

# TILTAK FOR Å OPPNÅ PASSIVHUS- OG NULLHUSSTANDARD I REKKEHUSBEBYGGELSE

MEASURES TO ACHIEVE PASSIVE- AND ZERO STANDARD IN ROW-HOUSES

LARS ERIK TORVIK EIKENÆS & TORBJØRN HUNSKAAR LØVE

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP

INSTITUTT FOR MATEMATISKE REALFAG OG TEKNOLOGI  
MASTEROPPGAVE 30 STP, 2012





## FORORD

Denne oppgaven er skrevet ved Universitet for miljø- og biovitenskap (UMB) våren 2012. Rapporten heter "Tiltak for å oppnå passivhus- og nullhusstandard i rekkehusbebyggelse" og er skrevet som masteroppgave ved institutt for matematiske realfag og teknologi. Oppgaven er skrevet i samarbeid med Block Watne, og deres prosjekt i Trestakkveien i Sørumsund er oppgavens sakstudium.

Vi ønsker å takke alle som har hjulpet oss og bidratt i arbeidet med denne oppgaven. En stor takk rettes til vår veileder fra UMB, Thomas K. Thiis, som har hjulpet oss i hele prosessen. Vi vil også gjerne takke biveilederen vår ved UMB, Tormod Aurlen. Takk til teknisk sjef i Block Watne, Sverre Kirkevold, som har gitt oss mange faglige råd gjennom arbeidet. I tillegg vil vi takke kalkulatør i Block Watne, Thore Kristoffersen, som i stor grad har hjulpet oss. Til slutt vil vi takke Kirsti Gimnes Are fra Rambøll for god hjelp knyttet til klimagassberegninger.

Oslo, 14.05.2012

---

Lars Erik Torvik Eikenæs

---

Torbjørn Hunshaar Løve

## SAMMENDRAG

Byggebransjen er alltid i endring, og de tekniske forskriftene ble endret både i 2007 og 2010. Fokuset på energieffektive bygg blir stadig større, og i 2010 ble det utgitt en norsk standard som angir kravene til lavenergi- og passivhus. Norske myndigheter ønsker å skjerpe bruk av energi i bygg og planlegger nå å innføre krav om at alle bygg skal bygges som passivhus innen 2015. I tillegg vil begrepet nullenergihus og nullhus få større innpass i norsk bygningspolitikk.

I denne oppgaven vurderes ulike tiltak for å oppnå passivhus- og nullhusstandard i rekkehusbebyggelse. I samarbeid med boligutvikleren Block Watne er det valgt ut et reelt prosjekt som danner grunnlag for oppgaven. Prosjektet i Trestakkveien i Sørums kommuner består av syv leiligheter i rekke og er bygget etter TEK07. Oppgaven ønsker å belyse hvilke tiltak som kan gjøres med slike rekkehus slik at det oppfyller kravene til passivhus og nullhus. I tillegg til å belyse hvilke bygningstekniske tiltak som er mulige og aktuelle, vil denne oppgaven også se på det økonomiske aspektet ved tiltakene. For å vurdere om de ulike tiltakene fungerer like godt i ulike klimaer, vil de simuleres både på den reelle tomten i Sørums kommuner og i vestlandskommunen Sola.

Oppgaven presenterer aktuell bakgrunnsteori for de tiltakene som vurderes. Deretter vil det legges frem ulike tiltak som tilpasses rekkehuset i Trestakkveien. Både passive og aktive tiltak blir vurdert, og alle tiltakene blir simulert i programmet Simien. Virkningene av tiltakene blir deretter sammenstilt, og både energimessige og økonomiske effekter blir sammenlignet. På grunnlag av resultatene av enkelttiltak blir det satt sammen tiltakspakker for passivhus og nullhus i både Sørums kommuner og Sola kommuner. I tillegg til at disse simuleres hver for seg sammenlignes de med det opprinnelige bygget. Som et ledd for å oppnå nullhus er det også utført klimagassberegninger for å se hvilke tiltak som må til for å gjøre bygget klimanøytralt.

Tiltakspakkene som velges for de fire tilfellene er en kombinasjon av passive og aktive bygningstiltak i tillegg til energiforsyningstiltak. Å bygge rekkehuset i Trestakkveien som passivhus vil for Block Watne føre til en merkostnad på kr 828,- og kr 696,- per m<sup>2</sup> BRA for hhv. Sørums kommuner og Sola kommuner. Tiltakene som foreslås til nullhuspakker vil for Block Watne føre til en merkostnad på kr 3 669,- og kr 3 425,- pr m<sup>2</sup> BRA for hhv. Sørums kommuner og Sola kommuner. Disse oppfyller imidlertid ikke Enovas definisjon på nullhus. Begrepene nullhus og nullenergihus er ikke entydig definert. Slik denne oppgaven definerer begrepet nullhus, er det ut i fra energi- og klimagassberegningene urealistisk å kunne bygge alle bygninger som nullhus i nær fremtid.

## ABSTRACT

The construction industry is always changing, and the technical regulations were amended in both 2007 and 2010. The focus on energy efficient buildings is growing, and it was released a Norwegian standard that specifies requirements for low-energy and passive houses in 2010. The Norwegian government wants to intensify the focus on the consumption of energy in buildings, and they are planning demands that all buildings shall be built by the standard of passive houses by 2015. The term of zero energy- and zero houses will also be more important in the Norwegian building policy.

This report evaluates various measures to achieve the standard of passive house- and zero houses in terraced houses. In cooperation with the housing developer Block Watne it is selected a real case that forms the basis for this task. The project, Trestakkveien, in Sørumsund consists of seven apartments in a row and is built to meet with the TEK07 regulations. This report wanted to know what could be done to meet the requirements for passive- and zero houses in this particular project. In addition to examine the possible technical measures, this report also examines the economic aspect of these measures. To assess which effect the various measures have in different climates, they will be simulated in both the real site in Sørumsund and in a site in Sola.

This report presents the relevant theory for the considered measures. It will also present various measures adapted to the terrace house in Trestakkveien. Both passive and active measures are evaluated, and all measures are simulated in the program Simien. The effects of these measures are then compiled, and both energy and economic effects are compared. On the basis of the results of the individual measures, packages of measures for passive and zero houses will be composed both in Sørumsund and Sola. As part of achieving a zero house it is also conducted greenhouse gas calculations to assess the needed measures to make the building carbon neutral.

The packages of selected measures for the four cases is a combination of passive and active building measures in addition to a green energy supply. To build the row of terraced house in Trestakkveien as a passive house, will give Block Watne an additional cost of NOK 828, - and NOK 696, - per m<sup>2</sup> indoor floor space in respectively Sørumsund and Sola. The measures proposed to the two zero house packages, will give Block Watne an additional cost of NOK 3669, - and NOK 3425, - per m<sup>2</sup> indoor floor space respectively in Sørumsund and Sola. These packages do not meet the definition Enova have set to zero houses. The terms zero energy- and zero houses are not clearly defined. As this report defines the term zero house, it is unrealistic to build all buildings as zero houses in the near future, based on the performed energy- and greenhouse gas calculations.

# INNHOOLDSLISTE

<b>1</b>	<b>PROBLEMSTILLING</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>INNLEDNING</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>BAKGRUNN</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>AVGRENSINGER</b>	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>OPPGAVENS OPPBYGNING</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>TEORI - KRAV TIL ENERGI- OG MILJØYTELSER I BYGG</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>BYGGEREGLER I NORGE</b>	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>ENERGIKRAV I TEKNISK FORSKRIFT</b>	<b>18</b>
3.2.1	ENERGITILTAK	18
3.2.2	ENERGIRAMME	19
3.2.3	MINSTEKRAV	21
3.2.4	UNNTAK FRA REGLENE	22
3.2.5	ENERGIFORSYNING	22
<b>3.3</b>	<b>PASSIVHUS</b>	<b>23</b>
3.3.1	KONSEPT	23
3.3.2	NS 3700:2010 KRITERIER FOR PASSIVHUS OG LAVENERGIHUS, BOLIGBYGNINGER	23
<b>3.4</b>	<b>NULLHUS</b>	<b>25</b>
3.4.1	KONSEPT	25
3.4.2	KLIMAKVOTER	26
<b>3.5</b>	<b>ENERGIMERKET TIL NORGES VASSDRAGS- OG ENERGI-DIREKTORAT</b>	<b>27</b>
<b>3.6</b>	<b>INTERNASJONAL UTBREDELSE</b>	<b>28</b>
<b>3.7</b>	<b>LEVERING OG PRODUKSJON AV ENERGI</b>	<b>29</b>
<b>3.8</b>	<b>KLIMAGASSBEREGNINGER</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>TEORI - PARAMETERE SOM PÅVIRKER ENERGIYTELSENE</b>	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>VARMETAP</b>	<b>31</b>
4.1.1	LEDNING, STRÅLING OG KONVEKSJON	31
4.1.2	VARMESTRØM GJENNOM EN KONSTRUKSJON	31
4.1.3	KULDEBROVERDIER	32
4.1.4	INFILTRASJON	32
4.1.5	KRAV TIL VINDUER	33
<b>4.2</b>	<b>VARMEPRODUKSJON OG ENERGI-FORSYNING</b>	<b>36</b>
4.2.1	DIREKTE ELEKTRISITET	37
4.2.2	VARMEPUMPE	37
4.2.3	GRUNNVARME	38
4.2.4	BIOENERGI	40
4.2.5	FOSSILT BRENSSEL	41
4.2.6	SOLFANGERE	41
4.2.7	SOLCELLEPANEL	43
4.2.8	VINDGENERATOR	45
4.2.9	GJENBRUK AV GRÅVANN	45
<b>4.3</b>	<b>VENTILASJON</b>	<b>47</b>
4.3.1	VENTILASJONSSYSTEM	47
4.3.2	UTFORMING AV ANLEGGET	47
4.3.3	VARMEGJENVINNER	48

4.3.4	KJØLING	48
4.3.5	VEDLIKEHOLD	49
<b>4.4</b>	<b>PLASSERING, UTFORMING OG BRUK</b>	<b>49</b>
4.4.1	GEOMETRI	49
4.4.2	LOKALKLIMA	50
4.4.3	GEOGRAFI	52
<b>5</b>	<b>TEORI - ØKONOMI</b>	<b>53</b>
<b>5.1</b>	<b>NÅVERDIMETODEN</b>	<b>53</b>
<b>5.2</b>	<b>KALKULASJONSRENTE</b>	<b>53</b>
<b>5.3</b>	<b>TILSKUDDSDORDNINGER</b>	<b>54</b>
<b>6</b>	<b>METODE</b>	<b>55</b>
<b>6.1</b>	<b>SAKSTUDIE</b>	<b>55</b>
6.1.1	FREMGANGSMÅTE	55
<b>6.2</b>	<b>VERKTØY - BRUK OG ANVENDELSE</b>	<b>55</b>
6.2.1	ENDNOTE	55
6.2.2	SIMIEN	55
6.2.3	ARCHICAD	56
6.2.4	KLIMAGASSREGNSKAP.NO	56
6.2.5	VELUX DAYLIGHT VISUALIZOR 2	58
<b>7</b>	<b>TRESTAKKVEIEN</b>	<b>59</b>
<b>7.1</b>	<b>PROSJEKTET</b>	<b>59</b>
<b>7.2</b>	<b>BOLIGENHETENE</b>	<b>60</b>
<b>7.3</b>	<b>TEKNISKE INSTALLASJONER</b>	<b>61</b>
<b>7.4</b>	<b>TOMTER</b>	<b>61</b>
<b>7.5</b>	<b>KLIMADATA</b>	<b>62</b>
<b>8</b>	<b>ENERGITILTAK</b>	<b>64</b>
<b>8.1</b>	<b>PRIORITERING AV TILTAK</b>	<b>64</b>
<b>9</b>	<b>RESULTATER - EKSISTERENDE BYGG</b>	<b>66</b>
<b>9.1</b>	<b>BEREGNINGER AV EKSISTERENDE BYGG</b>	<b>66</b>
9.1.1	ENERGIBEREGNING	66
9.1.2	KLIMAGASSBEREGNINGER	68
<b>10</b>	<b>RESULTATER - ENERGITILTAK</b>	<b>71</b>
<b>10.1</b>	<b>VARMETAP</b>	<b>71</b>
10.1.1	VEGGER	71
10.1.2	TAK	72
10.1.3	GULV	73
10.1.4	VINDUER	73
10.1.5	DØRER	74
10.1.6	KULDEBROER	74
10.1.7	INFILTRASJON	75
<b>10.2</b>	<b>ENERGIFORSYNING</b>	<b>76</b>
10.2.1	ELEKTRISITET	76

10.2.2	BIOENERGI	77
10.2.3	FOSSILT BRENSSEL	79
<b>10.3</b>	<b>PRODUSERT ENERGI</b>	<b>80</b>
10.3.1	SOLFANGERE	80
10.3.2	SOLCELLEPANEL	83
10.3.3	BERGVARME	84
10.3.4	VINDKRAFT	86
10.3.5	KILDESEPARERING AV AVLØPSVANN	86
10.3.6	VARMEPUMPER	87
<b>10.4</b>	<b>KJØLEBEHOV</b>	<b>88</b>
10.4.1	SOLAVSKJERMING	88
10.4.2	VARMELAGRING	91
10.4.3	FRIKJØLING GJENNOM VENTILASJONSANLEGG	91
10.4.4	MEKANISK KJØLING	91
<b>10.5</b>	<b>VENTILASJON</b>	<b>92</b>
<b>10.6</b>	<b>GEOMETRISK TILPASNING</b>	<b>93</b>
10.6.1	ORIENTERING, TAKVINKEL OG FORM	93
10.6.2	VINDU – AREAL OG PLASSERING	93
<b>10.7</b>	<b>FELLESANLEGG</b>	<b>96</b>
10.7.1	FELLES BOD/TEKNISK ROM	96
10.7.2	VANNBÅRENT GULVVARMEANLEGG	97
<b>10.8</b>	<b>FORBRUK OG STYRING</b>	<b>97</b>
<b>10.9</b>	<b>SAMMENSTILLING AV ENERGITILTAK</b>	<b>97</b>
<b>11</b>	<b>RESULTATER – TILTAKSPAKKER</b>	<b>105</b>
<b>11.1</b>	<b>PASSIVHUS – SØRUM</b>	<b>105</b>
11.1.1	VALGTE TILTAK	105
11.1.2	SIMULERINGSRESULTAT	106
<b>11.2</b>	<b>PASSIVHUS – SOLA</b>	<b>111</b>
11.2.1	VALGTE TILTAK	111
11.2.2	SIMULERINGSRESULTAT	112
<b>11.3</b>	<b>NULLHUS – SØRUM</b>	<b>117</b>
11.3.1	VALGTE TILTAK	117
11.3.2	SIMULERINGSRESULTAT	117
11.3.3	KLIMAGASSBEREGNING	123
<b>11.4</b>	<b>NULLHUS – SOLA</b>	<b>125</b>
11.4.1	VALGTE TILTAK	125
11.4.2	SIMULERINGSRESULTAT	126
11.4.3	KLIMAGASSREGNSKAP	131
<b>11.5</b>	<b>OPPSUMMERING AV TILTAKSPAKKER</b>	<b>133</b>
<b>12</b>	<b>DISKUSJON</b>	<b>134</b>
<b>12.1</b>	<b>TILTAKSPAKKER – PASSIVHUS</b>	<b>134</b>
12.1.1	VARMETAP	134
12.1.2	ENERGIFORSYNING	137
12.1.3	KOMFORT	138
12.1.4	ØKONOMI	139
<b>12.2</b>	<b>TILTAKSPAKKER – NULLHUS</b>	<b>140</b>
12.2.1	VARMETAP	140
12.2.2	ENERGIFORSYNING OG PRODUSERT ENERGI	141
12.2.3	KLIMANØYTRALITET	142
12.2.4	KOMFORT	143



12.2.5	ØKONOMI	143
<b>12.3</b>	<b>KLIMASAMMENLIGNING</b>	<b>144</b>
<b>12.4</b>	<b>SALGSAREAL</b>	<b>144</b>
<b>12.5</b>	<b>FEILKILDER</b>	<b>146</b>
12.5.1	GEOMETRI	146
12.5.2	FORENKLINGER	146
12.5.3	ENERGISIMULERING I SIMIEN	146
12.5.4	PRISER	147
12.5.5	ØKONOMI	148
12.5.6	KLIMAGASSBEREGNINGER	148
<b>12.6</b>	<b>PASSIVHUS – NS3700:2010 FULLKOMMEN?</b>	<b>149</b>
<b>12.7</b>	<b>NULLHUS – HVILKE KRAV?</b>	<b>151</b>
<b>12.8</b>	<b>MARKED FOR KJØPER ELLER UTBYGGER?</b>	<b>152</b>
<b>12.9</b>	<b>HELSE OG BOMILJØ</b>	<b>153</b>
<b>13</b>	<b>KONKLUSJON</b>	<b>154</b>
<b>14</b>	<b>VIDERE ARBEID</b>	<b>155</b>
<b>14.1</b>	<b>POLITIKK FOR NULLENERGIHUS - ET REALISTISK MÅL I 2020?</b>	<b>155</b>
<b>14.2</b>	<b>ENERGILEVERING I FREMTIDEN</b>	<b>156</b>
<b>15</b>	<b>REFERANSER</b>	<b>157</b>
<b>16</b>	<b>TRYKT VEDLEGGSLISTE</b>	<b>161</b>
<b>17</b>	<b>ELEKTRONISK VEDLEGGSLISTE</b>	<b>161</b>

## FIGURLISTE:

Figur 1: Illustrasjon av et byggs varmebehovet [Veiledningen til TEK10 §14,7]	22
Figur 2: Resultatet av en energimerking [energimerking.no]	27
Figur 3: Oppbygningen av et høyisolert glass og hvordan varme/lysstrålingen går gjennom vinduet [BKS: 571.954]	34
Figur 4: Innvirkningen av fasadetykkelsen på dagslysfaktoren [Barbara Matusiak]	35
Figur 5: Faktorer som påvirker soltilskudd i boligen [BKS: 222.220]	36
Figur 6: Prinsippskisse av en (vann til vann) varmepumpe [BKS: 552.403]	38
Figur 7: Prinsippskisse av energibrønn med lukket kollektor [ngu.no]	39
Figur 8: Strålingen iløpet av en dag mot en horisontal flate ["Fornybar energi 2007"]	41
Figur 9: Oppbyggingen av en plan solfanger [BKS: 552.455]	42
Figur 10: Prinsippskisse av et standard solvarmeanlegg [BKS: 552.455]	43
Figur 11: Solcellepanel i et nettilknyttet anlegg [www.theengineer.co.uk]	44
Figur 12: Vindturbiner til mindre anlegg. [www.uk.all.biz]	45
Figur 13: Varmegjenvinnig av gråvann [www.osohotwater.no]	46
Figur 14: Prinsipp for en varmegjenvinner [BKS: 552.340]	48
Figur 15: Årsmiddelnedbør, årsmiddeltemperatur og Köppens klimasoner [www.met.no]	50
Figur 16: Hvordan vindutsetningen på en bolig kan reduseres ved hjelp av andre elementer på tomten [BKS: 222.220]	51
Figur 17: Modellstrukturen i www.klimagassregnskap.no	57
Figur 18: Illustrasjon av prosjektet i Trestakkveien [www.blockwatne.no]	59
Figur 19: Plantegninger av én leilighet [www.blockwatne.no]	60
Figur 20: Tomten der Trestakkveien er bygget [www.blockwatne.no]	61
Figur 21: Grafisk fremstilling av totalt netto nergibehov, levert energi til bygningen og varmetapsbudsjett	67
Figur 22: Utslipp og klimanytte - klimagassberegning	70
Figur 23: Prinsipp for veggoppbygning for alle veggtiltakene	71
Figur 24: Vindusinnsetting som reduserer normalisert kuldebroverdi [BKS: 471.017]	74
Figur 25: Dobbel vindtetting er et av tiltakene for å bedre lekkasjetallet [Unikus/Nordbohus]	76
Figur 26: Pelletskamin Edge60 [Peisselskabet.no]	77
Figur 27: Vedpeisen Vision Line C36 [Peisselskabet.no]	78
Figur 28: Pelletskjel og pelletssilo fra Huse Biovarme [www.husebiovarme.no]	78
Figur 29: Prinsippskisse for pelletsanlegget [www.husebiovarme.no]	79
Figur 30: Aventa Solars solfangeranlegg på sydveggen	80
Figur 31: Sammenhengen mellom varmebehov, solenergi og kjøpt energi	81
Figur 32: Vaillants prinsippskisse for solfangeranlegg på sydveggen	82
Figur 33: Vaillants illustrasjon på hva solfangeranlegget kan levere av totalt energibehov	82
Figur 34: Solcellepanel på tak [britsolar.com]	84
Figur 35: Modellen til bergvarme, Vaillant VWS 220 varmepumpe [www.vaillant.no]	85

Figur 36: Prinsipp for Miljødusj [Norsk Varehandel]	87
Figur 37: Block Watnes passivhus [www.blockwatne.no]	89
Figur 38: Illustrasjon av hvordan tiltaket passiv solavskjerming [Løve, 2012]	89
Figur 39: Utvendig persienne President 50 [www.norsol.no]	90
Figur 40: Illustrasjon og mål på aggregatet Spirit uni3 [Flexit, 2012]	92
Figur 41: Gjennomsnittlig dagslysfaktor – gjesterom.	94
Figur 42: Gjennomsnittlig dagslysfaktor – soverom 2.etasje.	95
Figur 43: Gjennomsnittlig dagslysfaktor - stue	96
Figur 44: Temperaturen over døgnet i dimensjonerende sone for passivhus i Sørumsund	107
Figur 45: Temperaturen over døgnet i oppholdssonen for passivhus i Sørumsund	107
Figur 46: Temperaturen over døgnet i dimensjonerende sone for passivhus i Sola	113
Figur 47: Temperaturen over døgnet i oppholdssonen for passivhus i Sola	113
Figur 48: Temperaturen over døgnet dimensjonerende sone for et nullhus i Sørumsund	119
Figur 49: Temperaturen over døgnet i oppholdssonen for et nullhus i Sørumsund	119
Figur 50: Utslipp og klimanytte – klimagassberegning, nullhus i Sørumsund	124
Figur 51: Temperaturen over døgnet i den dimensjonerende sonen for et nullhus i Sola	127
Figur 52: Temperaturen over døgnet i oppholdssonen til et nullhus i Sola	127
Figur 53: Utslipp og klimanytte – Klimagassberegning, nullhus i Sola	132

## TABELLISTE:

Tabell 1: Viser de ulike klassene av tiltak og hvilke krav det er satt til de. Tabellen er gjengitt fra TEK10, §14-3.	19
Tabell 2: Energirammer for ulike bygningstyper basert på beregnet samlet netto energibehov.	20
Tabell 3: Minstekrav for varmegjennomgang og tetthet for både tiltaks- og rammemodellen [TEK10 §14-5]	21
Tabell 4: Forholdet mellom de vanligste U-verdiene på vinduer og hva dette utgjør for hvor mye glass man kan ha etter TEK10 sitt minstekrav i §14.5	22
Tabell 5: Krav til varmetapstall i passivhus [tabell 2 i NS 3700]	24
Tabell 6: Krav til høyeste beregnede netto energibehov til oppvarming [Tabell 3 NS 3700]	24
Tabell 7: Minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall i passivhus [tabell 5 i NS 3700]	25
Tabell 8: Hvilke vanlige kombinasjoner av varmekilder som vil gi de ulike fargene (karakterene) i energimerket [energimerking.no]	28
Tabell 9: Endringer av solinnstråling på en plan solfanger sett i forhold til det optimale (sør, med en vinkel på 45°) [BKS: 552.455]	42
Tabell 10: Hvordan varmetapet på boliger blir redusert ved å redusere overflatearealet [BKS: 222.220]	50
Tabell 11: Klimadata fra simuleringsprogrammet Simien sin egen database [Simien]	62
Tabell 12: Sammenstilling av klimadata på de to tomtene [Meteorologisk institutt]	63
Tabell 13: Tiltak som skal simuleres	65
Tabell 14: Arealer og egenskaper på Trestakkveien slik det er bygget.	66
Tabell 15: Energibudsjetten til det eksisterende bygget i Trestakkveien	67
Tabell 16: Beregnet årlig klimagassutslipp av eksisterende bygg i Trestakkveien	68
Tabell 17: Beregnede utslipp fra rivingsfasen	69
Tabell 18: Utslipp og klimanytte – Klimagassberegning, eksisterende bygg	70
Tabell 19: Utrekning av normalisert kuldebroverdi etter tiltak 10.1.6 – I	75
Tabell 20: Energivirking av "Tiltak og besparelser" i Sørums kommuner	98
Tabell 21: Energivirkning av "Energiforsyninger" i Sørums kommuner	99
Tabell 22: Energivirking av "Tiltak og besparelser" i Sola kommuner	100
Tabell 23: Energivirkning av "Energiforsyninger" i Sola kommuner	101
Tabell 24: Økonomi på investeringstidspunkt for alle tiltak	102
Tabell 25: Økonomi i driftsfase for alle tiltak	103
Tabell 26: Økonomi i løpet av livsløpet for alle tiltak	104
Tabell 27: Tiltakspakke - Passivhus, sørums kommuner	105
Tabell 28: Beregnede Varmetapstall for passivhus i Sørums kommuner	106
Tabell 29: Beregnet Kjølebehov etter lokalt klima for passivhus i Sørums kommuner	106
Tabell 30: Beregnet oppvarmingsbehov etter klima og energiforsyning for passivhus i Sørums kommuner	108
Tabell 31: Minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall for passivhus i Sørums kommuner	108

Tabell 32: Beregnet årlig utslipp av karbondioksid for passivhus i Sørumsund	108
Tabell 33: Beregnet årlig energibudsjett for et passivhus i Sørumsund	109
Tabell 34: Beregnet Levert energi til et passivhus i Sørumsund	109
Tabell 35: Beregnet dekningsgrad ved installert effekt	110
Tabell 36: Tiltakspakke - Passivhus, Sola	111
Tabell 37: Beregnede Varmetapstall for passivhus i Sola	112
Tabell 38: Beregnet Kjølebehov etter lokalt klima for passivhus i Sola	112
Tabell 39: Beregnet oppvarmingsbehov etter klima og energiforsyning for passivhus i Sola	114
Tabell 40: Opptredende verdier (og minstekrav) til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall for passivhus i Sola	114
Tabell 41: Beregnet årlig utslipp av karbondioksid for passivhus i Sørumsund	114
Tabell 42: Beregnet årlig energibudsjett for et passivhus i Sola	115
Tabell 43: Beregnet Levert energi til et passivhus i Sola	115
Tabell 44: Beregnet dekningsgrad ved installert effekt for passivhus i Sola	116
Tabell 45: Tiltakspakke - Nullhus, Sørumsund	117
Tabell 46: Beregnede Varmetapstall for et nullhus i Sørumsund	118
Tabell 47: Beregnede termiske forhold for et nullhus i Sørumsund	118
Tabell 48: Beregnet oppvarmingsbehov etter klima og energiforsyning for et nullhus i Sørumsund	120
Tabell 49: Opptredende verdier (og minstekrav) til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall for et nullhus i Sørumsund	120
Tabell 50: Beregnet produsert energi og årlig besparelse av CO <sub>2</sub> for et nullhus i Sørumsund	121
Tabell 51: Beregnet årlig energibudsjett for et nullhus i Sørumsund	121
Tabell 52: Beregnet årlig levert energi til et nullhus i Sørumsund	122
Tabell 53: Beregnet dekningsgrad ved installert effekt i et nullhus i Sørumsund	122
Tabell 54: Utslipp og klimanytte – Klimagassberegning, nullhus i Sørumsund	123
Tabell 55: Tiltakspakke - Nullhus, Sola	125
Tabell 56: Beregnede varmetapstall for et nullhus i Sola	126
Tabell 57: Beregnede termiske forhold for et nullhus i Sola	126
Tabell 58: Beregnet oppvarmingsbehov for et nullhus i Sola	128
Tabell 59: Opptredende verdier (og minstekrav) til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall for et nullhus i Sola	128
Tabell 60: Beregnet årlig produsert energi og besparelse av CO <sub>2</sub> for et nullhus i Sola	129
Tabell 61: Beregnet årlig energibudsjett for et nullhus i Sola	129
Tabell 62: Beregnet levert energi til et nullhus i Sola	130
Tabell 63: Beregnet dekningsgrad ved installert effekt i et nullhus i Sola	130
Tabell 64: Utslipp og klimanytte – Klimagassberegning, nullhus i Sola	131
Tabell 65: Tiltakspakker – Passivhus og nullhus	133
Tabell 66: Endring i Bruksareal (BRA) etter endring av veggykkelse og felles teknisk rom i Trestakkveien	145

## 1 PROBLEMSTILLING

Denne oppgavens primære mål er å finne en samling av tiltak som sammen kunne blitt brukt i Block Watnes prosjekt i Trestakkveien i Sørums kommun, slik at denne bygningen kunne oppnådd passivhus- og nullhusstandard. Videre skal oppgaven vurdere alternative tiltak, og tiltakspakkene skal velges ut fra et realistisk og økonomisk grunnlag. Block Watne skal fra denne oppgaven innhente tilleggs kostnad per m<sup>2</sup> BRA for å oppnå passivhus- og nullhusstandard i forhold til det eksisterende prosjektet som er bygget etter TEK07. Resultater skal fremskaffes for den reelle lokaliteten i Sørums kommun og for en tenkt tomt i Sola kommun for å belyse tiltakenes effekt i ulike klimaer.

