 146

BergVP

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	-kr 116 591	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259
kr 18 486	kr 18 135	kr 17 792	kr 17 454	kr 17 123	kr 16 799	kr 16 480	kr 16 168	-kr 79 508	kr 15 561	kr 15 266	kr 14 976	kr 14 692	kr 14 414	kr 14 141

L-LVP

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	-kr 14 742	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258
kr 290	kr 225	kr 174	-kr 317	kr 104	kr 81	kr 63	kr 48	kr 37	kr 29	kr 22	kr 17	kr 13	kr 10	kr 8

CasaZero

27	28	29	30
kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 117 185
kr 62 562	kr 64 010	kr 65 492	kr 232 865

BergVP

27	28	29	30
kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 106 723
kr 13 872	kr 13 609	kr 13 351	kr 60 101

L-LVP

27	28	29	30
kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258
kr 6	kr 5	kr 4	kr 3



CasaZero

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 116 129	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 128 697
kr 21 062	kr 20 252	kr 19 473	kr 18 724	kr 18 004	kr 17 311	kr 16 646	kr 16 005	kr 53 000	kr 14 798	kr 14 229	kr 13 681	kr 13 155	kr 48 276
43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721
kr 6 244	kr 6 004	kr 5 773	kr 5 551	kr 5 337	kr 5 132	kr 4 935	kr 4 746	kr 4 562	kr 4 387	kr 4 218	kr 4 056	kr 3 900	kr 3 750

BergVP

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 116 591	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259
kr 14 528	kr 13 969	kr 13 431	kr 12 915	kr 12 418	kr 11 941	kr 11 481	kr 11 040	kr 53 210	kr 10 207	kr 9 814	kr 9 437	kr 9 074	kr 8 725
43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259
kr 4 307	kr 4 141	kr 3 982	kr 3 829	kr 3 681	kr 3 540	kr 3 404	kr 3 273	kr 3 147	kr 3 026	kr 2 910	kr 2 798	kr 2 690	kr 2 587

L-LVP

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 14 742	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258
kr 3 909	kr 3 758	kr 3 614	kr 8 186	kr 3 341	kr 3 213	kr 3 089	kr 2 970	kr 2 856	kr 2 746	kr 2 641	kr 2 539	kr 2 441	kr 2 347
43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
kr 6 258	kr 6 258	kr 14 742	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258
kr 1 159	kr 1 114	kr 2 524	kr 1 030	kr 991	kr 952	kr 916	kr 881	kr 847	kr 814	kr 783	kr 753	kr 724	kr 696

<u>CasaZero</u>					
	26	27	28	29	30
kr	33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	-kr 39 469
kr	12 163	kr 11 695	kr 11 245	kr 10 813	-kr 12 169
	57	58	59	60	
kr	33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 118 047	
kr	3 606	kr 3 467	kr 3 334	kr 11 222	

<u>BergVP</u>					
	26	27	28	29	30
kr	23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259
kr	8 389	kr 8 067	kr 7 756	kr 7 458	kr 7 171
	57	58	59	60	
kr	23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	
kr	2 487	kr 2 391	kr 2 299	kr 2 211	

<u>L-LVP</u>					
	26	27	28	29	30
kr	6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	-kr 14 742
kr	2 257	kr 2 170	kr 2 087	kr 2 007	-kr 4 545
	57	58	59	60	
kr	6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	
kr	669	kr 643	kr 619	kr 595	







CassaZero

23	24	25	26	27	28	29	30
kr 33 721	kr 33 721 -kr 128 697	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721 -kr	39 469
kr 33 676	kr 33 674 -kr 128 510	kr 33 670	kr 33 668	kr 33 666	kr 33 666	kr 33 664 -kr	39 400
54	55	56	57	58	59	60	
kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 33 721	kr 118 047	
kr 33 616	kr 33 614	kr 33 612	kr 33 610	kr 33 608	kr 33 606	kr 117 637	

BergVP

23	24	25	26	27	28	29	30
kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	23 259
kr 10 617	kr 10 261	kr 9 917	kr 9 585	kr 9 263	kr 8 953	kr 8 653	8 363
54	55	56	57	58	59	60	
kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	kr 23 259	
kr 3 689	kr 3 566	kr 3 446	kr 3 331	kr 3 219	kr 3 111	kr 3 007	

L-LVP

23	24	25	26	27	28	29	30
kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258 -kr	14 742
kr 17	kr 13	kr 10	kr 8	kr 6	kr 5	kr 4	-kr 7
54	55	56	57	58	59	60	
kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	kr 6 258	
kr 0	kr 0	kr 0	kr 0	kr 0	kr 0	kr 0	

## Solceller - lønnsomhetsberegning

Merkostnad - Solceller	-kr	135 543
Enovatilskudd	kr	25 750
Netto - merkostnad	-kr	109 793

Sparte årlige energikostnad:	kr	6 122
------------------------------	----	-------