## 2 INNLEDNING

### 2.1 BAKGRUNN

Denne oppgaven retter fokus mot det kanskje heteste temaet i norsk bygningspolitikk. Energibruk i bygninger utgjør i Norge ca. 40% av det totale energiforbruket [1]. Siden sparepotensialet er opp i mot 20% er dette noe hele bransjen må forholde seg til, og i tillegg blir alle utenfor byggebransjen enten direkte eller indirekte berørt. Som en følge av det økte fokuset mot hvordan vi disponerer energien i byggene har det de siste årene dukket opp nye begreper knyttet til boligbygging. Det første passivhuset ble bygd i Norge i 2007 [2], og siden dette har også begrepene nullhus og plusshus blitt en del av bransjens og politikernes vokabular.

Opgaven er skrevet i samarbeid med Block Watne, som er et selskap i BWG Homes ASA. Block Watne har bygget boliger siden 1950-tallet og har vært med på å sette standarden for norske hus og boligområder [3]. Block Watne er den største av de frittstående boligutviklerne i landet og vil utvikle bransjen videre og være fremtidsrettede. De har derfor utviklet og bygget sine første passivhus. Denne oppgaven ønsker å belyse mulighetene og merkostnadene ved å oppnå passivhus- og nullhusstandard i et typisk rekkehus som de har bygget.

På grunn av de siste års fokusering på energieffektive bygg har det flere ganger kommet endringer i regelverket. Det kom både i 2007 og 2010 nye tekniske forskrifter som alle nybygg skal følge. I 2010 ble det i tillegg utgitt en standard, NS3700, som angir kriterier til passivhus som boligbygg. På grunnlag av denne standarden er en tilsvarende standard for yrkesbygg ute til høring i 2012, og myndighetenes arbeid vil garantert fortsette i fremtiden. Den 25.04.12 presenterte regjeringen en ny klimamelding der det settes mål om at alle nybygg bygges som passivhus innen 2015 og som nesten nullenergibygget innen 2020. Fremtidens byggebransje i Norge vil uten tvil være preget av energieffektive løsninger, så derfor er oppgavens tematikk svært aktuell.

### 2.2 AVGRENSINGER

Opgavens tema er stort, og problemstillingen i seg selv gir grunnlag for brede undersøkelser. Det er derfor viktig å definere konkrete avgrensinger før utarbeidelsen av denne oppgaven.

Sakstudiet i oppgaven er basert på det oppførte rekkehuset Trestakkveien i Sørums kommun, som er beskrevet i kapittel 7. Det er i Block Watnes interesse å bruke den

eksisterende arkitekturen og tomten som premisser for oppgavens arbeid. Dette betyr at tiltak som skal evalueres skal ha minimal arkitektonisk innvirkning når det gjelder byggets geometri, og bygget skal ligge der det er bygd og orientert slik det faktisk er. Grunnen til dette er at oppgaven ønsker å finne ut hvordan akkurat slike prosjekt kan løses for å tilfredsstille de målene som er nevnt i problemstillingen. Dette er et typisk prosjekt for Block Watne, og de kan ikke tilpasse tomt, orientering og arkitektur i alle tilfeller. Når det gjelder den hypotetiske tomten i Sola kommune, så vil det simuleres med samme orientering som i Sørums kommuner.

Det er gjort et utvalg av tiltak som påvirker energiytelsen i bygninger, men det er langt flere muligheter enn de som er belyst i denne oppgaven. Utvalget er basert på kunnskap opparbeidet gjennom en femårig høyere utdanning innen byggfag, antagelser basert på egnethet til det aktuelle sakstudiet samt rådgøring med teknisk sjef i Block Watne, Sverre Kirkevold. De veggtypene som er definert som alternative løsninger er ikke evaluert i forhold til fukttegenskaper, men det er undersøkt varmegjennomgangsegenskaper. Kuldebroverdiberegningene er gjort etter forenkede prinsipper, da dette er et stort emne i seg selv. Det er ikke gjort tiltak knyttet til brukerstyring av komponenter i boligen, selv om slike tiltak som gjøres av den enkelte beboer kan ha stor påvirkning på det totale energiforbruket. Dette er mulig å påvirke i simuleringsprogrammet som er brukt i oppgaven, men skal man karakterisere et hus som passivhus må det brukes de samme forutsetninger som gitt i forskriftene.

Selv om det er det energimessige som er viet størst fokus, er også økonomi en viktig del av denne oppgaven. Block Watne er utbygger av boliger, og samtidig som de vil bygge med god kvalitet for å ivareta sitt gode rykte, ønsker de også å vite merkostnaden ved å bygge med en høyere standard. Merkostnad per m<sup>2</sup> er altså oppgavens økonomiske resultat. Dette er evaluert for merkostnad for utbygger i byggefasen, men i tillegg reinvesteringer på tiltakene som beboer må gjøre knyttet til vedlikehold og utgått levetid. Man kan ikke si at oppgaven omfatter begrepet lønnsomhet, siden det er merkostnad per m<sup>2</sup> som er resultatet. Noen av tiltakene krever mer driftsmidler enn andre i form av elektrisitet eller andre driftsutgifter, så dette måtte vært med i betraktningene hvis sammenligning av lønnsomhet var oppgavens mål. Et annet moment knyttet til lønnsomhet er utbyggers tapte eller vunnede areal som følge av noen av tiltakene. Dersom tomteutnyttelsen er høy, vil tykkere vegger føre til tapt salgbar areal, mens andre veggtyper fører til det motsatte. Dette er ikke tatt hensyn til i prisene som beskriver merkostnad per m<sup>2</sup>.



## 2.3 OPPGAVENS OPPBYGNING

Denne masteroppgaven er delt inn i fem hoveddeler og består av innledning, teoridel, metode, resultatdel og evaluering av resultater (diskusjon). I innledningen omhandles oppgavens tematikk, omfang og problemstilling slik at leser ved å lese dette forstår oppgavens formål. Teoridelen er delt inn i ulike kapitler om dagens krav til energi i bygninger, parametere som påvirker energiytelsen og økonomi. I kapitlene om metode omhandles verktøyene som er brukt i oppgaven og sakstudiet, Trestakkveien, som danner grunnlaget for oppgaven. Deretter kommer det resultater der ulike tiltak er tilpasset Trestakkveien og videre simuleringsresultater av hvert enkelt tiltak. Tiltakspakkene som skal være forslag til å oppnå målsetningen kommer i kapitlet etter, og dette blir etterfulgt av evaluering av resultatene. Her blir emne for emne diskutert før oppgavens konklusjon blir presentert.

Figurer og tabeller er merket med nummer, og en sammenstilling av disse finnes etter innholdsfortegnelsen. Referanseliste og vedlegg finnes i de siste to kapitlene. Referanser er merket med klammer [], der nummeret inne i klammen representerer tilvarende nummer i referanselisten, der kilden er utfyllende beskrevet.

## 3 TEORI - KRAV TIL ENERGI- OG MILJØYTELSER I BYGG

### 3.1 BYGGEREGLER I NORGE

I Norge gjelder Plan og Bygningsloven (PBL), som setter krav til byggeprosessen og den ferdige bygningen. Loven skal regulere forholdet mellom kommunen og den som søker om byggetillatelse og angir krav til ansvarsrett. Byggeteknisk forskrift (kalt TEK) er gitt som en utfylling og konkretisering av PBL og skal *"sikre at tiltak planlegges, prosjekteres og utføres ut fra hensyn til god visuell kvalitet, universell utforming og slik at tiltaket oppfyller tekniske krav til sikkerhet, miljø, helse og energi"* [4]. Gjeldende TEK trådte i kraft 1.juli 2010. Den forrige versjonen fra 2007 kunne benyttes for påbegynte prosjekter i en overgangsfase frem til 1.juli 2011. I tillegg til TEK finnes en oppdatert veiledning som illustrerer hvordan kravene gitt av TEK kan oppnås.

Siden TEK er funksjonsbasert må man dokumentere at nye bygg og konstruksjoner blir bygget i samsvar med dette. *"Oppfyllelse av ytelser kan verifiseres ved bruk av metoder i samsvar med Norsk Standard eller likeverdig standard"* [5]. Bygg konstruert etter gjeldende Norske standard, eller Eurocode med norsk anneks, vil derfor være innenfor TEK sine krav. Preaksepterte løsninger gitt i Byggforskserien fra SINTEF tilfredsstillende dette.

### 3.2 ENERGIKRAV I TEKNISK FORSKRIFT

TEK stiller krav til både energieffektivitet og energiforsyning. TEK10 bruker prinsippene fra TEK07, men har noen skjerpede krav. Det er to hovedprinsipper å dokumentere at bygget tilfredsstillende kravene til energieffektivitet på; tiltaks- og energirammemetoden. Det blir skilt mellom bygg til boligformål og andre bygg. Der kravene er gitt etter bygningstype blir eneboliger, to- til firemannsbolig, rekkehus og kjedehus omtalt som småhus.

#### 3.2.1 ENERGILTAK

For å tilfredsstillende kravene til energiltak må bygget oppfylle flere enkelttiltak. Tiltakene er delt inn i klassene transmisjonsvarmetap, infiltrasjons- og ventilasjonsvarmetap, og øvrige tiltak (se tabell 1). Det er mulig å omgå noen av tiltakene, men man må da øke andre tiltak, slik at det samlede varmetapet ikke økes. Dette spesifikke varmetapet for bygget kalles varmetapstall [6]. Varmetapstallet er varmetransportkoeffisienten for transmisjon, infiltrasjon og ventilasjon dividert på oppvarmet del av BRA, og er gitt ved

$W/m^2$  pr.K [7]. Boligbygg kan omfordele varmetapet gjennom vindusareal, tak/vegger/gulv, infiltrasjon og varmegjenvinneren sin årsvirkningsgrad. Andre bygg kan kun omfordele tiltak knyttet til varmetapet.

**TABELL 1: VISER DE ULIKE KLASSENE AV TILTAK OG HVILKE KRAV DET ER SATT TIL DE. TABELLEN ER GJENGITT FRA TEK10, §14-3.**

<p><b>§ 14-3. Energiltak</b></p> <p>a) Transmisjonsvarmetap:</p> <p>Andel vindus- og dørareal <math>\leq 20</math> % av oppvarmet BRA</p> <p>U-verdi yttervegg <math>\leq 0,18 W/(m^2 K)</math></p> <p>U-verdi tak <math>\leq 0,13 W/(m^2 K)</math></p> <p>U-verdi gulv <math>\leq 0,15 W/(m^2 K)</math></p> <p>U-verdi glass/vindu/dør inkludert karm/ramme <math>\leq 1,2 W/(m^2 K)</math></p> <p>Normalisert kuldebroverdi, der <math>m^2</math> angis i oppvarmet BRA:</p> <p style="padding-left: 40px;">småhus <math>\leq 0,03 W/(m^2 K)</math></p> <p style="padding-left: 40px;">øvrige bygninger <math>\leq 0,06 W/(m^2 K)</math>.</p> <p>b) Infiltrasjons- og ventilasjonsvarmetap:</p> <p>Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell:</p> <p style="padding-left: 40px;">småhus <math>\leq 2,5</math> luftvekslinger pr. time</p> <p style="padding-left: 40px;">øvrige bygninger <math>\leq 1,5</math> luftvekslinger pr. time.</p> <p>Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg:</p> <p style="padding-left: 40px;">boligbygning, samt arealer der varmegjenvinning medfører risiko for spredning av forurensning/smitte <math>\geq 70</math> %</p> <p style="padding-left: 40px;">øvrige bygninger og arealer <math>\geq 80</math> %.</p> <p>c) Øvrige tiltak:</p> <p>Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg (SFP):</p> <p style="padding-left: 40px;">boligbygning <math>\leq 2,5 kW/(m^3 /s)</math></p> <p style="padding-left: 40px;">øvrige bygninger <math>\leq 2,0 kW/(m^3 /s)</math></p> <p>Mulighet for natt- og helgesenking av innetemperatur</p> <p>Tiltak som eliminerer bygningens behov for lokal kjøling.</p>
---

### 3.2.2 ENERGIRAMME

Den andre måten å tilfredsstillere kravene til energieffektivitet på er energirammemetoden. Man må da gjøre en fullstendig energisimulering etter NS3031:2007 "Beregning av bygningers energiytelse – Metode og Data" for å fastlegge energiytelser etter energirammeprinsippet. Energirammekravet avhenger av

bygningstype, og oppgir en maksimalverdi for *samlet netto energibehov*, oppgitt i kWh/m<sup>2</sup> oppvarmet BRA per år, se tabell 2. TEK10 §14.4 og har også med verdiene fra TEK07 som sammenligningsgrunnlag. Tallene i parentes er alternative krav som gjelder for bygg der krav om begrenset forurensing/bakteriell smitte overstyrer energimessige krav til varmegjenvinneren. Det samlede netto energibehovet tar med alle energipostene som ordinær bruk av bygget vil gi [6]. Standardverdier for referanseklime, energitilskudd fra solen, energi til ventilasjonsanlegg, oppvarming og brukerstyrte poster må benyttes og er gitt i vedlegg A1 til NS3031. Verdiene ble revidert i 2011 og flere av verdiene, særlig til belysning, ble senket fordi bruken av mer energigjerrig belysning har økt.

TABELL 2: ENERGIHAMMER FOR ULIKE BYGNINGSTYPER BASERT PÅ BEREGNET SAMLET NETTO ENERGI BEHOV.

Bygningskategori	Totalt netto energibehov	
	TEK10 [kWh/m <sup>2</sup> oppvarmet BRA pr. år]	TEK07
<b>Småhus, samt fritidsbolig over 150 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA</b>	120 + 1600/m <sup>2</sup> oppvarmet BRA	125+1600/m <sup>2</sup> oppvarmet BRA
<b>Boligblokk</b>	115	120
<b>Barnehage</b>	140	150
<b>Kontorbygning</b>	150	165
<b>Skolebygning</b>	120	135
<b>Universitet/høyskole</b>	160	180
<b>Sykehus</b>	300 (335)	325
<b>Sykehjem</b>	215 (250)	235
<b>Hotell</b>	220	240
<b>Idrettsbygning</b>	170	185
<b>Forretningsbygning</b>	210	235
<b>Kulturbygning</b>	165	180
<b>Lett industri/verksteder</b>	175 (190)	185

Ved beregning av et byggs samlede netto energibehov vil geometri, orientering og vindusplassering spille inn. En optimalisert bygningskropp med mye vindusareal mot sør, der varmetilskuddet fra solen er størst, vil derfor virke positivt på samlet netto energibehov.

### 3.2.3 MINSTEKRAV

Uansett hvilken modell man velger må man følge gitte minstekrav, slik at man hindrer ujevn kvalitet i byggene. Det er krav til tetthet og varmegjennomgang, gitt i tabell 3. I tillegg stilles det krav til at rør og komponenter som brukes til varmedistribusjonsnettene isoleres.

**TABELL 3: MINSTEKRAV FOR VARMEGJENNOMGANG OG TETTHET FOR BÅDE TILTAKS- OG RAMMEMODELLEN [TEK10 §14-5]**

Konstruksjonsdel	Krav	Type	Enhet
Yttervegg	$\leq 0,22$	U-verdi	[W/(m <sup>2</sup> K)]
Tak	$\leq 0,18$	U-verdi	[W/(m <sup>2</sup> K)]
Gulv på grunn og mot det fri	$\leq 0,18$	U-verdi	[W/(m <sup>2</sup> K)]
Vindu og dør (inkludert karm/ramme)	$\leq 1,6$	U-verdi	[W/(m <sup>2</sup> K)]
Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell	$\leq 3,0$	Luftveksling pr. time	[stk]

Bygg som ikke er småhus har også flere krav knyttet til vinduene. Dersom det ikke er dokumentert at bygget ikke har behov for kjøling, stilles det krav til solfaktoren ( $g_i$ ) på vinduer, som da må være mindre enn 0,15 på de solbelastede fasadene. En solbelastet fasade ligger i følge veiledningen til TEK10 mellom nord/øst (45°) og nord/vest (315°). Solavskjermingen kan oppnås ved å montere persiener eller med belegg på vinduene.

Det stilles også krav til sammenhengen mellom vinduenes energiegenskaper og tillatt vindusareal, gitt i prosent av oppvarmet BRA. Dette formuleres ved å dividere 0,24 på vinduenes U-verdi, inkludert karm/ramme. Dette vil gi 20 prosent vindusareal av oppvarmet BRA for vanlige vinduer med en U-verdi på 1,2 W/m<sup>2</sup> pr.K. Virkningene av kravet er illustrert i tabell 4.

**TABELL 4: FORHOLDET MELLOM DE VANLIGSTE U-VERDIENE PÅ VINDUER OG HVA DETTE UTGJØR FOR HVOR MYE GLASS MAN KAN HA ETTER TEK10 SITT MINSTEKRAV I §14.5**

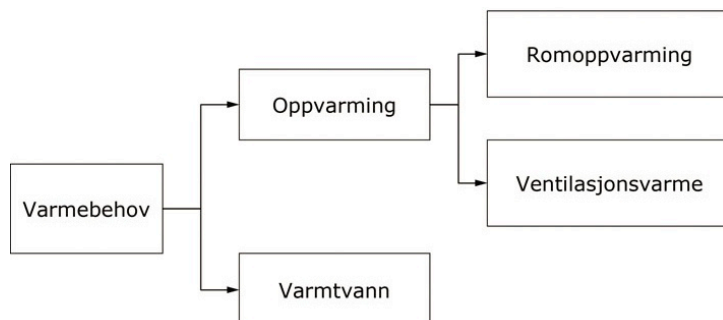
U-verdi	Forholdstall fra TEK10	Glassandel i % av oppvarmet BRA
1,6	0,24	0,15
1,4	0,24	0,17
1,2	0,24	0,20
1	0,24	0,24
0,8	0,24	0,30

### 3.2.4 UNNTAK FRA REGLENE

Kravene til energi kan fravikes i noen tilfeller. Dette gjelder i hovedsak bygg med spesiell bruk, uheldig geometri eller dersom de går ut over bevaring av kulturminner. Det er reduserte krav for bygg under 30m<sup>2</sup>, fritidsboliger med 50m<sup>2</sup> til 150m<sup>2</sup> oppvarmet BRA, samt større fritidsboliger med kun én boenhet. De trenger bare å holde seg innenfor minstekravene gitt i tabell 3. Laftede bygg har også egne energikrav, gitt i TEK10 §14.6.

### 3.2.5 ENERGIFORSYNING

Varmebehovet i et bygg (illustrert i figur 1) kan deles opp i grunnlast og spisslaster. Grunnlasten er den effekten som må til for å dekke størsteparten av varmebehovet. Det er ofte uøkonomisk å ha en energiforsyning som er dimensjonert for hele varmebehovet. Det kan istedenfor være billigere å ha én energiforsyning som klarer denne grunnlasten, og en annen til å ta den øvrige effekten som trengs på de kaldeste dagene. Avhengig av klimaet og varmesystemet vil grunnlasten ligge mellom 70-90% av bygningens varmebehov [6].



**FIGUR 1: ILLUSTRASJON AV ET BYGGS VARMEBEHOVET [VEILEDNINGEN TIL TEK10 §14,7]**

Det er ikke tillatt å installere oljekjel i nye bygg eller ved hovedombygging av et bygg. Der kommunen har tilknytningsplikt til fjernvarmeanlegg må boligens varmesystem bygges slik at fjernvarmen kan brukes til å dekke varmebehovet. TEK10 stiller også krav til at over 40 prosent (60 prosent for bygg større enn 500m<sup>2</sup> oppvarmet BRA) av bygningens netto varmebehov skal dekkes med en annen forsyning enn fossile brensler eller direkte elektrisitet hos sluttbruker [8]. Netto varmebehov beregnes etter NS3031:2007 "*Beregning av bygningers energiytelse – Metode og Data*" og har fratrukket for den varmen som elektrisk utstyr og solen tilfører bygningen. Elektrisk energi til drift av varmepumper er ikke definert som direkte elektrisitet.

For å klare kravet om 40- eller 60 prosent brukes ofte varmepumper, solfangere, fjernvarme, vedovn, pelletsovn, biokjel eller biogass [6]. Dersom man kan dokumentere at naturforhold gjør det praktisk umulig å følge kravet, kan det fravikes. Dette gjelder også boligbygg som har et netto varmebehov under 15 000 kWh/år eller kravet fører til merkostnader over bygningens livsløp. Se kapittel 10.9 for beregninger av investeringskostnader. Dersom man unnviker kravet, må boenheter over 50m<sup>2</sup> oppvarmet BRA som ikke er bygget etter passivhusstandarden ha skorstein og lukket ildsted for bruk av biobrensel.

### 3.3 PASSIVHUS

#### 3.3.1 KONSEPT

Som begrepet antyder så vil det i passivhus tas i bruk passive tiltak for å skape et energieffektivt bygg. De passive tiltakene skal ha lang levetid, og et passivhus må ses på som en langsiktig investering. Netto oppvarmingsbehov skal reduseres ved å stille strengere krav til U-verdi i vegger, tak og gulv. I tillegg skal det være mindre kuldebroer og luftlekkasje enn i et bygg etter dagens forskrift, TEK10. Andre passive tiltak som brukes er å utnytte solenergien og gjenvinne varmen fra brukt luft [9].

#### 3.3.2 NS 3700:2010 KRITERIER FOR PASSIVHUS OG LAVENERGIHUS, BOLIGBYGNINGER

Begrepet passivhus har blitt brukt i flere år og ble opprinnelig lansert av Passivhusinstituttet i Tyskland [10]. I Norge var det lenge forvirring rundt begrepet og det var ikke entydig definert. Forskjeller knyttet til klima og byggeskikk gjør at passivhus nødvendigvis ikke kan defineres internasjonalt. Myndighetene ønsker å tilskynde energieffektive løsninger, og offentlig tilskudd blir gitt til prosjekter med fokus på lavt energiforbruk. Derfor utgav Standard Norge i 2010 NS3700 som inneholder kriterier for passivhus og lavenergihus for boligbygninger. De tre nivåene lavenergiklasse 1 og 2 og passivhus defineres, og beregningsgrunnlaget er utført av

SINTEF Byggforsk og Boligprodusentene [9].

Det settes i standardens kapittel 4.1 krav om et maksimalt varmetapstall ( $H''$ ). Varmetapstallet regnes ut etter NS 3031 – *Beregning av bygningers energiytelse*, og er varmetransportkoeffisienten for transmisjon, infiltrasjon og ventilasjon dividert på totalt oppvarmet bruksareal (BRA). Tabell 5 viser kravene til varmetapstall i boliger bygget som passivhus.

Jamfør kapittel 4.2 i standarden skal passivhus utformes *”slik at termisk komfort oppnås uten mekanisk kjøling av romluft og/eller tilluft ved hjelp av kjølemaskiner ved lokalt klima og de skjermingsforhold som er aktuelle for boligens plassering”*[10]. Dette betyr at det ikke kan brukes kjølebatterier eller andre installasjoner. Som en merknad til dette er det lov med passiv frikjøling for å beholde termisk komfort eller for å redusere netto kjølebehov.

TABELL 5: KRAV TIL VARMETAPSTALL I PASSIVHUS [TABELL 2 I NS 3700]

Varmetapstall			
Størrelse	$A_{fl} < 100 \text{ m}^2$	$100 \text{ m}^2 < A_{fl} < 250 \text{ m}^2$	$A_{fl} > 250 \text{ m}^2$
Passivhus	0,60	0,55	0,50
$A_{fl}$ = oppvarmet BRA			

Kapittel 4.3 i NS 3700 angir krav til oppvarmingsbehov, som omfatter både varme fra ventilasjonsanlegget og den tradisjonelle romoppvarmingen. Tabell 6 viser kravene til høyeste beregnede netto energibehov til oppvarming.

TABELL 6: KRAV TIL HØYESTE BEREGNEDE NETTO ENERGIBEHOV TIL OPPVARMING [TABELL 3 NS 3700]

Årsmiddeltemperatur $\Theta_{ym}$	Høyeste beregnede netto energibehov til oppvarming kWh/(m <sup>2</sup> ·år)	
	$A_{fl} < 250 \text{ m}^2$	$A_{fl} > 250 \text{ m}^2$
> 6,3 °C	$15 + 5,4 \times \frac{(250 - A_{fl})}{100}$	15
< 6,3 °C	$15 + 5,4 \times \frac{(250 - A_{fl})}{100}$ $+ (2,1 + 0,59 \times \frac{(250 - A_{fl})}{100}) \times (6,3 - \Theta_{ym})$	$15 + 2,1 \times (6,3 - \Theta_{ym})$
$A_{fl}$ = oppvarmet BRA		



I kapittel 4.4 i standarden settes kravene til energiforsyning. Det heter at "varmesystemet i vesentlig grad kan benytte andre energivarer enn elektriske og fossile brensler" [10]. Dette betyr at man uten unntak må ha andre energikilder enn elektrisitet, olje, kull og gass.

Videre står det "Beregnet mengde levert elektrisk og fossil energi skal være mindre enn totalt netto energibehov fratrukket 50 % av netto energibehov til varmtvann, som vist i ligning (1)" [10].

Jamfør kravene i TEK10 til minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall er det i passivhus stilt tilsvarende krav som skal dokumenteres etter reglene gitt i NS 3031. Tabell 7 viser kravene til passivhus.

**TABELL 7: MINSTEKRAV TIL BYGNINGSDELER, KOMPONENTER OG LEKKASJETALL I PASSIVHUS [TABELL 5 I NS 3700]**

<b>Egenskap</b>	<b>Krav</b>
<b>U-verdi yttervegg</b>	< 0,15 W/(m <sup>2</sup> ·K)
<b>U-verdi tak</b>	< 0,13 W/(m <sup>2</sup> ·K)
<b>U-verdi gulv</b>	< 0,15 W/(m <sup>2</sup> ·K)
<b>U-verdi vindu</b>	< 0,80 W/(m <sup>2</sup> ·K)
<b>U-verdi dør</b>	< 0,80 W/(m <sup>2</sup> ·K)
<b>Normalisert kuldebroverdi, <math>\psi''</math></b>	< 0,03 W/(m <sup>2</sup> ·K)
<b>Årsgj.s. temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner</b>	> 80 %
<b>SFP-faktor for ventilasjonsanlegg</b>	< 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)
<b>Lekkasjetall ved 50 Pa, n<sub>50</sub></b>	< 0,60 h <sup>-1</sup>

## 3.4 NULLHUS

### 3.4.1 KONSEPT

Et nivå videre fra passivhusstandard er nullhusstandard. Det er ikke utgitt en gjeldende standard som definerer begrepet, og det er begrepsforvirring i bransjen når det gjelder dette. Mange bruker begrepene nullhus og nullenergihus om hverandre, der i blant Teknisk Ukeblad, som i sin publikasjon den 28. mars 2012 skriver om "Norges første nullenergihus. Også kalt nullhus" [11]. Dette pålitelige tidsskriftet er ikke de første som bruker disse begrepene om hverandre.

Enova har definert nullhus slik: *”Et nullhus kan ha solcellepanel, solfanger og/eller varmepumpe, og produserer like mye energi som det totalt har behov for per år. Et nullhus skal også være karbonnøytralt når det gjelder utslipp fra materialer, riving og byggeprosess”* [12]. Det er altså to krav når det gjelder nullhus; både energiproduksjon og det å være karbonnøytralt. Etter definisjonen til Enova betyr dette at begrepet *nullenergihus* kun omfatter det første kravet; at bygget skal produsere like mye energi som det totalt har behov for per år.

I denne oppgaven vil begrepet *nullhus* brukes, og derfor skal begge kriteriene oppfylles. Et nullhus skal altså også være karbonnøytalt med tanke på utslipp fra byggeprosess, materialer og fra rivningsfase. Et annet begrep for karbonnøytralt er klimanøytralt. Cicero, senter for klimaforskning, forklarer begrepet med *“at man først må beregne hvor store utslipp aktiviteten vil gi. Deretter må man undersøke mulighetene for å redusere utslippene, og til slutt kjøpe klimakvoter for å kompensere for de utslippene som fortsatt finner sted etter at man har gjennomført tiltak for å redusere utslippene”* [13]. I nullhus vil eventuelt overskudd av produsert energi kunne veie opp for utslipp knyttet til oppføring, materialbruk og riving. Denne oppgaven definerer derfor det andre kriteriet, karbonnøytralt, som klimanøytralt med tanke på utslipp fra byggeprosess, materialer, rivningsfase, og i tillegg stasjonær energi som kan gi positivt bidrag i løpet av driftstiden til bygningen.

EU har iverksatt et initiativ som i Norge har ført til Bygningsenergidirektivet. Dette direktivet, som er underlagt regjeringen, har som mål å redegjøre for og å øke energieffektiviteten i norske bygg. I følge Bygningsenergidirektivet, som ble lagt frem i Norge i 2004, skal nybygg som skal brukes av det offentlige tilfredsstille nullenergistandard innen 2018 [14].

#### 3.4.2 KLIMAKVOTER

Et middel for å oppnå klimanøytralitet og videre oppnå nullhusstandard er som nevnt i forrige kapittel å kjøpe klimakvoter for å kompensere for de utslippene som fremdeles er tilstede etter besparende tiltak er gjennomført.

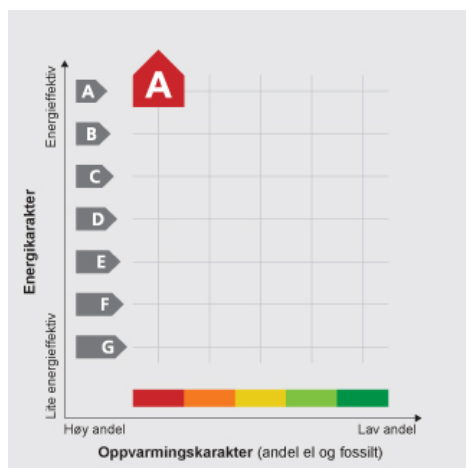
Klimakvotesystemet er et resultat av den internasjonale klimaavtalen som ble undertegnet i Kyoto i 1997. Denne avtalen forplikter industrilandene til å redusere utslipp av CO<sub>2</sub> og andre klimagasser med minst 5 % i 2008-2012 sammenlignet med nivået i 1990. Hvert land får utdelt et visst antall klimakvoter som nasjonen selv er satt til forvalte. Myndigheter utsteder færre klimakvoter enn det forventede utslippet, så bedriftene må enten slippe ut mindre eller kjøpe kvoter fra andre som har sluppet ut mindre.

I privat målestokk kan frivillige kjøp av klimakvoter bidra til redusert utslipp. Kvotene som kjøpes blir registrert, og Norge får mindre utslippsrett. Ettersom antall ledige kvoter på denne måten kan variere, varierer prisen på klimakvoter etter tilbud og etterspørsel. Privatmarkedet kan kjøpe klimakvoter fra Klima- og forurensningsdirektoratet. En klimakvote tilsvarer 1 tonn karbondioksid (CO<sub>2</sub>), og per 01.05.12 var prisen per klimakvote 87,92 norske kroner. Kvoter som kjøpes herfra blir tatt ut fra det offisielle markedet. De kan derfor ikke selges videre, og det blir totalt færre utslippsretter i omløp [15].

### 3.5 ENERGIMERKET TIL NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT

Siden 1.juli 2010 skal alle bygninger som selges eller leies ut ha en energiattest. *"Målet er å øke bevisstheten om energibruk, ulike oppvarmingsløsninger og løsninger som kan gjøre boligen eller bygningen mer energieffektiv"* [16]. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) er underlagt Olje- og energidepartementet og har ansvar for å forvalte vann- og energiresursene i landet vårt. Energimerkingen er et EU-initiativ som NVE har hatt ansvaret med å innføre i Norge [16].

Energimerket er satt sammen av to komponenter; energikarakter og oppvarmingskarakter. Resultatet av energimerkingen er listet opp i en matrise med bokstaver og farger, se figur 2.



FIGUR 2: RESULTATET AV EN ENERGIMERKING [ENERGIMERKING.NO]

Bokstavene gir energikarakteren der A er best og G er dårligst. Energikarakteren avhenger av hvor mye energi boligen må kjøpe. Siden all energien vi bruker påvirker miljøet i en eller annen form, vil en bolig med lavt energiforbruk være mer miljøvennlig [16]. Dersom man bygger en bolig etter kravene i TEK10 vil det oppnå en C. For å få

bedre energikarakter må man bygge lavenergi- eller passivhus etter passivhusstandarden for boligbygg, NS 3700.

Oppvarmingskarakteren er vist med farge fra rød til grønn, alt etter hvor stor andel elektrisitet eller fossile brensel som blir benyttet til oppvarmingen av boligen. Tabell 8 viser sammenhengen mellom de vanligste kombinasjoner av varmekilder og hvilken karakter/farge dette vil gi i energimerket.

**TABELL 8: HVILKE VANLIGE KOMBINASJONER AV VARMEKILDER SOM VIL GI DE ULIKE FARGENE (KARAKTERENE) I ENERGIMERKET [ENERGIMERKING.NO]**

Farge	Andel el eller fossilt brensel	Typisk kombinasjon
Grønn	30,0%	Vannbåren oppvarming basert på biobrenselkjel, med elektrisitet som spisslast
Olje	47,5%	Fjernvarme
Gul	65,0%	Vannbåren oppvarming med varmepumpe fra grunn/berg/vann
Gul	65,0%	Vannbåren oppvarming med pellets-kamin, med elektrisitet som spisslast
Gul	65,0%	Luft til luft varmepumpe og lukket vedovn, kombinert med direkte elektrisk oppvarming
Gul	65,0%	Termiske solfangere og luft til vann varmepumpe, kombinert med elektrisk oppvarming.
Oransje	82,5%	Luft til luft varmepumpe kombinert med direkte elektrisk oppvarming
Oransje	82,5%	Direkte elektrisk oppvarming og vedovn
Oransje	82,5%	Termiske solfangere, kombinert med direkte elektrisk oppvarming
Rød	100,0%	Kun direkte elektrisk oppvarming
Rød	100,0%	Vannbåren varme med kun oljekjel og/eller gasskjel

### 3.6 INTERNASJONAL UTBREDELSE

Passivhus som konsept ble først lansert i Tyskland, og i 1991 ble det første passivhuset oppført i Darmstadt [17]. I Tyskland og Østerrike er det siden den gang blitt bygd flere og flere passivhus. Sverige har vært foregangslandet i Norden, og i januar 2011 var det over 1500 passivhus i Sverige. På samme tidspunkt var det bygd kun 70 passivhus i Norge. Om lag 1 % av nybygde boliger i Sverige er passivhus, og prognosene til SINTEFs seniorforsker, Tor Helge Dokka, viser at utbredelsen i Norge vil være på samme nivå innen kort tid [18].

Både Sverige og Norge har gjort sine lokale tilpasninger i sine krav til passivhus. Dette er gjort for å tilpasse etter klimaene lenger nord. I Norge er kravene til lekkasjetall, U-verdier, varmegjenvinner, SFP-faktor og kuldebroer de samme som i den tyske

standarden, mens kravet om årlig oppvarmingsbehov er justert. I Tyskland er kravet om maksimalt 15 kWh/m<sup>2</sup> per år absolutt, mens i Norge er dette kravet avhengig av årsmiddeltemperaturen. I Sverige er blant annet krav til vinduer ”snillere” enn det er i Norge og Tyskland [17, 19].

Nullhus er definert i kapittel 3.4. Dette begrepet har ikke egen standard, men bransjen bruker dette som mål på prestisje og miljøvennlig markedsføring. Det første plusshuset i Norge, som produserer mer strøm enn det forbruker, ble bygget allerede i 1988 i Stavanger, men måtte fjerne den påmonterte vindmøllen på grunn av manglende ordning for levering av strøm. Rapporten ”Plusshus” utgitt av Zero i 2009 konkluderer med at plusshus er mulig å bygge i store deler av Norge, men på grunn av manglende støtteordninger og uklare regler i forhold til levering av elektrisitet er det fremdeles lite utbredt. Mer om støtteordninger finnes i kapittel 5.3.

I Europa er det mange bygninger som produserer mer energi enn de forbruker. Tyskland har gunstig støtteordning for levering av solenergi som har ført til et ensidig fokus på solenergi i Tyskland. I USA er det bygget store boligprosjekter der produksjonen skjer ved både solceller og vindturbiner. I Antarktis har den belgiske forskningsstasjonen hundre prosent fornybar energiløsning. Sverige innførte i 2009 en støtteordning for produksjon av strøm med solceller for private og kommersielle bygninger. Dette førte umiddelbart til stor interesse for å bygge energiproduserende bygg [20].

Danmark har satset på vindkraft i mange år og har de siste årene innført en nettoavregningsordning, som gir eiere av private vindturbinanlegg fordeler. Overskuddsstrøm har i flere år vært mulig å selge til lokale kraftverk, men ordningen gjør at produsentene i perioder med lite vind kan kjøpe det de har levert ut tidligere uten ekstra kostnader. Teknisk Ukeblad skriver i februar 2012 at en danske i nær fremtid har mulighet til å forrente sin investering på åtte-ti år med denne ordningen, og deretter ha gratis strøm i tjue år. Husstandsvindturbinene i Danmark er som regel mellom 6 kW og 25 kW. I Norge finnes ikke tilsvarende ordning for salg og kjøp av overskuddsenergi [21].

### 3.7 LEVERING OG PRODUKSJON AV ENERGI

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har fra 2010 gitt disposisjon for privatpersoner som produserer overskuddskraft. Det lokale nettselskapet og kunden kunne fra da inngå en enklere avtale enn det en større produsent kan. Større

produsenter må for å bli en del av engrosmarkedet inngå en balanseavtale med Statnett. Plusskunder trenger ikke en slik avtale, og må ikke betale andre tariffledd, som er en tariff basert på gjennomsnittlig brutto produksjon. De betaler kun nettleie for kraften de mater inn på nettet [22].

Seniorrådgiver i konsesjonsavdelingen i NVE, Asle Selfors, opplyser om at privathusstander kun kan levere ut strøm på lavspenningsnettet. Hvis netteier godkjenner tilknytning kreves ingen konsesjon fra NVE, men en kommunesøknad må godkjennes. I Norge kan man levere strøm til nettet for spotpris, men skal man kjøpe dette tilbake legges nettagifter til [23].

### 3.8 KLIMAGASSBEREGNINGER

Definisjonen på et nullhus som er gjengitt i kapittel 3.4, medfører at en utbygger som vil kalle bygget klimanøytralt er nødt til å gjøre en klimagassberegning. Slike beregninger blir nå gjort i statusprosjekter med ønsker om å kalle seg klimanøytrale eller å ha en grønn profil. Planleggings- og dokumentasjonsverktøyet klimagassregnskap.no brukes av majoriteten av de som utfører dette. Beregningene omhandler byggefase og materialbruk, men en mangel er utslippsberegninger fra rivningsfase.

## 4 TEORI - PARAMETERE SOM PÅVIRKER ENERGIYTELSENE

### 4.1 VARMETAP

#### 4.1.1 LEDNING, STRÅLING OG KONVEKSJON

Varmetransport gjennom en konstruksjon skjer når det er ulik temperatur på hver side av konstruksjonen. Det deles inn i tre typer varmetransport; ledning, stråling og konveksjon [24].

Ulike materialer har ulik varmeledningsevne eller varmekonduktivitet. Molekyler overfører bevegelsesenergi til andre molekyler som igjen fører energien videre på samme måte. Symbolet er lambda ( $\lambda$ ) og benevningen W/mK. Dette forklares: *"Varmeledningsevnen  $\lambda$  er et tall som forteller oss hvor stor varmestrøm som går gjennom et areal på 1 m<sup>2</sup> av et stoff med tykkelse på 1 meter ved en temperaturforskjell på 1°C"* [24].

Elektromagnetiske bølger fra sola er eksempel på varmestråling. I tillegg til type varmekilde så avhenger mengde varmestråling av egenskapene til overflatene rundt. Emisjonsfaktoren ( $\epsilon$  eller strålingstall) varierer mellom 1 og 0 og varierer med ulike overflater. Blanke og reflekterende flater har lav  $\epsilon$ , mens mørke og grove flater har høyt emisjonstall [24].

Konveksjon kan forklares med at molekyler forflyttes innad i en konstruksjon eller avgrenset område. Dette skyldes at luft blir avkjølt eller oppvarmet og vil derfor hhv. synke eller stige, slik at det oppstår en bevegelse av luften. Varmetapet oppstår da når varmere luft blir forflyttet og nedkjøles [24].

#### 4.1.2 VARMESTRØM GJENNOM EN KONSTRUKSJON

For å bedømme hvor god evne en konstruksjonsdel har til å motstå varmegjennomgang bruker vi begrepet varmegjennomgangskoeffisienten, også kalt U-verdi. Denne verdien angir hvor mye varme som strømmer gjennom en konstruksjon gjennom et areal på 1 m<sup>2</sup> når lufta på hver side av konstruksjonen har en differanse på 1 °C [24]

For å kunne finne en samlet U-verdi for en konstruksjon må man regne ut varmemotstanden til hvert enkelt sjikt. Varmemotstanden er definert som *"den inverse verdien av varmeledningsevnen for det aktuelle sjiktet."* [24]. U-verdien får man da ved å summere alle varmemotstandene, samt innvendig og utvendig overgangsmotstand, og invertere denne summen [24].

#### 4.1.3 KULDEBROVERDIER

*“En kuldebro er en del av omsluttende konstruksjon der den ellers ensartede varmemotstanden endres betydelig av en eller flere av punktene nedenfor:*

- a) hel eller delvis gjennomtrengning av den omsluttende konstruksjonen av materialer med høyere varmekonduktivitet*
- b) en hel eller delvis gjennomtrengning av den omsluttende konstruksjonen av materialer med høyere varmekonduktivitet en*
- c) hel eller delvis gjennomtrengning av den omsluttende konstruksjonen av materialer med høyere varmekonduktivitet en en forskjell mellom innvendig og utvendig areal, som ved overganger mellom vegg/gulv/tak” [25].*

Kuldebroer gir effekter som økt varmetap, lavere overflatetemperaturer innendørs, kondens i konstruksjonen og spenningsvariasjoner ved store temperaturforskjeller. Det siste kan føre til sprekkdannelse i materialer som igjen kan gi nedsatt bæreevne.

Kondensfaren gir muligheter for mugg og andre fuktskader.

Det er ingen klar definisjon på hvor stort varmetap må være fra en konstruksjonsdel før vi kan kalle den en kuldebro, og med stadig strengere krav til varmeisolering kan kuldebro forklares som *“en isoleringssvakhet som er så stor at den skal medregnes”* [24].

SINTEF Byggforsk har gitt ut et byggdetaljblad, “471.017, Kuldebroer. Tabeller med kuldebroverdier”, som angir kuldebroverdier for mange konstruksjoner. Enheten for kuldebroverdi er  $\psi$  (psi) med benevnning W/(mK). For punktkuldebroer er benevnningen W/K.

*“Normalisert kuldebroverdi er summen av varmetapet fra alle kuldebroene i en bygning dividert på oppvarmet bruksareal (BRA)”* [24]. TEK10 angir krav til normaliserte kuldebroverdier. For småhus er dette kravet 0,03 W/m<sup>2</sup>K og for større bygg 0,06 W/m<sup>2</sup>K.

#### 4.1.4 INFILTRASJON

Infiltrasjon er det samme som luftlekkasje. Tidligere gikk ut man ut fra at mellom 10 og 40 % av energitap gjennom yttervegg skyldtes luftlekkasjer, men i TEK07 ble kravene for infiltrasjon skjerpet. I dagens TEK heter det at småhus ikke skal ha mer enn 2,5 luftvekslinger per time ved en trykkforskjell mellom ute og inne på 50 Pa, mens for



større bygg er det samme kravet 1,5. Disse kravene kalles for lekkasjetallet og symbolet er  $n_{50}$  [24].

For at luftlekkasje skal opptre, må det være trykkforskjell mellom ute og inne. Trykkforskjellene skyldes vind, temperaturforskjeller og ventilasjonsmessige forhold.

Lekkasjetall må sjekkes for hvert enkelt prosjekt hvis man skal vite at bygningen er i henhold til forskriftene. Noen aktører i dag investerer i måleutstyr som de bruker i hvert prosjekt, men de fleste får tatt stikkprøver av prosjekter og anser på grunnlag av dette sine løsninger som gode nok.

Fremgangsmåten for måling av lekkasjetall er beskrevet i SINTEF Byggforsk sitt blad 720.035. NS 3031 angir utregningsmetode for hvordan varmetransportkoeffisienten for infiltrasjon berignes.

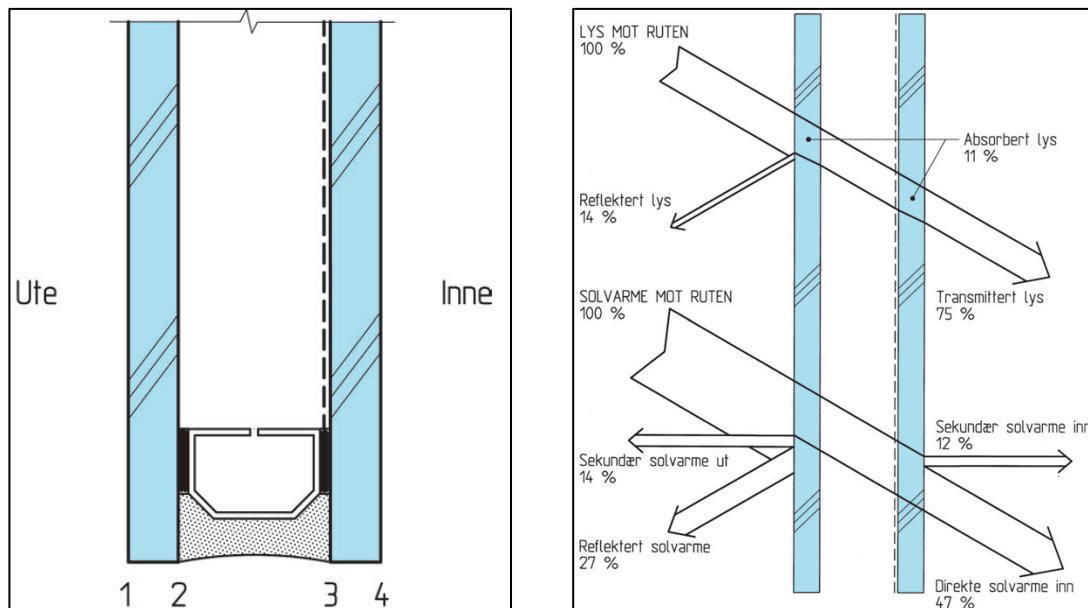
#### 4.1.5 KRAV TIL VINDUER

Ifølge minstekravene til energiytelsene i TEK10 kan en vegg bare ha 14% av den varmegjennomgangen som et vindu kan ha. Vinduene kan derfor slippe ut mye mer varme enn veggen kan. Men til gjengjeld kan vinduene også slippe inn solvarme og redusere behovet for energi til belysning. Det er derfor viktig å ha dette i tankene ved plassering av og valg av vinduer.

Kravet i TEK10 er U-verdi (inkludert karm/ramme) på 1,2 ( $W/m^2$  pr. K) for tiltaksmetoden, og 1,6 ( $W/m^2$  pr. K) som minstekrav. Energiegenskapene til et vindu styres av flere parametere. For varmere strøk finnes glass som stenger solvarmen og lyset ute, og høyisolerte vinduer som slipper varme lettere inn enn ut for de kalde områdene. Karmen er et svakt punkt energimessig, og derfor blir u-verdier for vinduene gjerne gitt for en standardstørrelse på 1,2m x 1,2m. Større vinduer vil ha en mindre andel karm i forhold til vindu, og derfor komme ut med en lavere u-verdi, selv om selve glasset er likt. Gjennomgående sprosser eller flere mindre glassfelt i vinduet vil gi en høyere U-verdi.

Vinduene kan ha varmereflekerende belegg for å endre egenskaper til transmisjon av lys og varme. Vinduet i figur 3 viser et 2-lags høyisolert vindu med et varmereflekerende belegg på utsiden av det innerste glasset. Ved å legge folien her, vil solvarmen komme lengst mulig inn i glasset før den blir reflektert, samtidig som varmen innenfra blir reflektert tidlig. Mellom de to glassene ligger en argongass-fylling og en "spacer" for å holde glassene i riktig avstand. Et varmereflekerende belegg på utsiden av det innerste glasset reduserer varmetapet gjennom vinduet. Den delen av

solstrålingsvarmen som slippes gjennom et vindu, total solenergitransmisjon, kalles solfaktor. Vanlige vinduer har en solfaktor på ca. 0,8, mens de høyisolerte vinduene har verdi mellom 0,60 til 0,70 (to-lags) og 0,40 til 0,55 (tre-lags) [26].