Levetid [år]:	25
Kalkulasjonsrente:	4,00 %

### Med Enovatilskudd

Tilbakebetalingstid [år]: **18**

#### Nåverdi-utregninger:

Tid(år)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
b	-	109 793	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122
NV	-	109 793	5 887	5 660	5 442	5 233	4 838	4 652	4 473
Tid(år)	9	10	11	12	13	14	15	16	17
b	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122
NV	4 301	4 136	3 977	3 824	3 677	3 535	3 399	3 269	3 143
Tid(år)	18	19	20	21	22	23	24	25	
b	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	
NV	3 022	2 906	2 794	2 687	2 583	2 484	2 388	2 296	

**Netto nåverdi: -kr 14 155**

**Internrente 2,74 %**

**Uten Enovatilskudd**

Tilbakebetalingstid [år]: 22

Nåverdi-utregninger:

Tid(år)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
b	-	135 543	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122
NV	-	135 543	5 887	5 660	5 442	5 233	4 838	4 652	4 473
Tid(år)	9	10	11	12	13	14	15	16	17
b	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122
NV	4 301	4 136	3 977	3 824	3 677	3 535	3 399	3 269	3 143
Tid(år)	18	19	20	21	22	23	24	25	
b	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	6 122	
NV	3 022	2 906	2 794	2 687	2 583	2 484	2 388	2 296	

Nåverdi: -kr 39 905

Interrenterente 0,96 %

## Tilbakebetalingstid, nåverdi og interrente med varierende spotpris

Årlig levert energi [kWh]	52 814
Førtilstand	35 688
Rehabilitering m/el.	30 100
L-LVP	14 920
BergVP	3 253
CasaZero, netto	11 046
Uten solstrøm	3 795
solstrøm egenbruk	3 998
solstrøm til eksport	

Spotpris [kr]	Kjøpspris [kr]	Årlig energikost. [kr]		Årlige sparte kostnader [kr]		Tilbakebetalingstid [år]		
		Rehabilitering m/el	CasaZero	BergVP	L-LVP	CasaZero	BergVP	L-LVP
0,068	0,62	22 127	17 903	12 876	3 465	77,5	37,1	6,1
0,168	0,75	26 588	21 857	15 472	4 163	63,5	30,9	5,0
0,268	0,87	31 049	25 812	18 068	4 862	53,8	26,4	4,3
0,368	1,00	35 510	29 766	20 664	5 560	46,6	23,1	3,8
0,468	1,12	39 971	33 721	23 260	6 259	41,1	20,5	3,4
0,568	1,25	44 432	37 675	25 856	6 957	36,8	18,5	3,0
0,668	1,37	48 893	41 629	28 452	7 656	33,3	16,8	2,7
0,768	1,50	53 354	45 584	31 048	8 354	30,4	15,4	2,5
0,868	1,62	57 815	49 538	33 644	9 053	28,0	14,2	2,3
0,968	1,75	62 276	53 493	36 240	9 751	25,9	13,2	2,2
1,068	1,87	66 737	57 447	38 836	10 450	24,2	12,3	2,0

Spotpris [kr]	Netto nåverdi [kr]			Interrente			Netto nåverdi [kr]			Interrente		
	CasaZero	BergVP	L-LVP	CasaZero	BergVP	L-LVP	CasaZero	BergVP	L-LVP	CasaZero	BergVP	L-LVP
0,068	1 152 950	318 596	27 256	-7,15 %	-4,24 %	14,3 %	-1 196 465	-279 077	35 660	-3,72 %	0,10 %	14,3 %
0,168	1 084 577	273 705	39 326	-5,85 %	-2,57 %	18,2 %	-1 107 012	-220 346	51 451	-2,53 %	1,07 %	18,2 %
0,268	1 016 187	228 815	51 413	-4,76 %	-1,18 %	22,0 %	-1 017 536	-161 616	67 265	-1,61 %	1,94 %	22,0 %
0,368	947 814	183 925	63 483	-3,82 %	0,04 %	25,6 %	-928 083	-102 885	83 056	-0,86 %	2,73 %	25,6 %
0,468	879 424	137 306	75 570	-2,99 %	1,17 %	29,2 %	-838 607	-41 892	98 870	-0,21 %	3,50 %	29,2 %
0,568	811 051	94 145	87 640	-2,24 %	2,12 %	32,7 %	-749 154	14 576	114 661	0,37 %	4,17 %	32,7 %
0,668	742 679	49 255	99 727	-1,54 %	3,05 %	36,1 %	-659 700	73 307	130 475	0,90 %	4,85 %	36,1 %
0,768	674 289	4 365	111 797	-0,90 %	3,92 %	39,5 %	-570 224	132 037	146 266	1,39 %	5,50 %	39,5 %
0,868	605 916	40 525	123 884	-0,30 %	4,74 %	42,9 %	-480 771	190 768	162 080	1,85 %	6,14 %	42,9 %
0,968	537 526	85 416	135 954	0,27 %	5,53 %	46,3 %	-391 295	249 498	177 871	2,29 %	6,76 %	46,3 %
1,068	469 153	130 306	148 041	0,81 %	6,28 %	49,6 %	-301 842	308 229	193 685	2,70 %	7,37 %	49,6 %