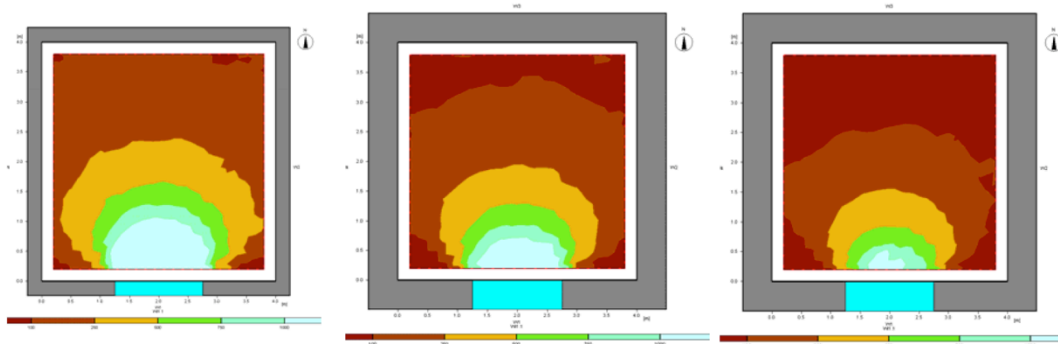


**FIGUR 3: OPPBYGNINGEN AV ET HØYISOLERT GLASS OG HVORDAN VARME/LYSSTRÅLINGEN GÅR GJENNOM VINDUET [BKS: 571.954]**

Som med solfaktoren vil også transmisjonen av lys avhenge av valgt glass. De vanlige glassene slipper inn ca. 75% av lysstrålingen og godt isolerte tre-lags vinduer bare ca. 65%. Vindusarealet og skjermingen av vinduet er likevel de største faktorene for hvor mye dagslys som slippes inn i et rom. TEK10 stiller krav til at bygninger skal ha nok lys uten at varmebelastninga blir sjenerende, samt at rom for varig opphold skal ha vinduer som gir tilfredsstillende mengder av dagslys. Veiledningen gir to alternativer for å dokumentere at kravet oppnådd. Det ene er å ha minimum 10% vindusareal i forhold til bruksarealet, eller et gjennomsnittlig forhold mellom lyset inne og lyset ute på minimum 2 prosent. Dette blir kalt gjennomsnittlig dagslysfaktor. Arbeidsplasser bør ha 5% dagslysfaktor. Figur 4 viser en fordeling av lyset fra et vindu i et kvadratisk rom. Mengde dagslys i et rom blir bestemt av rommets dybde og høyde, tykkelse på fasadevegg, skjerming av vinduet, vinduets kvalitet og størrelse/plassering. Belysningsstyrken er 80 LUX, og utenfor er det 10 000 LUX. Dette tilsvarer en dagslysfaktor på 0,8%. Figuren er hentet fra Barbara Matusiak sitt foredrag på bygningsfysikkdagen 2011.

Ulike vindustyper har ulik transmisjon av lys. Dette avhenger om det er 2- eller 3-lags glass, og om det har varmereflekterende film eller ikke. Refleksjonsegenskapene til overflatene i rommet vil også virke inn på hvor lyst rommet blir. Det er verdt å merke

seg at utregningene av dagslysfaktor ikke tar hensyn til om vinduet ligger på en nord- eller sørvendt fasade, og at det derfor bare gir et relativt mål på hvor mye lys som kommer inn i bygningen [27].

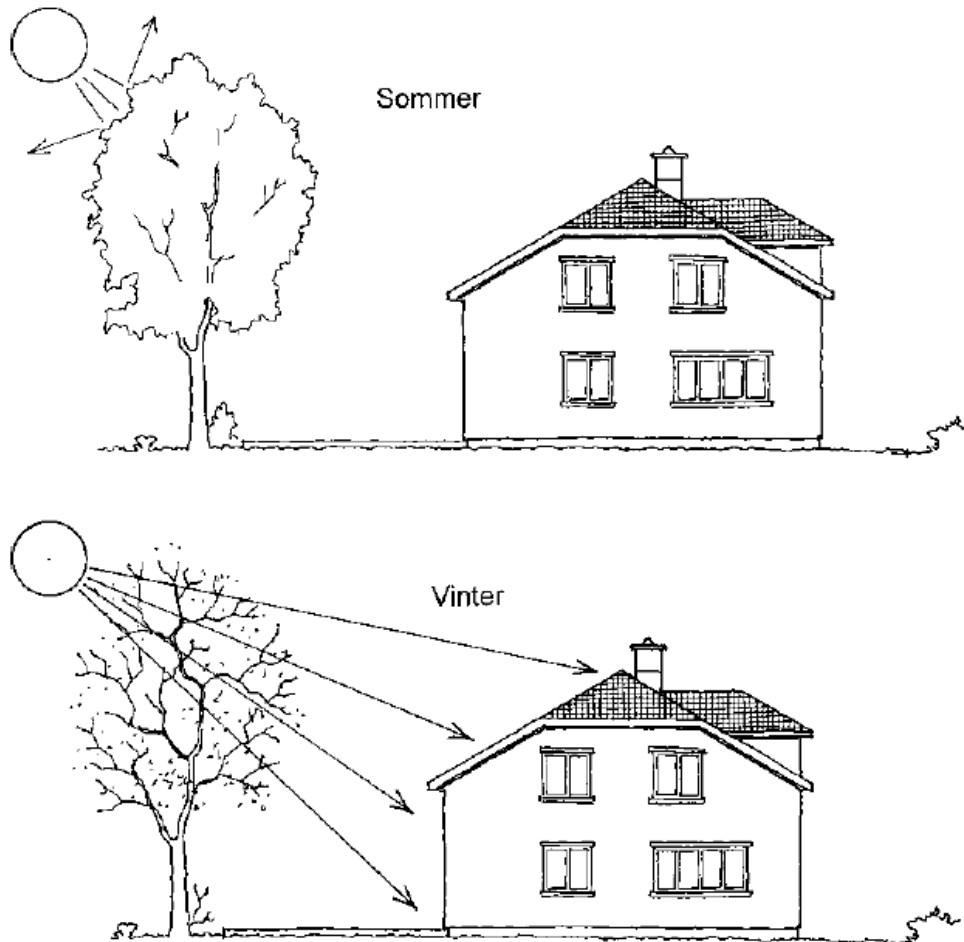


**FIGUR 4: INNVIRKNINGEN AV FASADETYKKELSEN PÅ DAGSLYSFAKTOREN [BARBARA MATUSIAK]**

Plassering av vinduer har mye å si både for energi og lysnivået i rommet. Et vindu høyt oppe på veggen slipper lyset lenger inn i rommet enn om det var plassert lavere på veggen. Det er også bedre å legge vinduene nærme sideveggene i rommet, slik at disse blir opplyst og kan reflektere lyset lenger inn i rommet enn det direkte lyset [28]. I følge en rapport av Barbara Matusiak vil det derfor være mer energibesparende å ha to mindre vinduer nær sideveggene enn å ha et midt på fasadeveggen, fordi lyset blir bedre utnyttet og man kan ha et mindre glassareal. Romfølelsen blir også god fordi rommet virker bredere. Et annet godt alternativ er å bruke smale horisontale vinduer, høyt oppe på veggen. Dette slipper lyset langt inn og lyser opp veggene, samtidig som det reduserer glassarealet, men med hensyn til romfølelse egner det seg ikke så bra i rom med lav himlingshøyde.

Ved å orientere hovedfasaden med store vinduer rett mot sør vil man få 1/3 mer solvarme inn enn om den vindusrike fasaden var vendt mot vest eller øst [29]. Det anbefales også å bruke vertikale vindusflater der det er fare for overoppheting på sommeren, fordi solen står høyere på himmelen på sommeren enn på vinteren, og dette utnytter strålene fra vintersolen best.

Vedrørende plasseringen av vinduene er det også avgjørende å se vinduene i forhold til trær og bygninger i nærheten, slik at man unngår å få skygger som dekker vinduene om vinteren. Det er likevel verdt å merke seg at skygger om sommeren kan være positivt, se figur 5.



FIGUR 5: FAKTORER SOM PÅVIRKER SOLTILSKUDD I BOLIGEN [BKS: 222.220]

## 4.2 VARMEPRODUKSJON OG ENERGIFORSYNING

Generelt krever energieffektive varmesystem god temperaturkontroll og mulighet for å velge ulik temperatur i ulike rom. Distribusjonen av varmen foregår vanligvis ved vannbaserte systemer om man ikke har luft-til-luft varmepumper, vedfyring eller direkte elektriske ovner i rommene [29]. Vannbaserte systemer kan ha ulike energikilder og er fleksible over levetiden siden man kan bytte ut varmekilden uten å endre distribusjonsanlegget. Til gjengjeld er investeringskostnadene høyere enn for andre systemer. De vannbaserte systemene har enten radiatorer på veggen eller vannrør i gulvene. Radiatorer har mindre strålingsareal enn gulvvarmen, og må derfor ha høyere vanntemperatur for å gi samme varmeeffekt.

Tak- og gulvmonterte varmekilder avgir mye strålingsvarme, som føles godt på kroppen. Dette gjør at man kan senke lufttemperaturen en til to grader uten å ødelegge komforten.

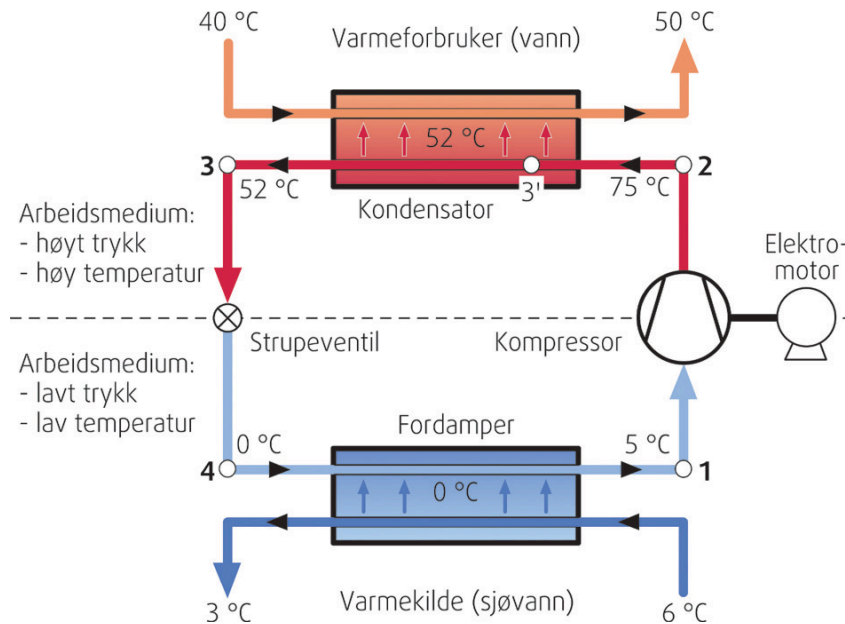
#### 4.2.1 DIREKTE ELEKTRISITET

Elektrisitet er en vanlig energikilde. Elektriske oppvarmingssystem har en virkningsgrad på 100% siden all tilført energi blir omgjort til varme uten tap av energi [30]. Varmen kan komme fra varmelister, panel-, stråle-, vifte- og oljeovner, samt varmekabler i gulv. Med unntak av gulvvarmen har de elektriske varmekildene liten varmetreghet og tillater derfor raske temperaturendringer og individuelle temperaturer i ulike rom. Varmen kan reguleres med termostat eller tidsinnstilling. Noen nyere systemer kan også fjernstyres og har blitt ettertraktede til fritidsboliger, siden de kan startes før ankomst. Elektrisk energi har også historisk sett vært billig i Norge.

I 2010 kom 94,8% av kraftproduksjonen i Norge miljøvennlig vannkraft [31]. Vi kjøper stadig mer elektrisk energi fra utlandet, og utslippene per forbrukt kWh elektrisk energi øker. Oppgaven baserer seg på tall fra programmet Simien, der 395 g/kWh er hentet fra en doktoravhandling om temaet.

#### 4.2.2 VARMEPUMPE

Varmepumper henter varme med lav temperatur fra en "utømmelig" energikilde og bruker elektrisk energi til å levere varme med en høyere temperatur. Varmen kan komme fra uteluft, grunnvann, berggrunn eller sjøvann. Pumpene virker på tilsvarende måte som et kuldeanlegg, som et kjøleskap, og består av kompressor, strupeventil, fordampere og kondensator. Prinsippet for prosesseringen av varmen er skissert i figur 6. Virkningsgraden avhenger av modell, system og temperatur på kald side, men ligger ofte i området 3-5 [32]. Det betyr at man kan få 3-5kW varmeeffekt ut av anlegget ved å bruke 1kW elektrisk energi. Teknisk forskrift definerer derfor varmpumper som en fornybar energikilde. Bruken av varmpumper har økt mye, grunnet økende energipris og synkende investeringskostnad. Antall varmpumper i Norge var i 2005 8 ganger høyere enn i 1997 [32].



FIGUR 6: PRINSIPPSKISSE AV EN (VANN TIL VANN) VARMEPUMPE [BKS: 552.403]

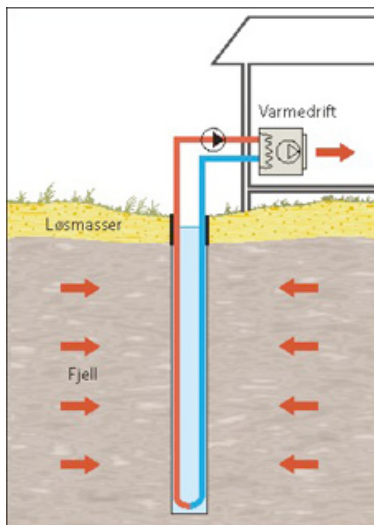
De senere årene har luft-til-luft varmepumper blitt populære fordi de er billige og lette å etterinstallere i eldre boliger. Gevinsten av å installere en slik luft til luft varmepumpe vil øke ved økende varmebehov. Det er også viktig at boligen har en åpen planløsning for å spre varmen bedre. Installasjon av luft-til-luft varmepumpe egner seg best for boliger i områder med lang fyringssesong eller milde vintre, siden virkningsgraden synker ved synkende utelufttemperatur. Varmepumpens effekt synker med 40-60% når utetemperaturen synker fra +7 til -15°C. Dette, i tillegg til behov for avriming av den utvendige delen av anlegget, gjør at de uteluftsbaserte varmepumpene gir en 20-30% mindre årlig energibesparelse enn de som henter varmen fra sjøvann, grunnvann eller grunnen [33].

#### 4.2.3 GRUNNVARME

Fjell, jord og grunnvann blir varmet opp av omgivelsene på grunn av solenergi og varmen fra nedbryting av organisk materie. Denne varmen er ofte kalt jordvarme, geoenergi, lav-temperatur geotermisk energi eller grunnvarme. De vanligste formene for å utnytte denne varmen på er å borre hull i fjellet og ha et lukket rørsystem eller pumpe opp grunnvann. Temperaturen på mediet som kommer opp er så lav at den må gjennom en varmepumpe for å kunne brukes til oppvarming av rom og tappevann, men til gjengjeld er temperaturen stabil gjennom året, slik at varmepumpen har gode driftsbetingelser [34]. Uttaket av varme vil senke temperaturen i grunnen noe, og det er viktig å ha nok brønner og at avstanden på brønnene er stor nok til at grunnen ikke kjøles for mye. Dette vil i så fall redusere systemvirkningsgraden. I tillegg til å hente

varme om vinteren kan grunnen ta i mot overskuddsvarme fra større bygg med kjøleanlegg på sommeren. Grunnen virker da som et batteri som lagrer varmen fra sommeren til vinteren. I Norge finnes det 26 000 grunnvarmeanlegg, hvorav over 90% er borrebaserte systemer i fjell med lukket kollektor [34].

Den mest robuste grunnvarmeløsningen er bergvarme fra et lukket system, se figur 7. En frostsikker væske strømmer i plastrør som ligger i borehull i fjellet. Av den varmen systemet gir er omtrent 70% bergvarme og resten elektrisitet til varmepumpen. Bygget må ha et vannbårent distribusjonssystem med viftekonvektorer, radiatorer eller gulvvarme til romoppvarmingen. Avstanden til fjellet bør være så liten som mulig siden jordlaget kun leder 1/3 så godt varme som fjellet og fordi rørene som er egnet for løsmasselaget er dyrere [35]. Boreddybde er ofte 100-250 meter for slike system, og et hull i fast fjell koster i størrelsesorden 150-250 NOK/meter ekskludert merverdiavgift. Boring i løsmasselaget koster 3-5 ganger mer [34]. Effekten ligger mellom 20-40 W/m vannfylt borehull om brønnene ikke ligger så nært hverandre at effekten blir redusert. En brønn på 200 meter vil anslagsvis gi 6 kW ren varme, 8-11 kW etter prosessering i varmepumpen. Investeringen vil for en vanlig enebolig ligge på 150 000 - 250 000 NOK for et system med utedel og varmepumpe.



FIGUR 7: PRINSSKISSE AV ENERGIBRØNN MED LUKKET KOLLEKTOR [NGU.NO]

Alternativet til det lukkede systemet er et åpent system der grunnvannet pumpes direkte opp. Brønnene er 10-40 meter dype. Dette systemet kan gi mer effekt (10kW per °C temperaturen endres), men er likevel mindre vanlig. Dette kommer av at spesielle grunnforhold kreves (sand og grusavleiringer, kort vei til grunnvann), at grunnvannet må ha høy kvalitet og ikke være under 3-4°C [34]. En investering i et slikt anlegg krever

derfor prøveboring og målinger, helst gjennom flere år, og er derfor kun lønnsomme for større anlegg. Det åpne systemet blir derfor ikke vurdert videre i oppgaven.

#### 4.2.4 BIOENERGI

Bioenergi er definert som *"energi som kommer direkte eller indirekte fra forskjellige typer biologisk materiale (biomasse), f.eks. planteprodukter (ved), gjødsel, skogsavfall (bark, flis) og annet biologisk avfall"* [36]. Siden bioenergi videst sett oppstår gjennom fotosyntesen og kan produseres av flere ulike energibærere, regnes bioenergi som en fornybar energikilde.

Energien kommer fra varmen avgitt ved forbrenning av ved, briketter, pellets eller den organiske sorteringen av søppel. I bolighus er det mest vanlig med de faste brenslene ved og pellets. Rom kan varmes opp ved hjelp av frittstående ovner (punktvarme) eller i forbindelse med et sentralvarmeanlegg [37]. Det brennes årlig 1,3 millioner tonn ved i norske boliger og 0,2 millioner tonn i fritidsboligene våre. Nyere ovner har høyere virkningsgrad fordi de brenner renere, men det er fremdeles over 600.000 tradisjonelle ovner og peiser i drift her til lands [38].

En pelletskamin har en virkningsgrad på opp i mot 95%, har en brenselkostnad på 50-70 øre/kW og fås med automatisk termostatstyrt mating og lagring av opptil tre dagers forbruk. Denne løsningen krever strøm og kan erstatte tradisjonelle vedovner i oppholdsrom. Effekter på opp til 10 kW er vanlig [38].

Pelletskjeler må installeres på godkjent fyrrom og kan erstatte oljekjeler. Kjelen varmer opp vann til et vannbårent distribusjonssystem, og det er derfor vanlig med en effekt opp til 50kW. På grunn av større effekt må pelletskjeler ha et større lager av pellets. Større volumer gir bedre pris på brenselet, 35-65 øre/kWh [38].

En annen form for bioenergi er lokalprodusert metangass. Gassen blir utvunnet i en bioreaktor fylt med organisk avfall fra husholdning, matlaging og toaletter. Under forråtnelsesprosessen avgir avfallet metangass som blir fanget opp i små perforerte rør i reaktoren. Metangass har 21 ganger sterkere drivhuseffekt enn CO<sub>2</sub> og gassen bør derfor forbrennes [39]. Forbrenningen kan brukes til å dekke oppvarmingsbehovet til et bygg. Teknologien er foreløpig mest egnet for større prosjekter og finnes i Norge i dag mest på søppeldeponier. Denne formen for bioenergi blir derfor ikke diskutert videre i oppgaven.



#### 4.2.5 FOSSILT BRENSSEL

Fossile brensel er karbonholdige materialer som ligger under jordskorpen. Olje, naturgass og kull er de mest vanlige [40]. De blir regnet som ikke-fornybare energikilder og har et vesentlig CO<sub>2</sub>-utslipp. Siden TEK10 ikke tillater bruk av denne typen energikilder under vanlige omstendigheter, er de fossile brenslene ikke studert nærmere.

#### 4.2.6 SOLFANGERE

Norge er et langstrakt land med store variasjoner i tilgangen på solenergi. Tilgangen på energien er også sesongavhengig og opptrer i motfase med varmebehovet i byggene våre. Figur 8 illustrer strålingsenergien mot en horisontal flate i januar (til venstre) og juli (til høyre). Det er imidlertid mulig å kompensere forskjellene i strålingsenergien ved å endre vinkelen på solfangerne. Solfangere bør monteres mot sør, men avvik på 45° gir under 10% reduksjon av energiutbyttet, se tabell 9. Effekten og nytten av et solfangeranlegg må derfor ses på i sammenheng med hvert enkelt byggeprosjekt.

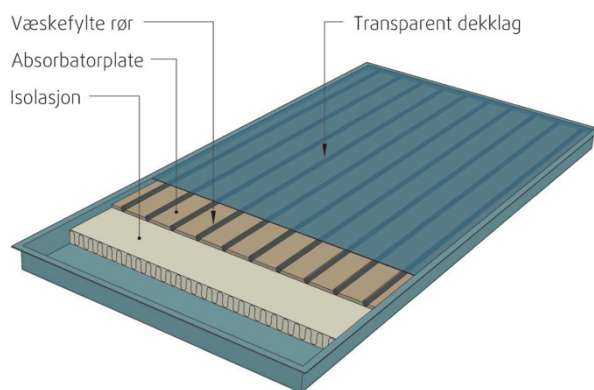


FIGUR 8: STRÅLINGEN ILØPET AV EN DAG MOT EN HORIZONTAL FLATE [“FORNYBAR ENERGI 2007”]

**TABELL 9: ENDRINGER AV SOLINNSTRÅLING PÅ EN PLAN SOLFANGER SETT I FORHOLD TIL DET OPTIMALE (SØR, MED EN VINKEL PÅ 45°) [BKS: 552.455]**

Retning	Helning			
	15°	30°	45°	65°
Sør	0,91	0,99	1,00	0,96
Sør/vest og Sør/øst	0,87	0,92	0,93	0,89
Vest og øst	0,79	0,78	0,75	0,69

Solenergien kan brukes til oppvarming gjennom oppvarming av bygningsdeler eller gjennom vinduer. Dette er passiv bruk av solenergien. Dette avsnittet skal ta for seg solfangere for aktiv solvarme. Solfangerne består av et svært absorberende materiale som absorberer mest mulig av energien. For at varmen ikke skal tapes til omgivelsene isoleres absorbatoren med et dekklag. Det gjennomsiktige dekklaget kan være av plast eller glass og slipper inn det kortbølgede lyset, men holder på den langbølgede varmestrålingen. En væske eller luft transporter så varmen til varmeanlegget [41]. Se oppbyggingen av en plan solfanger i figur 9.

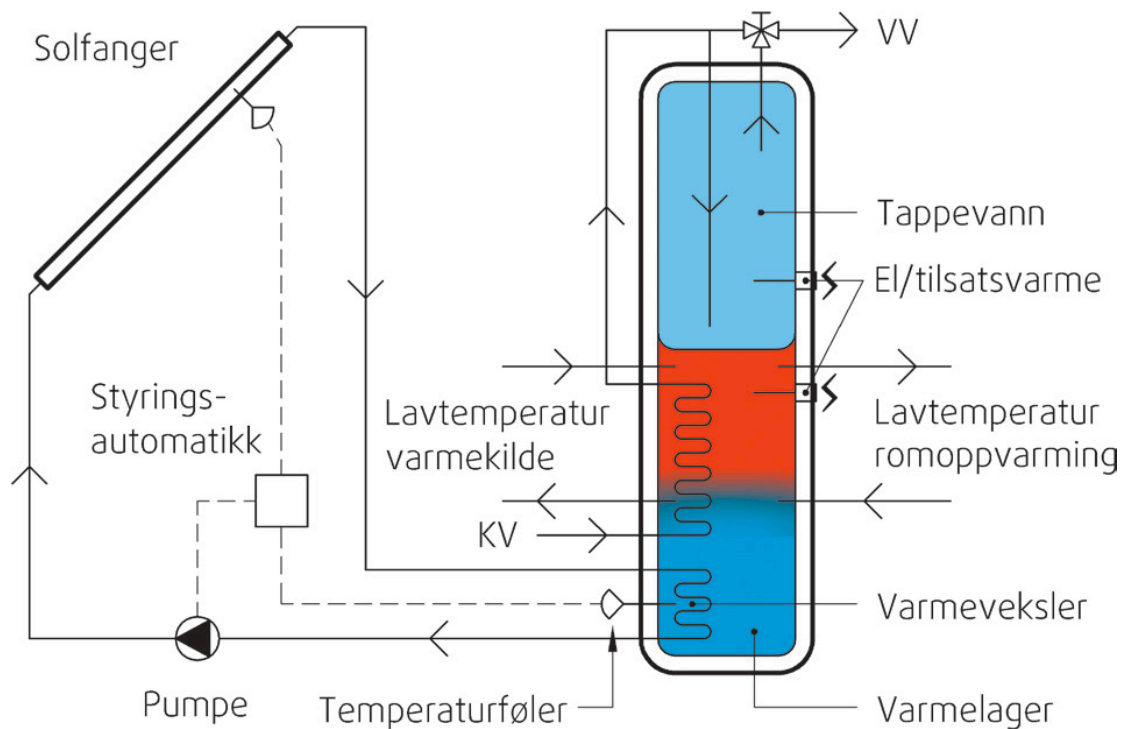


**FIGUR 9: OPPBYGGINGEN AV EN PLAN SOLFANGER [BKS: 552.455]**

Varmen fra solfangeren kan brukes til oppvarming av tappevann eller til romoppvarming gjennom et indirekte system tilknyttet et lavtemperatur varmeanlegg. Uansett må varmen fra solfangeren lagres i et varmelager. I mindre system som kun bidrar til oppvarming av tappevann, er ofte varmelageret selve varmtvannstanken.

Et indirekte system, som i figur 10, har en varmeveksler mellom varmelagringstanken og væsken i solfangeren. På slike system kan væsken inneholde frostvæske og systemet blir mindre sårbart for kulde. I direkte system ledes det varme vannet fra solfangeren direkte til varmelagringstanken. I disse systemene er det vanlig å ha en egen tank for varmelagringen i tillegg til varmtvannsberederen.

Det er ikke økonomisk å dimensjonere solvarmeanlegget til hele oppvarmingsbehovet eller tappevannsbehovet, da investeringskostnadene blir store og dermed også prisen per produsert kWh. Man får heller ikke utnyttet kapasiteten på sommeren da varmebehovet er mindre. Det er derfor mest økonomisk i Norge å dimensjonere et tappevannsanlegg til å ta mellom 40 og 60%, eller et kombinert anlegg for tappevann/romoppvarming for 35 - til 50% av varmebehovet [42].



FIGUR 10: PRINSIPPSKISSE AV ET STANDARD SOLVARMEANLEGG [BKS: 552.455]

#### 4.2.7 SOLCELLEPANEL

Energien fra solen kan også utnyttes til å produsere elektrisk strøm ved hjelp av solcellepaneler. Solcellene omdanner lyset til strøm ved hjelp av en fotovoltaisk effekt der et halvledermateriale opparbeider et elektrisk potensial når sollyset treffer cellen. Halvlederen må være koblet til en strømkrets, slik at strømmen fra det elektriske potensialet kan benyttes [43]. En solcelle kan levere mellom 0,3-0,6 V, derfor er systemene avhengige av at mange celler blir koblet sammen til et solcellepanel [42]. Det finnes to teknologier for cellene; krystallinske halvledermateriale eller tynnfilmteknologier. Siden tynnfilmpanelene har en lavere virkningsgrad (6-9% av sollyset) og en kortere levetid (10-15år) er de krystallinske cellene dominerende på markedet. Silisium er den vanligste halvlederen og har i praksis en virkningsgrad på 12-18% med et teoretisk potensial på 28% [44]. Effekten på et solcellepanel blir oppgitt som  $W_p$  (peak-watt) som er en spisseffekt, gitt ved innstråling fra  $42^\circ$  på  $1000\text{W}/\text{m}^2$  og

en temperatur på 25°C [42]. De vanligste solcellepanelene leverer 50-300 W<sub>p</sub> og kan fås med 25 års garanti [45].

Solcelleanleggene er fleksible og kan brukes til frittstående systemer, som hytter eller i et gatelys, eller være koblet direkte på det sentrale distribusjonsnettet for elektrisitet. De frittstående systemene har batteri til å lagre energien, laderegulator og monteringsutstyr. De nettilknyttede systemene slipper å lagre energien, men distribuerer den til el-nettet ved overproduksjon, og har derfor vekselretter i stede for batteri.

I Norge har solcelleanlegg tradisjonelt sett to bruksområder. Det er hytter langt fra el-nettet og kystverkets fyrtårn/sjømerking. I følge et mulighetsstudie om solenergi har SINTEF og KanEnergi laget en rapport for Enova som anslår at den totale installerte kapasiteten i Norge er 7-9000 kW<sub>p</sub> og at det årlig selges opp i mot 350kW<sub>p</sub>.

Investeringskostnadene for solcelleanleggene synker jevnt med en anslagvis halvering hvert syvende år, samtidig som virkningsgradene stadig blir bedre [46]. Systemprisen for installert effekt var i 2008 i Norge 125-180 NOK/W<sub>p</sub> for små frittstående systemer og 90-120 NOK/W<sub>p</sub> for nettilkoblede solcellesystem. Et regneeksempel i rapporten viser energikostnaden for et anlegg plassert i Sør-Norge. Investeringskostnaden er satt så lavt som det er tenkelig at prisen kan bli, 30 NOK/W<sub>p</sub>. Dette gir i eksempelet en pris på 3,33-3,75 NOK/kWh, som er dyrt sammenlignet med dagens priser på elektrisk energi i Norge. Figur 11 viser et solcellepanel som er nettilknyttet.



FIGUR 11: SOLCELLEPANEL I ET NETTILKNYTTET ANLEGG [WWW.THEENGINEER.CO.UK]

#### 4.2.8 VINDGENERATOR

Store deler av Norge er svært værutsatt, og det er mer mørketid og mindre sollys enn i sydligere land i Europa. For installasjoner langt fra elektrisitetsnettet gjør dette at vindkraft kan være den mest energioøkonomiske energikilden. I vintermånedene er energibehovet størst, og da er også tilgangen på vindkraft som oftest størst.

Vindturbiner som tilpasses boligformål kan leveres som både nett-tilknyttete anlegg og som frittstående anlegg. I en nett-tilknyttet løsning er det investeringer knyttet til tilkoblingen, men man slipper batterier, og man får sikker strømkilde i perioder uten vind. I tillegg kan man levere/selge inn overproduksjonen i nettet. Leverandøren Getek opplyser om at man i praksis bør ha en middelvind over året på minimum 5 m/s.

Vindgeneratorene monteres normalt på en mast og skal rage høyere enn omkringliggende hus, trær og andre hindringer [47]. Figur 12 viser vindgeneratorer som er aktuell for rekkehus eller boligfelt. Disse har en rotordiameter på 5,5 meter og en total høyde på 15 meter.



FIGUR 12: VINDTURBINER TIL MINDRE ANLEGG. [WWW.UK.ALL.BIZ]

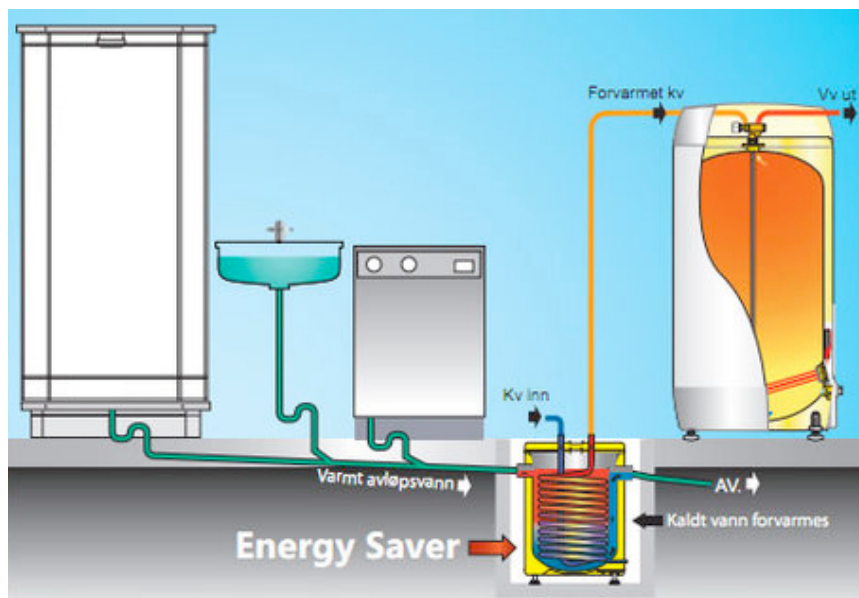
#### 4.2.9 GJENBRUK AV GRÅVANN

Kildeseparering av avløpsvann kan være en effektiv måte å spare energi på. Avløpsvannet kan deles inn i grå- og svartvann, der gråvannet er spillvann fra vasker, dusj og vaskemaskiner, mens svartvann er utslippet fra toalett og urinal. Denne separeringen kan brukes til å bevare viktige næringsstoffer som fosfor, nitrogen og kalium.

I et bolighus i rekke kan det være aktuelt å benytte energien i gråvannet. I dagens nybygde boliger utgjør tappevann om lag halvparten av energibehovet [48]. Flere systemer av ulik kompleksitet og investeringskostnad er tatt i bruk for å gjenvinne varmen som spillvannet innehar. En enkel installasjon er å tvinne kobberør med tilførselsvannet utenpå avløpsrøret slik at varme blir overført før spillvannet slippes ut. Tilført vann med 10°C kan da få en temperatur mellom 20°C og 30°C før det kommer i varmtvannsberederen.

Husby Amfi er et boligprosjekt bygget i 2005 i Sør-Trøndelag som har installert vann-til-vann varmepumpe. Her føres gråvannet til varmepumpen, og i følge Husbanken gir varmepumpen en årsvarmefaktor på 5. Dette vil si at 1 kWh elektrisitet gir 5 kWh varme [49]. Figur 13 viser prinsippet for varmegjenvinning av gråvann.

En annen måte å utnytte gråvannet på er å installere en varmeveksler i direkte tilknytning til f.eks dusjen. Et produkt på markedet er en miljødusj som fungerer som tidligere nevnt med kobberør, men i dette tilfellet ligger disse innenfor spillvannet [50].



FIGUR 13: VARMEGJENVINNIG AV GRÅVANN [WWW.OSOHOTWATER.NO]

## 4.3 VENTILASJON

### 4.3.1 VENTILASJONSSYSTEM

Det er normalt å skille mellom tre hovedtyper ventilasjonsanlegg. Naturlig, mekanisk og balansert er systemer som er brukt i Norge.

Naturlig ventilasjon er styrt av termisk oppdrift og vindhastighet. Lave investeringskostnader og lite vedlikehold er fordelene. Stort ventilasjonsvarmetap, upålitelighet og dårlig komfort er bakdelene.

Mekanisk ventilasjon har samme hovedprinsipp som naturlig ventilasjon, men det er montert vifter som er drivkraften for avtrekket. Det er lave investeringer og god avtrekksregulering knyttet til mekanisk system, men det er stort ventilasjonsvarmetap og dårlig komfort også her.

Balansert ventilasjonssystemer er etter veiledning til TEK10 det som anbefales som preakseptert ytelse. Både kravene til luftkvalitet i § 13-1 og kravene til energieffektivitet i kapittel 14 i TEK10 gjør at balansert ventilasjon nærmest er en nødvendighet. § 14-3 krever at for bolighus må årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg være mer enn 70 %. I bolighus kan et eller flere energiltak i § 14-3 fravikes, men da må det dokumenteres at bygningens varmetapstall ikke øker. Varmetapstallet beregnes etter NS 3031 [6].

### 4.3.2 UTFORMING AV ANLEGGET

God planlegging av et ventilasjonsanlegg kan bidra til å redusere en bygnings energibehov. Viftetype og -effekt, filtervalg, kanalføring og behov for lydtempere påvirker energibehovet.

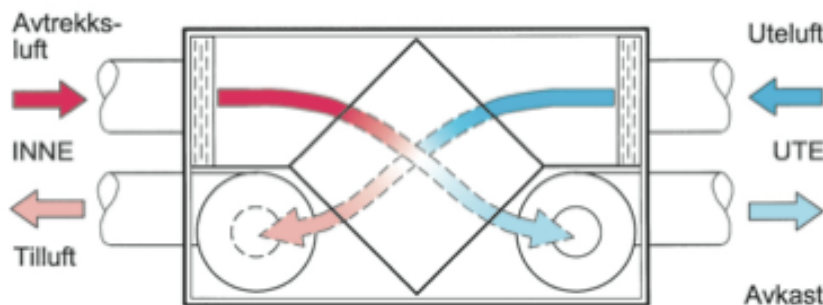
I følge Byggforsk utgjør energibehovet til viftedrift i næringsbygg om lag 15-20 % av det totale energibehovet. I bolighus vil det på grunn av lavere ytelseskrav være noe mindre andel. Den spesifikke vifteeffekt (SFP-faktor) skal i henhold til TEK10 § 14-3 være under 2,5 for boligbygninger. Dette er et forholdstall mellom hvor mye elektrisk effekt som brukes og den luftmengden som forflyttes av viftene. Lav SFP-faktor vil altså bidra til lavere energibruk, men investeringskostnadene varierer med valg av vifte.

En annen faktor som påvirker er viftesystemets virkningsgrad, som beskriver hvor stor del av den tilførte elektrisk effekten som faktisk brukes til å transportere luft i anlegget. Dette tallet avhenger av valg av viftetype og motoreffekt.

Grunnlaget for valg av vifte og og virkningsgrader er beregningene av trykkfallet. Filter, som renses tilluft og forebygger ødeleggelse av anlegget, skaper trykkfall. Bønder på kanaler, ventiler, unødvendige strekninger og lydempere gir også økt trykkfall. ”Kritisk vei” er den veien fra aggregat til ventil som gir størst trykkfall [51].

#### 4.3.3 VARMEGJENVINNER

Hensikten med å installere en varmegjenvinner er å overføre varmen i avtrekksluften til tilluften. Effekten av dette er redusert energibehov til oppvarming av luften og reduksjon av trekk i forbindelse med tilluft [52]. Figur 14 viser prinsippet for en varmegjenvinner.



FIGUR 14: PRINSIPP FOR EN VARMEGJENVINNER [BKS: 552.340]

Det er i hovedsak to typer varmegjenvinnere; regenerativer og rekuperativer. De regenerativer overfører varme ved at en flate er vekselvis i avtrekksluft og tilluft. Den vanligste typen er roterende varmegjenvinner, som er et rotorhjul med små kanaler. Denne er mest brukt i bolighus. Kammervarmegjenvinner består av to separate kassetter med et spjeld i midten som avgjør om det skal kanalveggene skal avgi varme til tilluften eller oppta varme fra avtrekksluften.

Rekuperative varmegjenvinnere overfører varme via væsker eller et skillende element. De vanligste typene er krysstrøms- og væskekoplete varmegjenvinnere.

Valg av type varmegjenvinner avhenger av bygningens størrelse og bruk.

Investeringskostnader, vedlikeholdskostnader, plassbruk og virkningsgrad må sees i sammenheng med besparelse som kan oppnås i bygget. Besparelsene er større i større bygg som f. eks. svømmehall enn en bolig [52].

#### 4.3.4 KJØLING

Flexit, som er en av de landsledende leverandørene på ventilasjonsanlegg, opplyser om at de krav passivhusstandarden og TEK10 setter til luftutskiftning ikke er store nok



mengder for å kunne varme eller kjøle ned boligen. Man kan installere kjølebatterier koblet til varmpumpeanlegg, men passivhusstandarden gir ikke mulighet for mekanisk kjøling. Flexit opplyser også om at det også i passivhus og andre hus med balansert ventilasjon er meningen å kunne senke temperaturen på sommertid ved å åpne vinduer [53].

#### 4.3.5 VEDLIKEHOLD

Jevnlig vedlikehold av ventilasjonsanlegg er nødvendig i alle typer bygg. I verste fall kan det oppstå kapasitetsreduksjon på 50 % allerede to år etter installasjon. Som følge av dette vil energibehovet for å drifte anlegget bli tilsvarende høyere. Partikler avsettes gjennom hele anlegget. Støv, midd, bakterier, sopp og fibre må fjernes regelmessig. Mye av dette blir fanget opp av filter, som leveres i ulike varianter og kvaliteter. Det filterne ikke klarer å fange opp avsettes andre steder i anlegget. Dårlig vedlikehold kan føre til stor brannfare, men også helsemessige plager som konsentrasjonsvansker, hodepine og allergi [54].

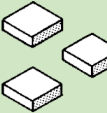
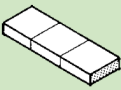

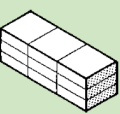
Byggforsk sine beregninger viser at *"varmetap via ventilasjon utgjør nesten 5 % av energibruken i Norge"* [55]. Minstekravet til ventilasjon i boliger er 0,5 luftutvekslinger per time. I en bolig på 150 m<sup>2</sup> betyr dette at over 1,6 millioner m<sup>3</sup> luft skal varmes opp fra ute- til innetemperatur i året. Har man en varmegjenvinner i det balanserte ventilasjonsanlegget kan man spare mellom 70-90 % av denne energien. På denne måten kan man bare spare betraktelige mengder energi og penger, og besparelsene er enda større i institusjoner og yrkesbygg der krav til luftutskiftninger er høyere [24].

## 4.4 PLASSERING, UTFORMING OG BRUK

### 4.4.1 GEOMETRI

Formen til et bygg vil ha stor innvirkning på energibruken. Varmetapet øker i takt med fasadearealet. Den mest energieffektive er derfor å bygge kubisk, der gulvarealet vil være størst i forhold til fasadearealet. Sammenhengen mellom varmetapet på tre frittliggende boliger og kjede-/rekkehus er illustrert i tabell 10. En ren kubisk form vil også redusere antall geometrisk betingede kuldebroer og lengdene på de i forhold til et bygg med flere arker og karnapper.

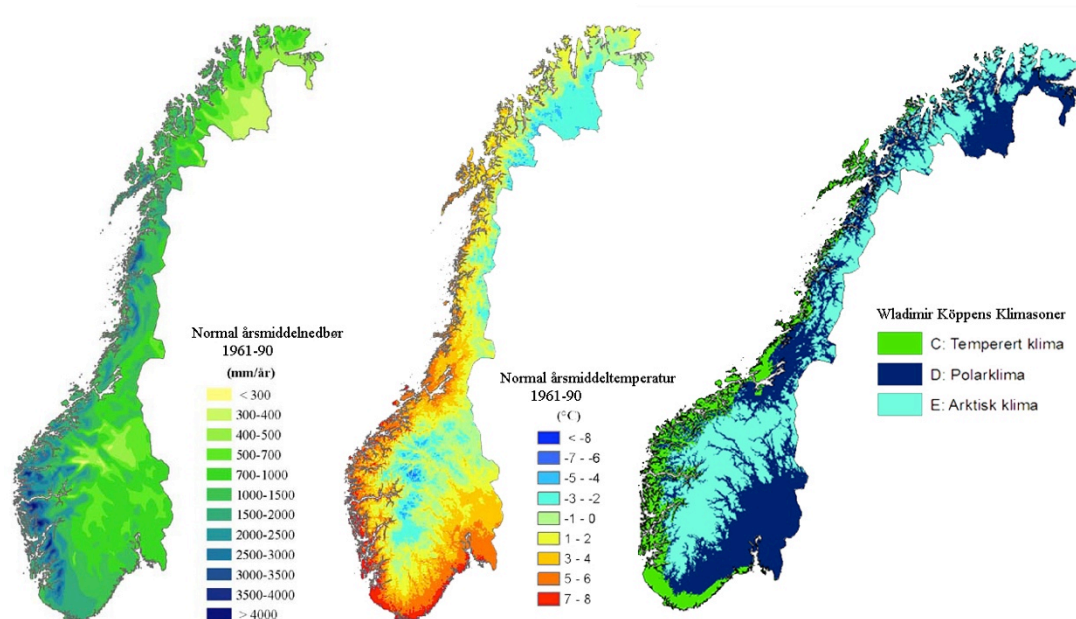
**TABELL 10: HVORDAN VARMETAPET PÅ BOLIGER BLIR REDUSERT VED Å REDUSERE OVERFLATEAREALET [BKS: 222.220]**

				
	Fritt-liggende	Vannrett forbundet	Loddrett	Vannrett/Loddrett
Overflate pr. enhet	320	280	187	147
Relativ overflate pr. enhet	1	0,88	0,58	0,46
Relativt varmetap med 15 % vindusareal	1	0,91	0,71	0,62

I tillegg til formen på bygget, vil planløsningen også påvirke energibruken. Ved å plassere de varmeste rommene sentralt i bygget, vil transmisjonsvarmetapet gå til andre rom istedenfor ut gjennom ytterveggene. Små og arealeffektive rom gir mindre oppvarmingsbehov og mindre tap av ventilasjonsvarme.

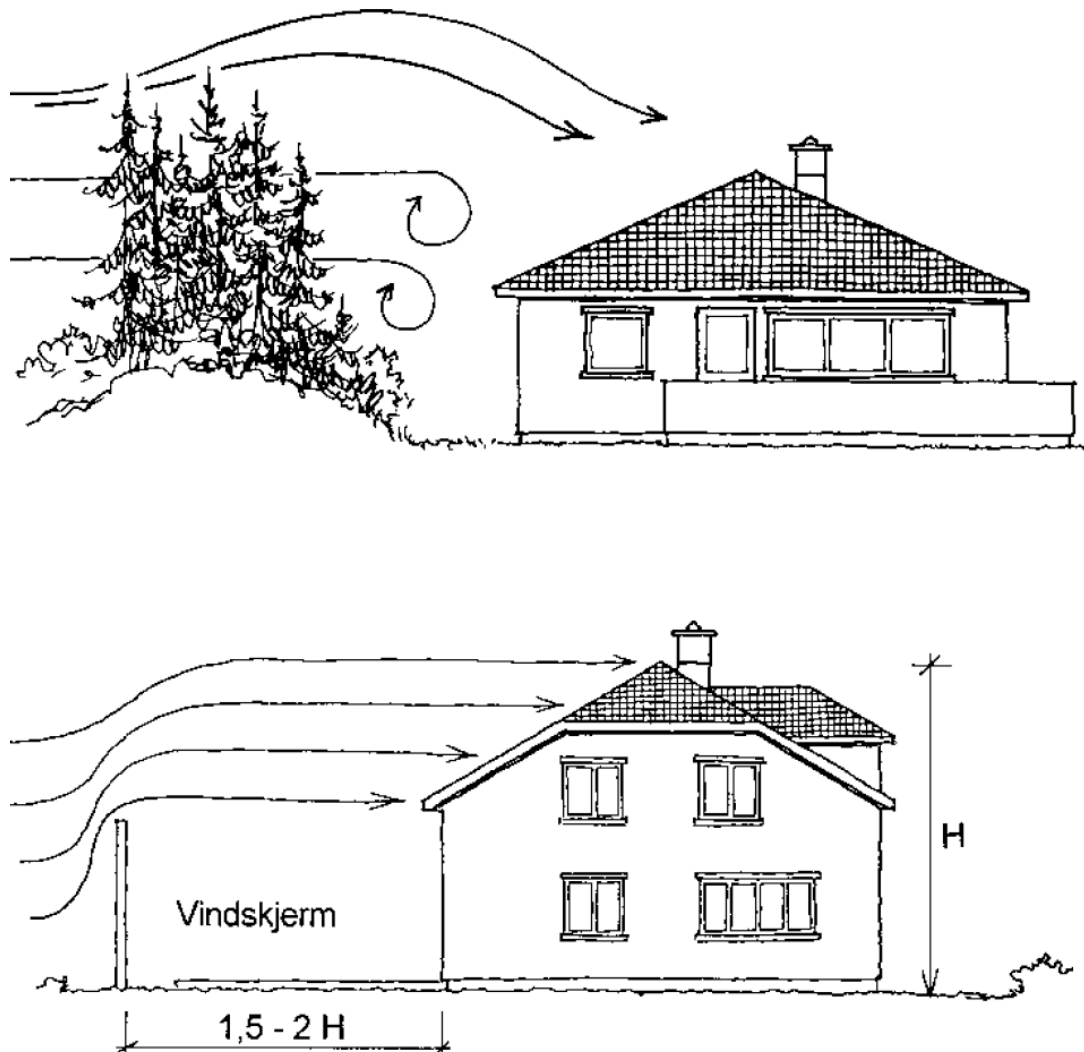
#### 4.4.2 LOKALKLIMA

Norge er et langstrakt land med store variasjoner i klimaet som utsetter bygg for ulike utfordringer og gir ulik energibruk, men også innen for det samme området vil variasjonene være store. Hvordan tomten ligger i terrenget og hvordan bygget blir plassert på tomten er utslagsgivende for energibruken. Figur 15 viser variasjoner av nedbør og temperatur i Norge.

**FIGUR 15: ÅRSMIDDELNEDBØR, ÅRSMIDDELTEMPERATUR OG KÖPPENS KLIMASONER [WWW.MET.NO]**

Solforholdene på en tomt avhenger av flere lokale faktorer i tillegg til breddegraden. Trær, andre bygg og fjell kan begrense tilgangen på solvarme og dagslys. Når vi vet hvor viktig energien fra solen er for energibruken til et bygg, blir det derfor viktig å utnytte den stedlige solen best mulig.

Ved å redusere vindutsettingen av et bygg vil varmetapstallet gå ned fordi infiltrasjonen blir mindre og stillestående luft rundt bygget vil ha en viss varmekapasitet. Utformingen av bygget og ekstern vindskjerming er de viktigste faktorene for å redusere vindutsettingen på en gitt tomt. Ved å ha en lav terrenghøyde mot den vindutsatte retningen vil bygget få mindre vindtrykk [56]. Avskjerming kan også oppnås ved å bygge levegg eller tett hekk på lo side eller ved å plassere hus hensiktsmessig i forhold til hverandre på tomten, se figur 16. Det vil være svært gunstig å la en uoppvarmet garasje eller bod skjerme et bolighus for vind.



FIGUR 16: HVORDAN VINDUTSETTINGEN PÅ EN BOLIG KAN REDUSERES VED HJELP AV ANDRE ELEMENTER PÅ TOMTEN [BKS: 222.220]

#### 4.4.3 GEOGRAFI

Utarbeidelsen av nye arealplaner legger den første føringen på energibruken til et nytt boligfelt. Avstanden til arbeidsplasser, offentlig kommunikasjon, energikilder og eksisterende infrastruktur vil påvirke utslippene både fra bygging og bruk av feltet [56]. Dette temaet blir ikke behandlet i oppgaven siden det er vanskelig å måle og det ikke finnes offentlige krav på området.