## Nåverdi 30 år med varierende kalkulasjonsrente

Kalkulasjonsrente	Netto nåverdi 30 år		
	CasaZero	BergVP	L-LVP
0 %	- 452 139	163 962	145 740
1 %	- 587 059	70 150	122 416
2 %	- 695 123	- 4 540	103 554
3 %	- 782 460	- 64 581	88 180
4 %	- 853 691	- 113 319	75 553
5 %	- 912 314	- 153 271	65 099
6 %	- 960 996	- 186 340	56 378

## Energikostnad og andel egetforbruk av PV med varierende spotpris

Spotpris [kr]	Kjøpspris [kr]	30 % egetforbruk av PV	40 % egetforbruk av PV	50 % egetforbruk av PV	60 % egetforbruk av PV	70 % egetforbruk av PV	egetforbruk av PV
0,068	0,62	5 028	4 598	4 223	3 738	3 307	3 307
0,168	0,75	5 571	5 121	4 729	4 222	3 772	3 772
0,268	0,87	6 114	5 645	5 236	4 707	4 238	4 238
0,368	1,00	6 657	6 168	5 742	5 191	4 703	4 703
0,468	1,12	7 200	6 692	6 249	5 676	5 168	5 168
0,568	1,25	7 743	7 216	6 756	6 160	5 633	5 633
0,668	1,37	8 286	7 739	7 262	6 645	6 098	6 098
0,768	1,50	8 829	8 263	7 769	7 129	6 563	6 563
0,868	1,62	9 372	8 786	8 275	7 614	7 028	7 028
0,968	1,75	9 915	9 310	8 782	8 099	7 493	7 493
1,068	1,87	10 458	9 833	9 288	8 583	7 958	7 958

## Solceller

Spotpris [kr]	Kjøpspris [kr]	Sparte energikostnader [kr]	Tilbakebetalingstid [år]	Netto nåverdi [kr]	Interrente
0,068	0,62	2 625	42	68 789	-3,62 %
0,168	0,75	3 499	31	55 132	-1,68 %
0,268	0,87	4 373	25	41 476	-0,03 %
0,368	1,00	5 247	21	27 820	1,42 %
0,468	1,12	6 121	18	14 163	2,74 %
0,568	1,25	6 996	16	507	3,96 %
0,668	1,37	7 870	14	13 150	5,10 %
0,768	1,50	8 744	13	26 806	6,19 %
0,868	1,62	9 618	11	40 463	7,23 %
0,968	1,75	10 492	10	54 119	8,23 %
1,068	1,87	11 367	10	67 775	9,21 %



**Annuitetslån**

Lånebeløp av boligens verdi: 70 %  
 Fastrenteperiode: 30 år \*  
 Nominell rente: 2,39 %

Totalt investeringsbeløp: kr 1 387 384  
 Lånebeløp: kr 971 169  
 Resterende beløp: kr 416 215  
 Terminbet. inkl gebyr: kr 45 757 \*\*

\*Forutsetter at 30 års renten vil være den samme som 20 års rente, for å illustrere vårt eksempel

\*\*Regnet ut vha lånekalkulator for annuitetslån

Spotpris [kr]	Kjøpspris [kr]	Sparte kostnader CasaZero [kr]	Nåverdi 30 år [kr]
0,068	0,62	17 903	- 950 370
0,168	0,75	21 857	- 881 990
0,268	0,87	25 812	- 813 610
0,368	1,00	29 766	- 745 230
0,468	1,12	33 721	- 676 850
0,568	1,25	37 675	- 608 470
0,668	1,37	41 629	- 540 090
0,768	1,50	45 584	- 471 710
0,868	1,62	49 538	- 403 330
0,968	1,75	53 493	- 334 950
1,068	1,87	57 447	- 266 570

**CasaZero**

Byttes ut	VP	Vekselretter
Etter [år]	20	10
Pris	kr 139 850	kr 10 000

År igjen:	10
Restverdi:	kr 83 464

**Beregning av nåverdi**

Tid (år)	0	1	2	3	4	5	6
b	-kr 416 215	-kr 12 037	-kr 12 037	-kr 12 037	-kr 12 037	-kr 12 037	-kr 12 037
Rente	4,00 %						
NV	-kr 416 215	-kr 11 574	-kr 10 701	-kr 10 289	-kr 9 893	-kr 9 513	
<b>NNV alle år</b>							
<b>-kr</b>							<b>597 398</b>

Lånefinansiering

---

	7	8	9	10	11	12	13	14	15
-kr	12 037	12 037 -kr	12 037 -kr	22 037 -kr	12 037 -kr	12 037 -kr	12 037 -kr	12 037 -kr	12 037
-kr	9 147	8 795 -kr	8 457 -kr	14 887 -kr	7 819 -kr	7 518 -kr	7 229 -kr	6 951 -kr	6 684

---

	16	17	18	19	20	21	22	23	24
-kr	12 037	12 037 -kr	12 037 -kr	12 037 -kr	161 886 -kr	12 037 -kr	12 037 -kr	12 037 -kr	12 037
-kr	6 427	6 179 -kr	5 942 -kr	5 713 -kr	73 883 -kr	5 282 -kr	5 079 -kr	4 884 -kr	4 696

---