## 5 TEORI – ØKONOMI

I denne oppgaven skal det sammenlignes tiltak som skal gi tiltakspakker som skal tilfredsstillende passiv- og nullhusstandard. Pakkene blir satt sammen ut i fra energiøkonomiske hensyn, men også etter investeringskostnad og kostnad ved reinvesteringer. Det blir ikke gjort lønnsomhetsbetrakninger i den grad at strømpriser og andre variabler blir tatt hensyn til, da dette ikke er aktuelt for oppgavens problemstilling. I reinvesteringene brukes nåverdimetoden for sammenligning mellom ulike tiltak med forskjellige reinvesteringsbeløp på ulikt tidspunkt.

### 5.1 NÅVERDIMETODEN

Nåverdimetoden er den mest brukte metoden for investeringsberegninger og gir det beste resultatet siden nåverdien måles i absolutte mål, det vil si at lønnsomheten måles i kroner [57]. Slike beregninger er også gjort i blant annet rapporten "Økonomi knyttet til bygging og drifting av passivhus" laget av Trøndelag Forskning og Utvikling AS i 2010 [58]. I denne oppgaven brukes nåverdimetoden til å finne ut dagens verdi av fremtidige reinvesteringer; enten det er investeringer i et spesielt år eller det er summen av alle årlige investeringer.

Formelen for nåverdi kan uttrykkes:

$$NV = \sum_{t=0}^n \frac{K_t}{(1+r)^t}$$

der  $r$  = kalkulasjonsrente, rentekrav  
 $K_t$  = årlige vedlikeholdskostnader i år  $t$   
 $t$  = tid i år  
 $n$  = antall år

### 5.2 KALKULASJONSRENTE

Kalkulasjonsrenten som er brukt i denne oppgaven er satt til 4%. Dette er det samme som Norsk Teknologi bruker i sin TEK-kalkulator. Norsk Teknologi er et samarbeid mellom flere bransjeforeninger innen tekniske fag. I 2008 utarbeidet de et program som skal hjelpe utbyggere og entreprenører med å gjennomføre nåverdiberegninger av alternative varmesystemer. Dette nettbaserte programmet benyttes av blant annet Block Watne [59].

### 5.3 TILSKUDDSORDNINGER

Som nevnt i kapittel 3.6 er det både i det sentrale Europa og USA gode støtteordninger for de som vil investere i miljøvennlige og energieffektive løsninger. I Norge finnes det blant annet ordninger i form av kommunale enøktilbud og Husbankens satsning på miljøvennlige boliger. Husbankens støtte blir hovedsakelig gitt i form av gunstige lån til bygging av nye boliger. I tillegg kan det gis tilskudd til tilstandsanalyser for å avdekke potensiale for utbedringer [60].

Enova er et statsforetak som gir den beste støtteordningen for boligutbyggere i Norge. Det gis støtte til pellets-kamin, pelletskjel, væske-vann varmpumpe, luft-vann varmpumpe, sentralt varmestyringssystem og solfanger. Man får mellom 10% og 20% av de dokumenterte kostnadene eller et maksimalt beløp som mer eller mindre tilsvarer denne andelen. Det er Olje- og Energidepartementet som har gitt Enova i oppdrag å etablere ordningen, og fra juli 2011 følger "Tilskuddsordningen for husholdninger" bestemmelser gitt i Energifondet [61].

I Norge må man ha konsesjon for å kunne omsette elektrisk kraft [62]. Dette har skapt problemer for initiativtagere som har produsert mer energi i sin bolig enn de forbruker. Selv om det er åpent kraftmarked i Norge, kreves det normalt for mye av produsenten til at en privatperson kan levere strøm. Som en følge av denne problematikken har Nordisk Energiforskning inngått et samarbeid med femten andre europeiske institusjoner om et prosjekt som kalles Smart Grid ERA-NET. Målet med dette er å løse problemer tilknyttet forbrukeratferd, store forsyninger av fornybar energi og høy grad av distribuert produksjon. Infrastrukturen til forsyningsnett i hele Europa må legges om for å oppnå den europeiske energihandlingsplanen "Energy Policy for Europe". Per 14.02.12 har ikke dette samarbeidet ført til noe konkret som oppfordrer privatpersoner i Norge til å produsere elektrisitet [63].

Tidligere olje- og energiminister Terje Riis-Johansen fremmet i 2010 et forslag til gjeninnføring av elsertifikater til produsenter av fornybar energi [64]. En tidligere ordning, der uttrykket "grønne sertifikater" som regel ble brukt, ble avskaffet i 2006. Dette er en felles svensk-norsk støtteordning som omfatter energi basert på vann, vind, sol og bioenergi. Produsentene som blir innlemmet i ordningen blir tildelt elsertifikater, og brukere og leverandører blir pålagt å kjøpe dette. Også småprodusenter av energi, som privathusstander, vil kunne bli tildelt elsertifikater. I februar 2012 delte Statnett ut 200 millioner elsertifikater [65].

## 6 METODE

### 6.1 SAKSTUDIE

Denne oppgaven er bygget opp etter metoden saksstudie, som innen forskning brukes ved kvalitative undersøkelser. Fremfor å undersøke få variabler innenfor et felt sentreres problemstillingen mot et bestemt tilfelle; i dette tilfellet Trestakkveien.

Opparbeidet kunnskap fra fem års studie i byggefag vil gi grunnlag for vurderinger gjort i oppgavens første deler. Tiltak for å kunne oppnå passivhus- og nullhusstandard vil på grunnlag av teorien som belyses og i samarbeid med veiledere velges ut for aktuelle vurderinger i det aktuelle saksstudiet.

#### 6.1.1 FREMGANGSMÅTE

For å kunne sammenligne de ulike tiltakene bygges det først opp en Simien-modell der det samlede areal og bygningsorientering er inkludert. Dette er en forenklet modell som skal belyse betydningen av et tiltak på en rask og tidsbesparende måte. Modellen bygges allikevel opp med nok variabler slik at betydningen vil gjenspeile virkningen i en ferdig oppbygget simuleringsmodell. Disse ulike tiltakene og virkningene presenteres i kapittel 10 og er grunnlaget for sammensetningen av tiltakspakkene for å oppnå de to nivåene.

Når virkningene av tiltakene er vurdert i samråd med veiledere vil tiltakene inkluderes i en Simienmodell der alle leiligheter er omhyggelig oppbygget med alle inndelinger, avgjørende komponenter og orienteringer. Når tiltakspakkene er valgt ut og simulert vil energiberegninger og betraktninger presenteres i resultatkapittelet, for så å bli vurdert og diskutert i kapittel 12.

### 6.2 VERKTØY - BRUK OG ANVENDELSE

#### 6.2.1 ENDNOTE

EndNote er brukt gjennom hele arbeidet med denne oppgaven. Dette programmet er et kommersielt referanseprogram som brukes til å administrere alle kilder. Siden oppgaven har blitt skrevet av to studenter, har hele referansebiblioteket vært knyttet opp mot internett. Programmet er produsert av amerikanske Thomson Reuters og har vært tilgjengelig på UMB sine hjemmesider.

#### 6.2.2 SIMIEN

For å vurdere effektene av de ulike energitiltakene opp i mot aktuelle krav vil vi bruke det norskproduserte verktøyet Simien 5.08 (Simulering av Inneklima og Energibruk i

Bygninger) utviklet av Programbyggerne ANS. "Simien er et simuleringsverktøy som evaluerer et bygg i forhold til byggeforeskrifter, energimerkning, beregning av energibehov, validering av inneklime og dimensjonering av oppvarmingsanlegg, ventilasjonsanlegg og romkjøling" [66]. Den gjeldende versjonen, 5.08, er oppdatert etter TEK10 og NS 3700:2010 for boligbygg bygget etter lavenergi- og passivhusstandarden. Simuleringene følger de dynamiske beregningsmetodene fra NS 3031:2007.

En prosjektil bygges opp med klimadata, bygningskategori, energiforsyning, soner og rom. De ulike sonene får definert fasadeareal, vegg og vinduskvaliteter, samt orientering, solavskjerming og koblinger til andre soner. Til slutt legges romoppvarming, kjøling, ventilasjonsbehov og internlaster fra prosessene i rommet inn.

Simien kan gjøre årssimuleringer som gir netto energibruk og levert energi til bygget. Verktøyet kan også gjøre simuleringer av noen kalde vinterdager for å finne effektbehovet til oppvarming i de ulike sonene eller simulere en sommermåned for å se hvor høy innnetemperaturen blir i driftstiden.

Simien simulerer fire punkter fra TEK10 [66]:

- Energiltak: Glassareal, U-verdier, kuldebroer, lekkasjetall, vifteeffekt og virkningsgrad varmegjenvinner
- Varmetapsbudsjett: Transmisjonstap bygningskropp, varmetap infiltrasjon og ventilasjon
- Energiramme: Netto årlig energibehov beregnet med Oslo-klima og endel faste verdier
- Minstekrav: Absolutte minstekrav for U-verdier og lekkasjetall

### 6.2.3 ARCHICAD

For å tegne nye løsninger har det blitt brukt tegneprogrammet ArchiCad i denne oppgaven. Dette er et BIM-støttende CAD-program som er utviklet av det ungarske firmaet Graphisoft. I denne oppgaven er det brukt studentversjoner av programmet fra Graphisoft Norge.

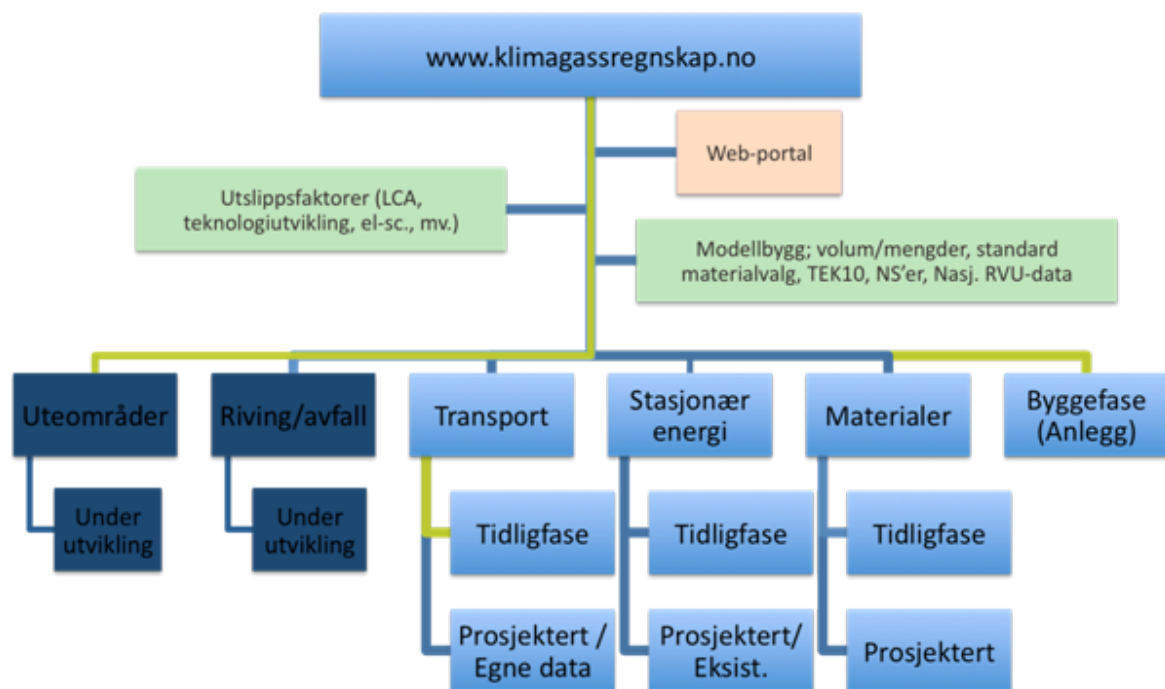
### 6.2.4 KLIMAGASSREGNSKAP.NO

Dette er et web-basert beregningsverktøy for klimagassutslipp fra byggeprosjekter. Arbeidet med dette ble startet i 2006, og i 2011 ble versjon 3 lansert. Utviklere er Statsbygg og Civitas, som er en konsulentgruppe som blant utreder og gir råd innen miljøsektoren. I tillegg samarbeider Miljøverndepartementet med hovedutviklerne.



Metodisk forholder beregningene seg til de føringer som gis av den europeiske standardkomiteen og omfatter alle klimagassene som inngår i FNs klimakonvensjon og Kyotoprotokollen [67].

Beregningene skal fungere som livssyklustregning der bygget er beregningens funksjonelle enhet. Både direkte og indirekte utslipp inkluderes. Byggefase, driftsfase og vedlikehold inngår og man må i beregningene legge inn de fakta man har om materialer, energibruk og transport. For å hele tiden kunne måle effekten av de tiltakene man foretar seg, sammenligner man utslippene med et forhåndsinnstilt referansebygg. Slik kan tiltakene sammenlignes med dagens praksis. Modellen mangler utregninger med hensyn til riving/avfall og uteområder, men disse modulene er under oppbygging. Figur 17 viser modellstrukturen i [www.klimagassregnskap.no](http://www.klimagassregnskap.no).



FIGUR 17: MODELLSTRUKTUREN I WWW.KLIMAGASSREGNSKAP.NO

I denne oppgaven vil slike beregninger brukes for å regne antall kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter/m<sup>2</sup>år og gjennom byggets livsløp. Dette kan brukes til å vurdere boligene opp i mot kravene til nullhusstandarden. Utregningene tar hensyn til utvinning og transport av råvare, foredling/produksjon, transport til byggeplass, karboninnhold i brensel og energibruk/transport ved bruk av bygget. Utslipp fra håndtering av restprodukter/avfall er ennå ikke implementert i beregningsverktøyet [67].

### 6.2.5 VELUX DAYLIGHT VISUALIZOR 2

Dette programmet brukes for å beregne dagslys og kunne dokumentere at dagslysnivåer er i henhold til regelverket. Man kan bygge opp 3D-modeller av ønskede rom man vil simulere og animere hvordan luminans, dagslysfaktor og belysning virker i rommet over en gitt tid. VELUX Daylight Visualizer 2 er utviklet av Luxion og brukes i denne oppgaven til å beregne gjennomsnittlig dagslysfaktor slik at man ser om reduksjon av vindusareal er mulig [68].

## 7 TRESTAKKVEIEN

### 7.1 PROSJEKTET

Prosjektet, som er illustrert i figur 18, består av et rekkehus med sju boenheter. Boligene er bygget i funksisstil med pulttak og store vinduer. Hver boenhet har tilgang på parkering i carport og en utendørs sportsbod. Beboerne har tilgang på felles lekeplass på eiendommen. I vedlegg 0 er det vist plan- og fasadetegninger, samt snitt.



FIGUR 18: ILLUSTRASJON AV PROSJEKTET I TRESTAKKVEIEN [WWW.BLOCKWATNE.NO]

Byggherre: Block Watne AS  
Prosjektleder: Bjørn Magne Smedsrud, Block Watne AS, Romerike  
Byggeleder: Tarjei Blåsås, Block Watne AS, Romerike

Bygget er prosjektert etter TEK07, og energiytelsen tilfredsstillende tiltaksmetoden ved hjelp av omfordeling. Det er dokumentert at installasjon av fornybar energi ikke er lønnsomt.

Konstruksjonen er utført i lett bindingsverk satt på en ringmur av armert betong. Vegger under terrengnivå er utført med en 100 mm EPS (30kg/m<sup>3</sup>), knotteplast, 100 mm sprøytebetong, 50 mm EPS (30kg/m<sup>3</sup>), 100 mm mineralull, dampspærre, 50 mm isolert utlekting og tilslutt en gipsplate.

Gulv på grunn har 250 mm isolasjon, bygd opp av 200 mm EPS (20kg/m<sup>3</sup>) og 50 mm EPS (30kg/m<sup>3</sup>). Over isolasjonen ligger en radonsperre (plastfolie) og 50 mm påstøp.

Bindingsverksvegger i klimaskjermen er bygget med 200 mm isolasjon med først 150 mm mineralull kl37 ytterst, så dampsperre og så 50mm mineralull kl37. Stenderverket har dimensjoner 48 x 148mm.

Taket har en vinkel på 6° og er isolert med 400 mm mineralull kl37 som ligger horisontalt over himlingen i 2.etasje. Bygget har et kaldt, luftet loft.

## 7.2 BOLIGENHETENE

Hver bolig har 156 m<sup>2</sup> BRA, hvorav 145 m<sup>2</sup> er primærrrom. All BRA er oppvarmet, slik at BRA tilsvarende i denne oppgaven A<sub>n</sub>, som brukes i NS 3700 om oppvarmet del av BRA.

Boligen inneholder fem soverom, to bad, vaskerom, to boder, hall og stue/kjøkken, og dette er fordelt over tre plan. Fra kjøkkenet er det utgang til delvis overbygd terrasse. Balkong er tilgjengelig fra stuen og et av soverommene.

Standarden på boligene er i følge salgsprospektet god med kjøkken-, bade- og garderobeinnredninger fra HTH, eikeparkett på gulvene i oppholdsrommene, samt fliser og varmekabler på våtrom og i hallen. Boligene har også røropplegg til sentralstøvsuger, alarmanlegg og vannsikringssystem koblet til alarmanlegget. Figur 19 viser plantegninger av én leilighet.



FIGUR 19: PLANTEGNINGER AV ÉN LEILIGHET [WWW.BLOCKWATNE.NO]

### 7.3 TEKNISKE INSTALLASJONER

Boligene har hvert sitt balanserte ventilasjonsanlegg. Det er tilluft i alle oppholdsrom og avtrekk i våtrom og på kjøkken, og slik fungerer hver leilighet som én ventilasjonszone. Dette anlegget har en roterende varmegjenvinner med en temperaturvirkningsgrad på 0,83. Viftene har en samlet effekt på 207 W i hver leilighet og en SFP-faktor på 1,35.

Boligen varmes primært opp med en pelletsovn. Badene, vaskerommet og hallen har elektriske varmekabler i gulvet.

### 7.4 TOMTER

Tomten til dette prosjektet ligger i Trestakkveien i et nyutbygget boligområde på Vardefjellet ved kommunegrensen mellom Skedsmo og Sørumsund. Tomten ligger i en skråning og grenser til marka mot vest. Tomten har god utsikt mot øst. Underetasjen i boligene ligger på 268 moh. Tomten er på 2565 m<sup>2</sup>. Igangsettelsestillatelse for grunnarbeider ble gitt av Sørumsund kommune 2. september 2009. Prosjektet har en BYA-andel på 34,87 % og det maksimalt tillatte er i dette tilfellet 35 %. Figur 20 viser tomten der prosjektet er ført opp.



FIGUR 20: TOMTEN DER TRESTAKKVEIEN ER BYGGET [WWW.BLOCKWATNE.NO]

Simuleringene i oppgaven vil som nevnt ta for seg to tomter. I tillegg til den eksisterende tomten vil en tilsvarende tomt i Sola kommune bli behandlet. Sola kommune er valgt fordi det er store ulikheter i snøbelastning, temperatur- og vindforhold i dette området i forhold til Sørumsund. De forskjellige meteorologiske statistikkene er gitt i tabell 12.

## 7.5 KLIMADATA

Simuleringsverktøyet Simien bruker data fra en egen klimadatabase. De aktuelle verdiene er vist nedenfor i tabell 11. Andre relevante verdier er listet opp i tabell 12 og kommer fra Meteorologisk institutt sine normaltabeller fra 1971-2000 [69]. Tallene gir det gjennomsnittlige antall dager med de ulike værforholdene i perioden 1971 til 2000. Målestasjonene ligger henholdsvis 7 og 202 meter over havet.

TABELL 11: KLIMADATA FRA SIMULERINGSPROGRAMMET SIMIEN SIN EGEN DATABASE [SIMIEN]

<b>Klimadata</b>	<b>Gardermoen</b>	<b>Sola</b>
Midlere temp. dim. Sommer [°C]	21,1	18,8
Midlere temp. dim. Vinter [°C]	-25,3	-14,7
Årsmiddeltemperatur [°C]	5,3	7,4
Midlere horisontal solfluks [W/m <sup>2</sup> ]	106	86,8
Årsmiddel relativ luftfuktighet [%]	75,4	79,4
Årsmiddel vindhastighet [m/s]	2,8	4,4
<b>Andre tomtedata:</b>		
Høyde over havet [m]	268	50
Terrengkategori	2	2

TABELL 12: SAMMENSTILLING AV KLIMADATA PÅ DE TO TOMTENE [METEOROLOGISK INSTITUTT]

## Sola

Temperatur	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des	år
<b>Maksimumstemperatur</b>													
10 °C eller høyere	0	0	2	11	27	30	31	31	30	23	6	1	192
20 °C eller høyere	-	-	0	3	5	8	7	1	0	-	-	-	25
25 °C eller høyere	-	-	-	0	0	1	1	2	-	-	-	-	4
<b>Minimumstemperatur</b>													
lavere enn 0 °C	15	15	12	7	1	-	-	-	0	2	8	12	72
lavere enn -10 °C	2	1	0	-	-	-	-	-	-	0	1	5	5
lavere enn -20 °C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
lavere enn -30 °C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Døgnmiddeltemperatur</b>													
lavere enn 0 °C	9	9	4	0	-	-	-	-	-	3	7	32	32
lavere enn -10 °C	1	0	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	1
lavere enn -20 °C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 °C eller høyere	-	-	0	2	15	27	31	31	24	11	1	0	141
20 °C eller høyere	-	-	-	0	0	0	1	1	0	-	-	-	3
<b>Nedbør</b>													
0,1 mm eller mer	21	18	19	16	16	15	16	19	21	22	21	22	226
3 mm eller mer	11	9	8	6	6	7	7	9	12	13	13	12	113
10 mm eller mer	3	3	3	1	2	2	3	4	5	5	5	4	40
25 mm eller mer	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	4
40 mm eller mer	0	-	-	0	-	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Vind</b>													
frisk bris eller mer	19	14	18	15	15	14	12	14	16	17	17	19	190
liten kuling eller mer	12	8	11	7	6	4	4	4	7	10	10	12	95
stiv kuling eller mer	5	3	4	2	1	1	0	1	1	3	4	5	29
sterk kuling eller mer	2	1	1	0	0	-	0	0	1	1	1	1	7
<b>Snødybde</b>													
5 cm eller mer	5	4	1	0	-	-	-	-	-	0	3	12	12
25 cm eller mer	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1
50 cm eller mer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Gardermoen

Temperatur	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des	år
<b>Maksimumstemperatur</b>													
10 °C eller høyere	0	0	1	9	28	30	31	31	27	11	1	0	169
20 °C eller høyere	-	-	-	0	6	12	19	13	1	0	-	-	52
25 °C eller høyere	-	-	-	-	1	4	6	4	0	-	-	-	14
<b>Minimumstemperatur</b>													
lavere enn 0 °C	29	26	27	18	4	0	-	0	3	11	22	29	167
lavere enn -10 °C	13	12	6	0	-	-	-	-	-	0	4	11	47
lavere enn -20 °C	3	3	1	-	-	-	-	-	-	-	0	2	8
lavere enn -30 °C	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<b>Døgnmiddeltemperatur</b>													
lavere enn 0 °C	25	23	19	4	0	-	-	-	-	4	17	24	114
lavere enn -10 °C	8	7	2	-	-	-	-	-	-	0	1	6	22
lavere enn -20 °C	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
10 °C eller høyere	-	-	-	1	14	27	31	30	13	2	-	-	117
20 °C eller høyere	-	-	-	-	0	1	3	2	-	-	-	-	5
<b>Nedbør</b>													
0,1 mm eller mer	17	13	15	12	12	15	14	15	15	17	17	17	180
3 mm eller mer	7	5	6	5	5	7	7	7	7	8	8	7	78
10 mm eller mer	2	1	2	1	2	3	2	3	3	3	3	2	27
25 mm eller mer	-	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	3
40 mm eller mer	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	-	-	0
<b>Vind</b>													
frisk bris eller mer	6	5	6	6	7	7	5	4	6	6	5	6	68
liten kuling eller mer	2	2	1	1	1	1	0	0	1	1	2	2	14
stiv kuling eller mer	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	2
sterk kuling eller mer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0	0
<b>Snødybde</b>													
5 cm eller mer	27	25	26	15	0	-	-	-	-	1	10	23	125
25 cm eller mer	14	19	22	10	-	-	-	-	-	0	2	9	76
50 cm eller mer	6	10	14	4	-	-	-	-	-	-	0	1	35

## 8 ENERGILTAK

I kapittel 10 vil tiltak som kan energieffektivisere bygg bli presentert. Valg av tiltak er til en viss grad gjort ut fra egnethet i det faktiske tilfellet i Trestakkveien. Enkelte tiltak er vurdert som mindre gunstige, men allikevel inkludert og simulert for å belyse effekten av tiltaket. På grunn av tilpassingen er ikke alle disse tiltakene like aktuelle generelt for slike prosjekter.

### 8.1 PRIORITERING AV TILTAK

For å velge ut hvilke tiltak som skal prioriteres foran andre er det viktig å vite kriteriene for denne utvelgelsen. I målet om å oppnå passivhusstandard vil de passive tiltakene, som mer energigjerrige vegger, tak, gulv og andre komponenter, prioriteres. Disse tiltakene blir også vesentlige for å oppnå nullhusstandard.

Block Watne ønsker å bygge tradisjonelt basert på godt håndverk og høy kvalitet, men samtidig vil de selvfølgelig bygge mest mulig økonomisk besparende. Uten at dette skal forringe sluttproduktets kvalitet og bedriftens renommé vil det økonomiske bli tatt hensyn til. Dette vil vurderes ved hjelp av nåverdiberegninger for de investeringene som gjøres i byggeåret og i løpet av byggets kalkulerede levetid.

En kombinasjon av funksjon, økonomi, estetikk og effekt vil altså avgjøre hvilke tiltak som blir anbefalt å bruke i tilfellet i Trestakkveien. Prioriteringer kan gjøres ulikt i et annet tilfelle, og resultater vil følgelig kunne variere fra prosjekt til prosjekt og etter valg av prioriteringer.

Ut fra ovennevnte hensyn og grunnlag fra teoridel er noen tiltak valgt ut for å simuleres. Disse tiltakene blir tilpasset Trestakkveien og presentert i kapittel 10. Tabell 13 viser en oversikt over tiltakene.



TABELL 13: TILTAK SOM SKAL SIMULERES

Tiltakstype	Tiltak
<b>Veggoppbygninger</b>	250mm isolasjon, iso3 200mm, U=0,160
	300mm isolasjon, iso3 250mm, U=0,125
	350mm isolasjon, iso3 300mm, U=0,113
	250mm isolasjon, extreme 33 U=0,148
	250mm, extreme 33 i påføring U=0,158
	300mm, extreme 33 i påføring, U=0,124
<b>Takoppbygninger</b>	450mm isolasjon U=0,08
	550mm isolasjon U=0,073
	500mm I-profil U=0,079
<b>Gulvoppbygninger</b>	300mm EPS U=0,10
	350mm EPS U=0,09
	400mm EPS U=0,08
<b>Vinduspakker</b>	Uendret geometri, U-verdi=0,84
	Noe redusert areal U-verdi=0,79
	Mer redusert areal U-verdi=0,78
<b>Kuldebrotiltak</b>	Kuldebrureduksjon 0.05 => 0.02 [W/(m <sup>2</sup> K)]
	Kuldebrureduksjon 0.05 => 0.01 [W/(m <sup>2</sup> K)]
<b>Infiltrasjonstiltak</b>	Infiltrasjon n <sub>50</sub> 1.9 => 0.6 luftvekslinger/time
	Infiltrasjon n <sub>50</sub> 1.9 => 0.5 luftvekslinger/time
<b>Solavskjerming</b>	Utvendig, passiv solavskjerming
	Utvendig, aktiv, automatisk solavskjerming
	Utvendig, aktiv, manuell solavskjerming
	Innvendig, aktiv, manuell solavskjerming
<b>Termisk varmelagring</b>	Varmelagring, Betongskillevegger
<b>Ventilasjonstiltak</b>	Ventilasjonsaggregat (SFP=1,3 og 0,89 temp)
<b>Fornybare energiforsyninger</b>	Sentral pelletsjel, totalt varmebehov, 23kW (uten pellets)
<b>Solfangere</b>	Solfanger til tappevann, Aventa Solar
	Solfanger til tappevann, Vaillant
<b>Elektrisk produksjon</b>	Solcellepanel 40m <sup>2</sup> på sørvegg (40° vinkel)
	Solcellepanel 380m <sup>2</sup> , montert på taket (6°)
	Solcellepanel 45m <sup>2</sup> på garasjetak (6° vinkel)
	Vindturbin 6kW, Getek
<b>Varmepumper</b>	Bergvarmepumpe 22kW, tappevann og rom (uten pellets)
	Bergvarmepumpe 22kW, totalt varmebehov (uten pellets)
	Varmepumpe luft-luft 7x1,56kW (uten pellets)
	Varmepumpe luft-vann 1x10,91kW (uten pellets)
<b>Gjenvinne energi fra gråvann</b>	Kildeseparering av avløpsvann

## 9 RESULTATER – EKSISTERENDE BYGG

### 9.1 BEREGNINGER AV EKSISTERENDE BYGG

#### 9.1.1 ENERGIBEREGNING

For å finne ut hvor mye besparelser de forskjellige tiltakene skal gi må energibehovet til det eksisterende bygget beregnes i Simien. Modellen er noe forenklet, siden fem av leilighetene har tilnærmet like mye fasadeareal og solbelastning. Inndataene fra leilighetene mot nord, sør, samt en av de like på midten ble lagt inn i verktøyet.

Energibehovet til den midterste leiligheten ble så ganget med fem, slik at byggets totale energibehov kunne finnes.

Hver av de tre simulerte boenhetene er delt inn i fem soner; vaskerom/gjestebad, gjestesoverom, oppholdssone, bad 2.etasje og soverom 2.etasje. Vindusarealet tilsvarer 18,9 % av oppvarmet BRA totalt for bygget. Endeleilighetene har noe høyere vindusprosent og de resterende noe mindre. Arealforskjellene mellom boligene er illustrert i tabell 14. Merk at kolonnen "Leilighet 2-6" viser verdier for en leilighet, og at "hele bygget" er summen av alle de syv leilighetene. Resten av inndataene til energisimuleringene kan studeres i vedlegg A.

**TABELL 14: AREALER OG EGENSKAPER PÅ TRESTAKKVEIEN SLIK DET ER BYGGET.**

Dokumentasjon av sentrale inndata	Leilighet 1	Leilighet 2-6	Leilighet 7	Hele bygget
Beskrivelse	Verdi	Verdi	Verdi	Total verdi
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	143	95	137	755
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	52	52	52	364
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	47	44	47	314
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	31	28	32	203.0
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	156	156	156	1092.0
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	354	354	354	2478.0
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0.2	0.2	0.20	0.20
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0.1	0.1	0.10	0.10
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0.13	0.11	0.13	0.12
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	1.16	1.16	1.16	1.16
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	19.8	18.3	20.90	18.89
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0.05	0.05	0.05	0.05
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	45	48	51	48.0
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1.9	1.9	1.9	1.9

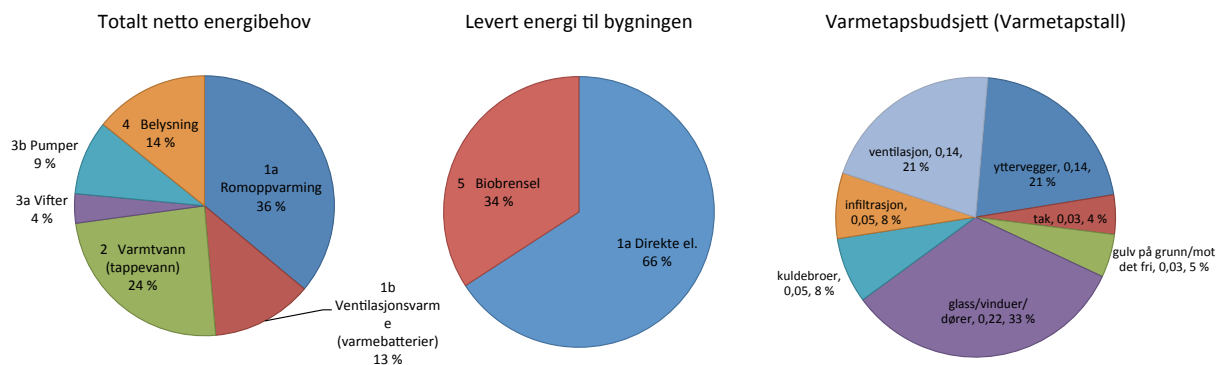
Beregningene viser at bygget tilsynelatende tilfredsstillende TEK07 ved energiramme-metoden. Totalt netto energibehov er beregnet til 122,9 kWh/m<sup>2</sup> pr. år, og tabell 15 viser de ulike energipostene. Simuleringene bak tabellen kan finnes i vedlegg B. Kravet i TEK07 var  $\left(125 + \frac{1600}{\text{oppvarmet BRA}}\right)$  kWh/m<sup>2</sup> pr. år, som med et oppvarmet bruksareal på 1092m<sup>2</sup> vil bli 126,5 kWh/m<sup>2</sup> pr. år. Merk at det valgte oppvarmingsanlegget med en

sentral pelletspeis ikke vil gi så god fordeling av varmen til soverommene som ikke har egen varmekilde. Temperaturen på en kald vinterdag viste at temperaturen var nede på 10°C på soverommene. I praksis vil nok mange varme opp rommene med ettermonterte panelovner, som vil øke andelen direkte elektrisitet til oppvarmingen. Andelen fornybart brensel ligger på 34%. I følge veiledningen til TEK07 er det formulert at minst 40% av energien må komme fra en fornybar energikilde. Bygget ble godkjent også på dette punktet grunn av en Enova-kalkyle som viste at investeringer av andre energiforsyninger ikke var lønnsomme over byggets levetid. Etter TEK10 måtte bygget hatt over 60% fornybare energikilder, siden bygget er over 500m<sup>2</sup> BRA.

TABELL 15: ENERGIBUDSJETTET TIL DET EKSISTERENDE BYGGET I TRESTAKKVEIEN

Energi budsjet	Leilighet 1		Leilighet 2-6		Leilighet 7		Hele bygget	
	Energi behov [kWh]	Spesifikt energi behov [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energi behov [kWh]	Spesifikt energi behov [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energi behov [kWh]	Spesifikt energi behov [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energi behov [kWh]	Spesifikt energi behov [kWh/m <sup>2</sup> ]
1a Romoppvarming	7869	50.6	6560	42.2	7545	48.8	48214	44.3
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	2558	16.4	2359	15.2	2464	15.8	16817	15.5
2 Varmt vann (tappevann)	4634	29.8	4634	29.8	4634	29.8	32438	29.8
3a Vifter	707	4.5	707	4.5	707	4.5	4949	4.5
3b Pumper	0	0	0	0	0	0	0	0.0
4 Belysning	1772	11.4	1772	11.4	1772	11.4	12404	11.4
5 Teknisk utstyr	2726	17.5	2726	17.5	2726	17.5	19082	17.5
6a Romkjøling	0	0	0	0	0	0	0	0.0
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Totalt netto energi behov, sum 1-6	20264	130.2	18757	120.5	19848	127.6	133897	122.9

Fordeling av postene i totalt netto energi behov er illustrert i figur 21, sammen med fordelingen av både levert energi til bygningen og varmetapsbudsjettet. Flere resultater av simuleringene kan studeres i vedlegg B.



FIGUR 21: GRAFISK FREMSTILLING AV TOTALT NETTO ENERGI BEHOV, LEVERT ENERGI TIL BYGNINGEN OG VARMETAPSBUDSJETT

Da det for nullhusene er viktig å ha kontroll på klimagassutslippene, er årlige utslipp fra det eksisterende bygget også presentert i tabell 16 som et sammenligningsgrunnlag.

**TABELL 16: BEREGNET ÅRLIG KLIMAGASSUTSLIPP AV EKSISTERENDE BYGG I TRESTAKKVEIEN**

	Leilighet 1	Leilighet 2-6	Leilighet7	Totalt
Årlig CO <sub>2</sub> utslipp	5703 kg/år	5498 kg/år	5635 kg/år	38828 kg/år

### 9.1.2 KLIMAGASSBEREGNINGER

Det er gjort beregninger for å kartlegge klimautslippene fra det eksisterende bygget i Trestakkvegen. Beregningsverktøyet klimagassregnskap.no er brukt for å utføre beregningene. Sivilingeniør Kirsti Gimnes Are fra Rambøll, som blant annet jobber mye innen klimaprojektet FutureBuilt, har gitt veiledning i bruk av programvaren. Beregningene er delt inn i fire moduler: materialbruk, anleggsfase, stasjonær energi og transport. Ifølge Enovas definisjon på nullhus, som er beskrevet i kapittel 3.4.1 skal ikke transport i driftsfasen inkluderes. Modulen transport omhandler brukernes transportbruk i husets levetid. Utslippene fra transport vil belyses, men ikke påvirke byggets egenskaper for å være et nullhus.

Mengdebeskrivelse av materialer er ikke tidligere utført, så overslag av mengder og andeler er basert på tegningsgrunnlaget fra Block Watne. Utslippene fra materialer regnes ut fra type bygg og geometriske data. Det vil si mengder av bebygd areal (BYA), bruttoareal (BTA) og bruttoareal kjeller (BTK) og avledede størrelser på grunnlag av dette (se vedlegg C for illustrasjon). I klimagassregnskap.no velges byggtipe "rekkehus u/kjeller, normal standard", og man får da muligheter for å tilpasse materialvalg og mengder ut i fra denne type hus. Man fordeler mengder i prosentandel og velger utførelse i kategoriene grunn og fundamenter, bæresystemer, yttervegg, innervegg, dekker, trapper og balkonger, yttertak og malerarbeider. Man kan også velge levetid på de ulike materialvalgene. Vedlegg C viser utfylling av materialdata angående yttervegg.

I anleggsmodulen vurderes det utslipp fra transport til byggeplassen, bruk av anleggsmaskiner og drivstoff/energi som er brukt i anleggsfasen. Variabler som spiller inn er avstand varene har til byggeplass, type kjøretøy og mengde og type drivstoff som brukes. Enkelte tall og antagelser har vi fått fra prosjektlederen i Trestakkveien, Bjørn Smedsrud. I vedlegg C kan man se inndatene for transport i anleggsfasen.

Energiløsningen kan velges i modulen stasjonær energi, og for det eksisterende bygget er det hentet ut data fra energiberegningene gjort i Simien, som er omhandlet i kapittel 9.1.1. Man velger et totalt energibehov for bygget man skal regne utslipp for. Fra Simien

finner man hvor stor andel som er el.spesifikt, som er formål som kun dekkes av elektrisitet, f.eks belysning, kjøkkenmaskiner og datautstyr. Man velger så fordelingen på energikilden til resten av energiforbruket. Vedlegg C viser inndata for energibehov og fordeling. Fordelingen av energivare er hentet fra Simien-beregninger.

Transportutslipp til beboerne i driftsfasen evalueres i denne oppgaven, selv om det definisjonsmessig ikke forteller oss noe om byggets nivå i forhold til nullhusstandard. I beregningene er det arealene og antall beboere som er grunnlag for mengde utslipp. For å beregne turproduksjon per person brukes det i dette bygget beregningsprogrammets standardverdier for bolig. Vedlegg C viser disse verdiene og samtidig vises reisemiddelfordelingen som er brukt. Verdiene er basert på geografisk beliggenhet "Omegn til Oslo".

Utslipp ved riving inkluderes ikke i beregningsprogrammet, men skal tas hensyn til når nullhusstandard vurderes. Gjennom avfallsrapport og miljørapport fra en riveprosess som er laget av rivningsentreprenører er det i denne oppgaven kartlagt egne tall for rivning av et bygg som i Trestakkveien [70].

Tall fra miljørapport etter riving og sanering av tre bygninger på Nesodden viser at man ved riktig avfallshåndtering av trehus kan regne med et positivt bidrag med CO<sub>2</sub>-ekvivalanter, siden energien fra forbrenningen gjenbrukes. Et positivt bidrag gjør at vi etter en slik riveprosess kan si at vi totalt har klimanytte [71]. Tabell 17 viser beregnede utslipp fra rivningsfasen. I vedlegg D vises bakenforliggende tallmateriale, antagelser og beregninger.

**TABELL 17: BEREGNEDE UTSLIPP FRA RIVINGSFASEN**

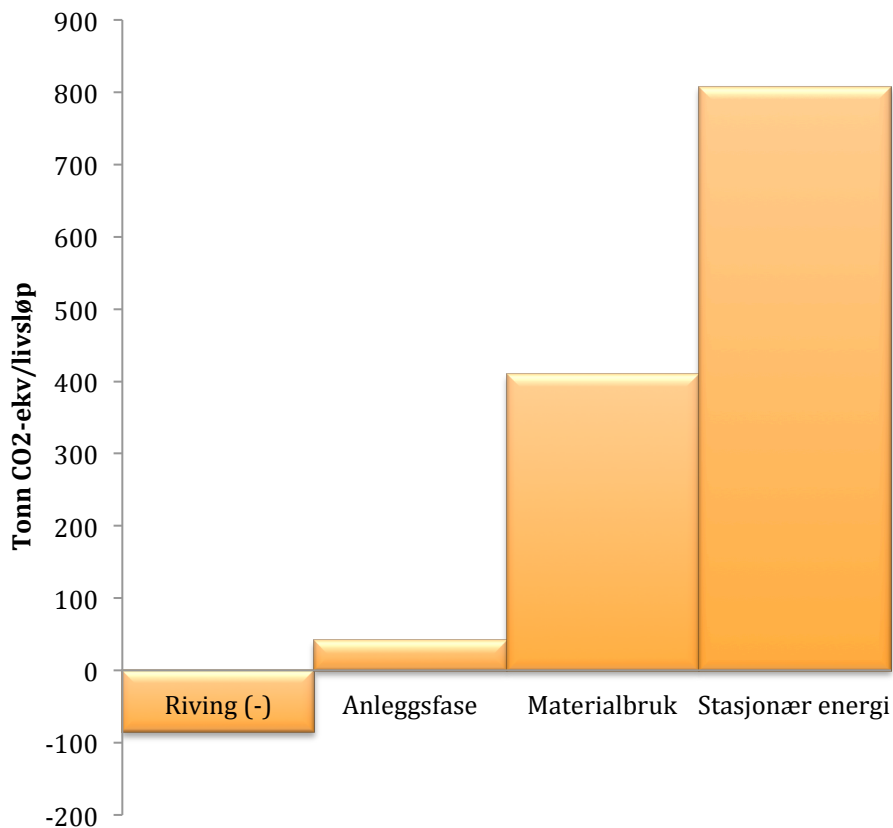
<b>Rivningsutslipp Trestakkvegen:</b>	<b>Mengde[t]</b>	<b>Utslippsfaktor</b>	<b>CO<sub>2</sub>-ekvivalenter</b>
Trevirke (ikke impregnert)	213,4	0,52	110,97
Glass	1,56	0,29	0,45
Jern og andre metaller	6,786	1,5	10,18
Betong (ren/forur.)	163,33	0,1	-16,33
EE-avfall	0,757	0,1	-0,08
Forbruk fossile kilder ifm. rivingsaktivitet (basert på areal)			-10,28
Forbruk fossile kilder ifm. avfallstransport (basert på areal)			-10,28
<b>Klimanytte ved gjenvinning, Trestakkvegen</b>			<b>84,63</b>

Klimagassregnskap.no angir en levetid på 60 år, og klimanytte fra rivning fordelt på år er da en reduksjon på 1,41 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter/år.

Tabell 18 og figur 22 viser fullstendige klimagassregnskap for de ulike modulene. Dette er hentet fra modulene i klimagassregnskap.no. I løpet av livsløpet avgir bygget i Trestakkveien netto 1175 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Tabell 18 viser også utslipp fra transport i driftsfasen, men dette er ikke inkludert i regnskapet eller i figur 22, og detaljerte utslipp fra de ulike modulene er gitt i vedlegg E.

**TABELL 18: UTSLIPP OG KLIMANYTTE – KLIMAGASSBEREGNING, EKSISTERENDE BYGG**

Modul	Tonn CO <sub>2</sub> - ekv/livsløp	Tonn CO <sub>2</sub> - ekv/år	Kg CO <sub>2</sub> - ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	Kg CO <sub>2</sub> - ekv/m <sup>2</sup> /år
Riving (-)	-85	-1,41	-72,6	-1,21
Anleggsfase	42	0,7	38,597	0,643
Materialbruk	410	6,8	375,53	6,259
Stasjonær energi	808	13,5	739,64	12,327
<b>Sum</b>	<b>1175,0</b>	<b>19,6</b>	<b>1081,2</b>	<b>18,0</b>
Transport i drift	1212	20,2	1110,32	18,505



**FIGUR 22: UTSLIPP OG KLIMANYTTE – KLIMAGASSBEREGNING**

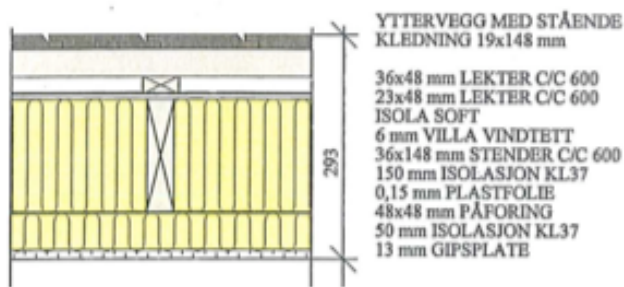
## 10 RESULTATER – ENERGILTAK

Hvert eneste tiltak er simulert og testet hver for seg i Simien med utgangspunkt i det eksisterende bygget i Trestakkveien. Tiltakene og deres effekt vil sammenstilles i kapittel 10.9, og nummereringen av hvert tiltak vil følge kapittelnumrene. Er det flere tiltak per underkapittel, vil tiltakene få benevnning med et romertall. Prisene er ekskludert merverdiavgift.

### 10.1 VARMETAP

#### 10.1.1 VEGGER

Treveggene i Trestakkvegen er bygget 200 mm tykke med U-verdi på 0,22 W/(m<sup>2</sup>K). Alle veggene er bygget opp etter prinsippet fra Block Watnes detaljhefte "Byggdetaljer" med oppbygning som på figur 23.



FIGUR 23: PRINSIPP FOR VEGGOPBYGNING FOR ALLE VEGGTILTAKENE

Det er regnet ut U-verdi for veggene som presenteres. Resultater og beregninger av dette vises i vedlegg F. Det er også gjort en undersøkelse av reell treandel i bindingsverksveggene i Trestakkveien slik de bygges etter TEK10. I et slikt trehus med tre etasjer brukes som regel bindingsverk i 48 mm virke, og ved å si at alle komponenter er i denne tykkelsen får man en treandel på 22,85 %. U-verdiene er basert på en slik treandel, men denne oppbyggingen av veggene er ikke brukt i Block Watnes passivhus som føres opp i 2012. Vedlegg G viser skisse og utregning av treandel. Prisene på tiltaksveggene er kalkulert av Block Watne.

**Tiltak 10.1.1 - I** Vegg med 250 mm isolasjon, type Glava Proff 35.

Isostender 200 mm + 50 mm påforing.

U-verdi 0,16 W/(m<sup>2</sup>K)

Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA:

kr 132,- [vedlegg H]

Veggens U-verdi er for svak med beregnet treandel og brukes ikke videre. Isolasjonsprodusenten definerer og har dokumentert dette som en vegg som tilfredsstiller passivhuskravet til U-verdi i vegg.

**Tiltak 10.1.1 - II** Vegg med 300 mm isolasjon, type Glava Proff 35.

Isostender 250 mm + 50 mm påforing. U-verdi 0,125 W/(m<sup>2</sup>K)  
Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 186,- [vedlegg H]

**Tiltak 10.1.1 - III** Vegg med 350 mm isolasjon, type Glava Proff 35.

Isostender 300 mm + 50 mm påforing. U-verdi 0,113 W/(m<sup>2</sup>K)  
Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 233,- [vedlegg H]

**Tiltak 10.1.1 - IV** Vegg med 250 mm isolasjon, type Glava Extreme 33.

Isostender 200 mm + 50 mm påforing. U-verdi 0,125 W/(m<sup>2</sup>K)  
Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 152,- [vedlegg H]

**Tiltak 10.1.1 - V** Vegg med 250 mm isolasjon, type Glava Proff 35/Extreme 33

(200+50mm) Isostender 200 mm + 50 mm påforing. U-verdi 0,158 W/(m<sup>2</sup>K)  
Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 131,- [vedlegg H]

Veggens U-verdi er for svak med beregnet treandel og brukes ikke videre.

**Tiltak 10.1.1 - VI** Vegg med 300 mm isolasjon, type Glava Proff 35/Extreme 33

(250+50mm) Isostender 250 mm + 50 mm påforing. U-verdi 0,124 W/(m<sup>2</sup>K)  
Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 191,- [vedlegg H]

### 10.1.2 TAK

Taket i Trestakkveien er bygget med pulttakstoler med 6 graders fall. Det er flat himling og isolert 350 mm med Glava 37 mellom undergurtene og oppe på disse. U-verdien på den eksisterende løsningen er 0,13 W/(m<sup>2</sup>K). Prisene på tiltakstakene er kalkulert av Block Watne.

**Tiltak 10.1.2 - I** Takstolkonstruksjon med 450 mm isolasjon, type Glava Proff 35

U-verdi 0,08 W/(m<sup>2</sup>K)  
Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 5,- [vedlegg H]

**Tiltak 10.1.2 - II** Takstolkonstruksjon med 550 mm isolasjon, type Glava Proff 35

U-verdi 0,073 W/(m<sup>2</sup>K)  
Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 18,- [vedlegg H]



**Tiltak 10.1.2 - III** Takkonstruksjon med I-profil 500 mm isolasjon, type Glava Proff 35U-verdi 0,079 W/(m<sup>2</sup>K)Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 285,- [vedlegg H]

## 10.1.3 GULV

Gulv mot grunn er i Trestakkveien bygget opp med 50 mm påstøp med 250 mm EPS delt opp i et lag med 200 mm med trykkfasthet 20 kg/m<sup>3</sup> og 50 mm med trykkfasthet 30 kg/m<sup>3</sup>. Å merisolere gulvet er et tiltak som er relativt enkelt å utføre, men det kan medføre mye ekstra arbeid knyttet til graving og utlegging.

Konstruksjonene har en spesifikk U-verdi og en ekvivalent U-verdi. Den ekvivalente er redusert for bidraget fra plasseringen mot grunnen, og det er denne verdien som skal brukes ved evaluering mot byggeforskriftene.

**Tiltak 10.1.3 - I** Gulv mot grunn med 300 mm Isolitt EPSU-verdi 0,12 W/(m<sup>2</sup>K) Ekvivalent U-verdi 0,10 W/(m<sup>2</sup>K)Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 17,- [vedlegg H]**Tiltak 10.1.3 - II** Gulv mot grunn med 350 mm Isolitt EPSU-verdi 0,11 W/(m<sup>2</sup>K) Ekvivalent U-verdi 0,09 W/(m<sup>2</sup>K)Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 32,- [vedlegg H]**Tiltak 10.1.3 - III** Gulv mot grunn med 400 mm Isolitt EPSU-verdi 0,10 W/(m<sup>2</sup>K) Ekvivalent U-verdi 0,08 W/(m<sup>2</sup>K)Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 52,- [vedlegg H]

## 10.1.4 VINDUER

Trestakkveien er bygget med 19 % andel vinduer og ytterdører i forhold til BRA. Kravet til U-verdi i forskriftene er en samlet verdi for vinduer og dører, og i Trestakkveien er U-verdien 1,2 W/(m<sup>2</sup>K). Vinduene er levert av H-vinduet Fjerdingsstad, og de er i tillegg til Nordan forespurt om å kunne levere samme vindussammensetning som det eksisterende, bare med samlet U-verdi som tilfredsstillt forskriftskravet U-verdi under 0,80 W/(m<sup>2</sup>K). Vinduene vi har fått pris på er tredoble glass med to av de som energispareglass og med en solfaktor på 0,37. Begge leverandørene har sine produkter som isolert sett har glasskvalitet som er gode nok, men med sammensetningen og utformingen med andeler karm tilfredsstillt ingen av leverandørene det samlede kravet. Grunnen til dette er hovedsakelig at ingen av de forespurte leverandørene leverer skyvedørsvinduer med de mest energibesparende glasstypene. Mer om sammenligning av vinduspakker finnes i vedlegg I.

<b>Tiltak 10.1.4 - I</b> Bytte ut vinduer med "passivhusvinduer"	U-verdi 0,85 W/(m <sup>2</sup> K)
Merkostnad for alle "passivhusvinduer" ift bygget:	kr 98 872,-
Merkostnad pr m <sup>2</sup> BRA:	kr 102,- [vedlegg H]

Tiltaket tilfredsstiller ikke forskriftens krav om U-verdi i passivhus og blir ikke aktuelt.

Ytterligere tiltak for å bedre U-verdien for vinduer og dører er behandlet i kapittel 10.6, "Geometrisk tilpasning".

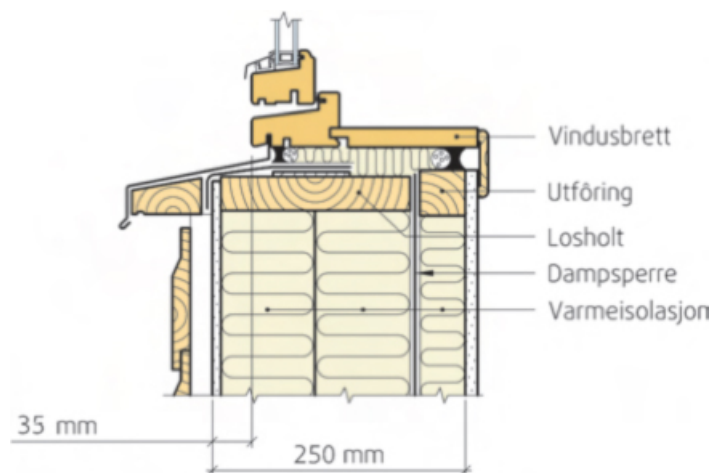
#### 10.1.5 DØRER

Kravet til U-verdi for denne bygningsdelen er satt i sammenheng med kravet til vinduer som nevnt i kapittel 10.1.4. Dørene i Trestakkveien er levert av Dooria og har en U-verdi på 0,91 W/(m<sup>2</sup>K).

Inget tiltak: Dørene beholdes, og endringer i vindussammensetning gjøres i kapittel 10.6.2.

#### 10.1.6 KULDEBROER

Block Watnes løsninger i Trestakkveien tilsvarer at det kan brukes en normalisert kuldebroverdi på 0,05 W/(m<sup>2</sup>K). Utregning av kuldebroer er et stort studium i seg selv, så i denne oppgaven er det samlet inn verdier fra flere kilder der forskning er gjort. I figur 24 resulterer dette i en utregnet normalisert kuldebroverdi på 0,02 W/(m<sup>2</sup>K). Prisene er kalkulert av Block Watne.



FIGUR 24: VINDUSINNSETTING SOM REDUSERER NORMALISERT KULDEBROVERDI [BKS: 471.017]

**Tiltak 10.1.6 - I** Vindusinnsetting som vist i figur 24 (inntrukket med tape)

Kuldebroverdi: 0,02 W/(m<sup>2</sup>K)

Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 30,- [vedlegg H]

Et annet tiltak som utgjør mye i utregningen av normalisert kuldebroverdi er de utkragede balkongene i 1. etasje og 2. etasje. Dette er totalt 14 balkonger, og beregninger gjort som i vedlegg J viser at den normaliserte kuldebroverdien kan reduseres 0,005 W/(m<sup>2</sup>K) ved å gi balkongene separat bæring på utsiden av vegglivet. Siden Simien kun har to desimaler i sin input lar ikke denne endringen seg simulere isolert sett, men sammen med et annet tiltak kunne den normaliserte kuldebroverdien reduseres til 0,01 W/(m<sup>2</sup>K). Tabell 19 viser resultatene fra vedlegg J, der normalisert kuldebroverdi er utregnet.

#### **Tiltak 10.1.6 - II** Balkonger har utvendig bæring.

Kuldebroverdi: 0,01 W/(m<sup>2</sup>K)

(Endringen ikke nok alene til å oppnå verdien, men simuleres allikevel)

Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 57,- [vedlegg H]

**TABELL 19: UTREGNING AV NORMALISERT KULDEBROVERDI ETTER TILTAK 10.1.6 - I**

		<b>Endeleilighet</b>	<b>Midleilighet</b>	<b>Totalt</b>
<b>Totalt varmetap</b>	[W/K]	4,025	2,824	22,169
<b>Oppvarmet BRA (A<sub>n</sub>)</b>	[m <sup>2</sup> ]	156,000	156,000	1092,000
<b>Normalisert Kuldebroverdi</b>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	0,026	0,018	0,020

#### 10.1.7 INFILTRASJON

Kravet til lekkasjetall er i passivhus 0,6 h<sup>-1</sup>, og for å oppnå dette må det gjøres tiltak utover det som er normalt i dagens byggebransje. En rapport skrevet av ingeniørfirmaet Unikus og Nordbohus konkluderer med at tiltak som dobbel vindtetting og mansjettløsninger i alle gjennomføringer vil bidra til tilstrekkelig lufttetthet [72].

Dette er tiltak som avhenger av de utførende, og det er viktig at tømrere forstår viktigheten ved tiltakene. Tiltakene betyr i praksis at det brukes både GU-X-plater (gips) og Isola soft (vindsperre på rull). Skjøtene på platene skal tapes, og skjøter og kanter på rullen kan klemmes med lekter eller klemlister, slik som vist på figur 25.

Mansjettløsningene må ivaretas av de underentreprenørene som er aktuelle, som ventilasjonsansvarlig og rørleggere.

I tillegg til ovennevnte løsninger vil tiltaket i kapittel 10.1.6 med bedre vindusinnsetting med tapet vindtetting bidra til lavere lekkasjetall. Priser er kalkulert av Block Watne.

Det er simulert to tiltak; ett der lekkasjetallet er 0,6 og ett der lekkasjetallet er 0,5. Det

siste tiltaket forutsetter ekstra fokus fra byggeleder om at infiltrasjonsreducerende tiltak blir ivaretatt.

**Tiltak 10.1.7 – I** Oppbygning med GU-X og Isola soft med tapede skjøter

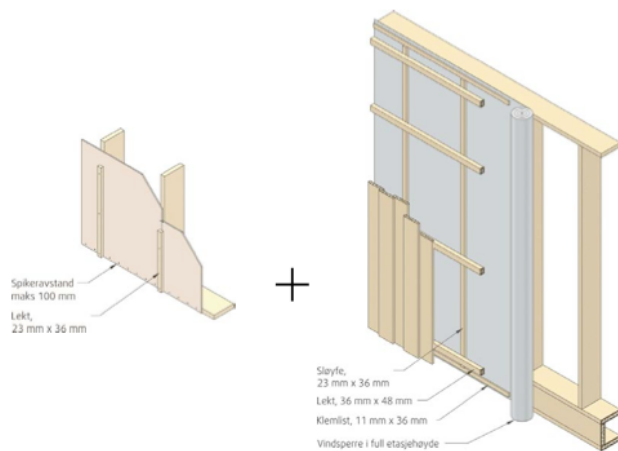
Lekkasjetall: 0,6 luftutvekslinger/time

Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 251,- [Vedlegg H]

**Tiltak 10.1.7 – II** Oppbygning med GU-X og Isola soft med tapede skjøter

Lekkasjetall: 0,5 luftutvekslinger/time

Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 251,- [Vedlegg H]



**FIGUR 25: DOBBEL VINDTETTING ER ET AV TILTAKENE FOR Å BEDRE LEKKASJETALLET [UNIKUS/NORDBOHUS]**

## 10.2 ENERGI FORSYNING

### 10.2.1 ELEKTRISITET

I Trestakkveien er det som nevnt i kapittel 7 brukt en kombinasjon av elektrisitet og bioenergi som energiforsyning. Hver leilighet har tre bad/vaskerom samt hall som det er lagt varmekabler i. Av forsyningssystemer med direkte elektrisitet vil det i denne oppgaven vurderes varmekabler og panelovner. Panelovner vil være aktuelt i alle rom, mens varmekabler vurderes kun i baderom og hall. Dette vil ikke være definert som egne tiltak i denne oppgaven, da dette vil være supplerende til valg av energiforsyning.

Pris på varmekabler er gitt av Block Watne: kr 500,- pr m<sup>2</sup> eks. mva.

To priser er innhentet på panelovner; fra Wimpel AS og fra Elhandel.no.

Varmepanel P 10 – 1000 W Beha Elektro AS 698,- eks. mva. [73]

Panelovn POB-603932 1000 W – Wimpel 379,- eks. mva. [74]

### 10.2.2 BIOENERGI

Som angitt i TEK10 er det krav om at alle boliger over 50 m<sup>2</sup> som oppføres skal installeres med ildsted. Dette gjelder ikke for passivhus. Pelletskamin fra Peisselskabet AS er montert i det faktiske bygget i Trestakkveien. Modellen heter Edge60 og kommer fra produsenten Quadra-Fire. Modellen kan gi en nominell effekt på 10,5 kW, og virkningsgraden er oppgitt til 83,3 % [75].

Denne pelletskaminen har en veiledende utsalgspris på kr 46 275,- eks mva. ekskludert installasjon. Peisselskabet AS anbefaler en årlig service til kr 2400,- inkludert mva. [76]. I følge et prosjekt i Hedmark som sammenligner oppvarmingspriser kan man regne med en driftspris på om lag 72 øre/kWh i boliger [77]. Da er ikke fraktkostnader tatt hensyn til. Kaminen har en garantitid på 10 år og en forventet levealder på 25 år.

Pelletskaminen, som er vist i figur 26, er ikke definert som et tiltak siden det er den som er utgangspunkt for vurdering av energikilder, men er belyst for å gi sammenligningsgrunnlag for økonomiske betraktninger.



FIGUR 26: PELLETSKAMIN EDGE60 [PEISSELSKABET.NO]

Alternativ bioenergi til pelletskamin er oppvarming ved hjelp av vedfyring. En type vedpeis som kan gi det samme interiørmessige inntrykket som pelletskaminen er vedpeisen Vision Line C36 som kan plasseres i hjørner eller i rettvegg. Denne kan også leveres av Peisselskabet AS, og er vist i figur 27. Prisen på denne vil være om lag kr 20 100,- eks. mva. inkludert omramming. Hvis man fyrer med bjørkeved og kjøper kvantum á 1,5 m<sup>3</sup> med en pris på kr 1000,- per sekk vil man kunne i en slik ovn kunne fyre for 103 øre/kWh [78]. Se også vedlegg K for denne utregningen. Transportkostnader er ikke inkludert.

#### Tiltak 10.2.2 – I Vedpeis Vision Line C35

Investeringskostnad: kr 20 100,-

Vedlikeholdskostnader: kr 0,-

Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA:

kr 129,- [Vedlegg H]



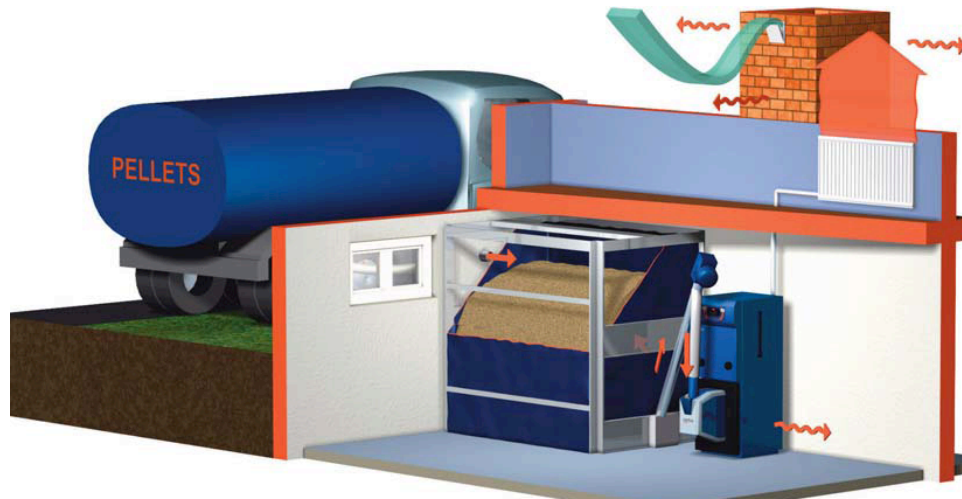
FIGUR 27: VEDPEISEN VISION LINE C36 [PEISSELSKABET.NO]

Et alternativ til separat pellets-kamin er å ha en felles pellets-kjel for hele bygget. Tiltaket er dimensjonert av Huse Biovarme og inneholder blant annet en 6,5 m<sup>3</sup> stor silo, som rommer 3 tonn pellets. Selve kjelen har navnet Janfire Intregal og har en effekt på 23 kW. Kjelen har en selvrensjørende forbrenningsdel, der prosessen krever 40 W. Forbrenningsviften trekker 7W og doseringsmotoren 13W. Kjelen, som er vist sammen med siloen i figur 28, har en innebygd vanntank på 150 liter og veier 295 kg [79].



FIGUR 28: PELLETSKJEL OG PELLETSILO FRA HUSE BIOVARME [WWW.HUSEBIOVARME.NO]

I tillegg til ovennevnte komponenter inkluderes en mater med automatisk shuntstyring, ekspansjonskjel, sikkerhetsventil og vannpumpe. Prinsippet for anlegget er vist i figur 29.



FIGUR 29: PRINSIPPSKISSE FOR PELLETSANLEGGET [WWW.HUSEBIOVARME.NO]

Systemet kan kombineres med solfangere, men trenger da en akkumulatortank til varmtvannet. Dette tiltaket forutsetter at det bygges en felles bod/teknisk rom i tillegg til distribusjonsanlegg, som blir beskrevet i kapittel 10.7. Prisen på anlegget ekskludert dette rommet er kr 154 000,-.

#### Tiltak 10.2.2 - II Felles pelletskjel med silo

Investeringskostnader inkludert fellesanlegg: kr 628 960,-

Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 279,- [Vedlegg H]

(I merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA er investering og kostnad knyttet til eksisterende biopellets kamin fratrukket)

#### 10.2.3 FOSSILT BRENSSEL

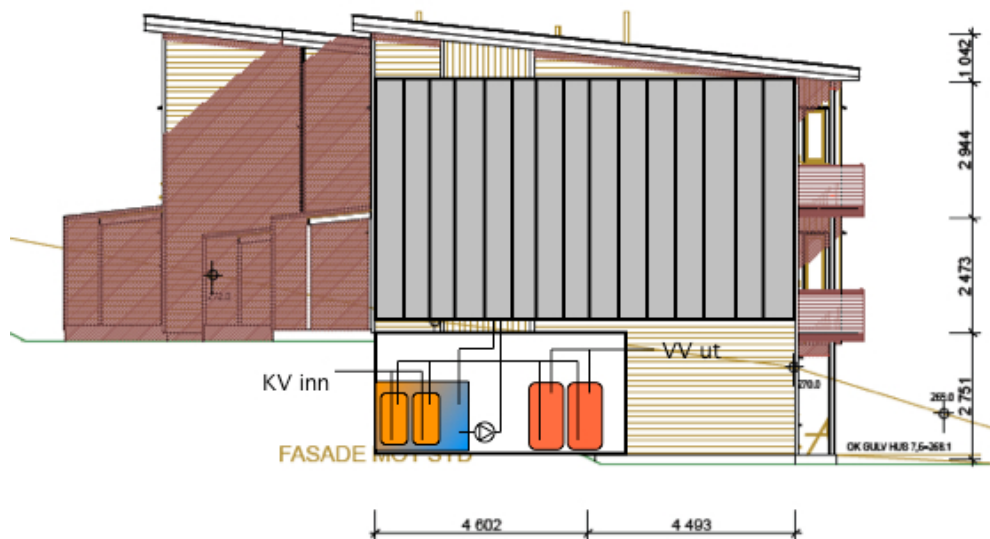
I TEK10 er det som nevnt i kapittel 3 ikke tillatt å installere oljekjel for fossilt brensel som grunnlast. Kravet i bygg over 500 m<sup>2</sup> om at 60 % av energi til netto varmebehov skal dekkes av alternativ energikilde enn elektrisitet kan ikke dekkes av fossile brenslar. Derfor ses det på som uaktuelt å vurdere dette som et tiltak. Som en sammenligning til bioenergi oppgir Grønn Varme prisen til kr 120 øre/kWh for parafin og kr 113 øre/kWh for fyringsolje [77]. Transportkostnader er ikke inkludert.

## 10.3 PRODUSERT ENERGI

### 10.3.1 SOLFANGERE

Det er hentet inn to ulike solfangeranlegg fra to bedrifter, Aventa Solar og Vaillant. Det er fra disse to bedriftene presisert at dette bygget ikke passer spesielt godt til et slikt anlegg på grunn av mangelen på sydvendt areal. Det er kun den ene gavelveggen som vender sydover, og hvis man forutsetter at de små vinduene på sydveggen fjernes, er det totalt 45 m<sup>2</sup> tilgjengelig areal. Arealet er så lite at solfangeranlegg ikke kan brukes til romoppvarming, men kun til tappevann. Tappevann er en stor energipost, og i dette bygget er behovet på 32 760 kWh.

Dette tiltaket, som er illustrert i figur 30, krever en utvendig bod som energisentral med varmelager, pumper og styring, og dette er videre omtalt i kapittel 10.7. Det kreves også en vannmåler installert i hver leilighet slik at man får differensiert regningen etter vannforbruket.

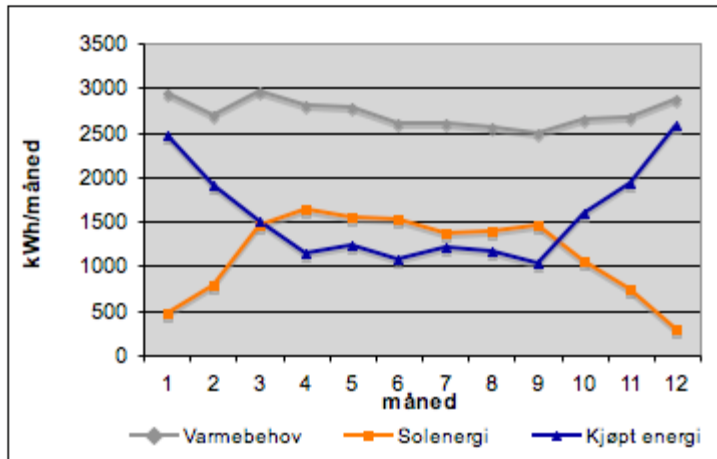


**FIGUR 30: AVENTA SOLARS SOLFANGERANLEGG PÅ SYDVEGGEN**

Aventa Solars forslag innebærer en varmelagringstank på 2000 liter og forutsetter fall fra anlegget til akkumuleringstanken. Solfangerpanelet er i dette tilfellet tenkt å ligge vertikalt som substitutt for kledningen på sydveggen. Simuleringen til Aventa Solar viser at solvarmeanlegget vil gi et forventet årlig utbytte på ca. 14 000 kWh, noe som utgjør ca. 45 % av årlig varmebehov til tappevann. Behovet for innkjøpt energi (strøm) til tappevann reduseres fra ca. 33 000 kWh til ca. 19 000 kWh årlig, og denne årlige innsparingen gjør at investeringen tilbakebetales raskt. Dette er simulert i Oslo klima, og effekten i Sola vil være ca 90% av dette. Figur 31 viser sammenhengen mellom



varmebehov, solenergi og kjøpt energi gjennom et år. Dette forslaget gir en ukomplisert installasjon med ideell plassering av solfangerer i forhold til varmelager, uten behov for stativer og kledning og lange fordyrende rørføringer. Anlegget har en estimert levetid på 20 år, men en del av slike anlegg kan leve betraktelig lenger.



FIGUR 31: SAMMENHENGEN MELLOM VARMEBEHOV, SOLENERGI OG KJØPT ENERGI

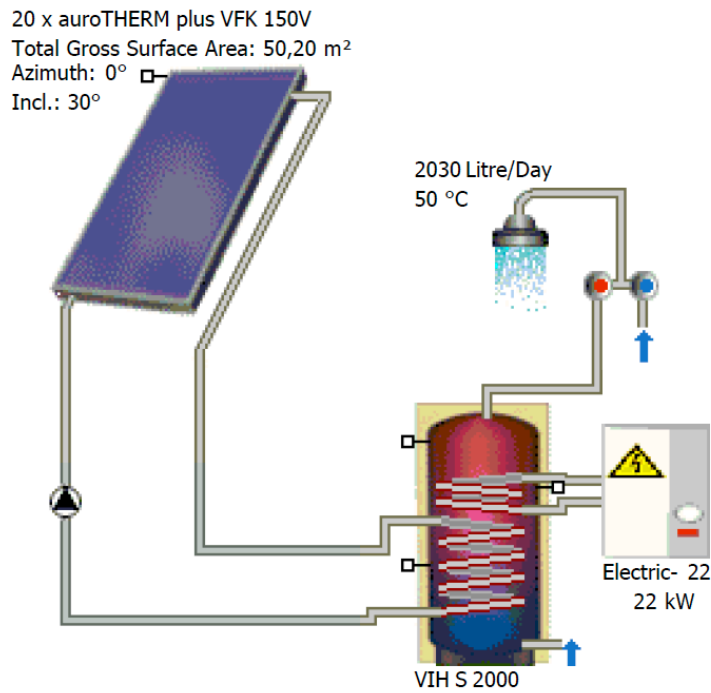
#### Tiltak 10.3.1 - I Solfangeranlegg Aventa Solar

Investeringskostnad inkludert fellesanlegg: kr 179 600,-

Vedlikeholdskostnader: kr 500,-

Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 157,- [Vedlegg H]

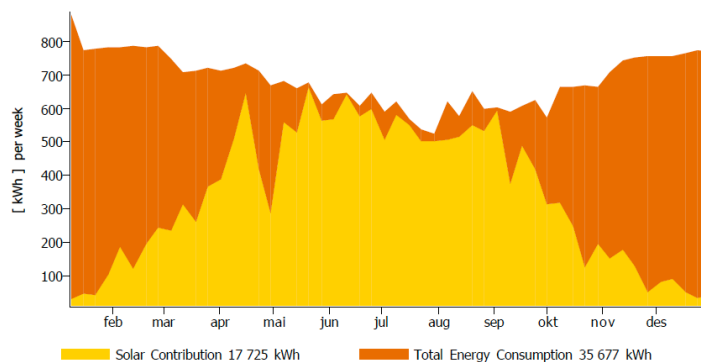
Alternativet til Vaillant Norge er også tenkt å monteres på sydveggen, men dette anlegget monteres på stativer slik at solfangerne får en helning på 45 grader, som er en langt gunstigere vinkling enn om de står vertikalt. Prinsippet, som er vist i figur 32, er likt som i tiltak 10.3.1 - I med en varmelagringstank på 2000 liter, men dette anlegget er simulert til å levere 17 700 kWh i Oslo klima. Dette utgjør ca. 54 % av det totale behovet for oppvarming av tappevann. I Sola kommune er det noe lavere stråling fra sola, og forholdstallene dette i mellom gjør at man kan regne med et årlig bidrag fra fangerne i Sola på om lag 14 000 kWh.



FIGUR 32: VAILLANTS PRINSIPPSKISSE FOR SOLFANGERANLEGG PÅ SYDVEGGEN

Levetiden opplyses å være 20 år, og i oppgavens betraktninger blir det beregnet to reinvesteringer i løpet av levetiden på 50 år. Prisen på kr 210 000,- inkluderer solfangere, styring, veggfester og solarstasjon, men ikke boden som må til som felles styringsrom. Figur 33 viser Vaillants illustrasjon på hva solfangeranlegget kan levere i forhold til totalt energibehov i Sørums kommun.

Solar Energy Consumption as Percentage of Total Consumption



FIGUR 33: VAILLANTS ILLUSTRASJON PÅ HVA SOLFANGERANLEGGET KAN LEVERE AV TOTALT ENERGI BEHOV

**Tiltak 10.3.1 - II** Solfangeranlegg fra Vaillant

Investeringskostnad inkludert fellesanlegg:	kr 270 000,-
Vedlikeholdskostnader: kr 500,-	
Merkostnad pr m <sup>2</sup> BRA:	kr 247,- [Vedlegg H]

**10.3.2 SOLCELLEPANEL**

Getek AS har beregnet to alternative solcellepanelpakker. De sier at solceller har generell levetid på 30 år, men vil fortsette å gi effekt etter dette. Produsenten gir opplysning om at panelene mister ca. 1% av effekten hvert år, men i praksis vil de miste mindre effekt enn dette. I tiltakspakkene med solcellepaneler blir det beregnet en reinvestering 25 år frem i tid. Vekselsretteren i systemet består av elektriske komponenter og kan vare svært lenge om man kjøper en med god kvalitet. I tiltakspakkene blir likevel vekselsretteren satt til å vare like lenge som resten av solcelleanlegget, 25 år.

Det første tiltaket er tilpasset sydveggen og monteres på stativer i 45 graders vinkel. Dette anlegget har en installert effekt på 5kW og kan forventes å gi 4000 kWh i året i den sørlige delen av Norge. Prisen er kr 250 000,- og har neglisjerbare vedlikeholdskostnader.

**Tiltak 10.3.2 - I** Getek 40 m<sup>2</sup> solcellepaneler på sydveggen

Investeringskostnad: kr 250 000,-	Vedlikeholdskostnader: kr 0,-
Merkostnad pr m <sup>2</sup> BRA:	kr 229,- [Vedlegg H]

Det andre alternativet Getek har gitt et forslag til er å erstatte taktekkingen på hele bygget med solcellepaneler som erstatter den tradisjonelle taktekkingen. Dette utgjør et 380 m<sup>2</sup> stort solcellepanel med en installert effekt på 51 300 W<sub>p</sub> (135 W<sub>p</sub> pr m<sup>2</sup>). Den reelle effekten ville vært noe høyere hvis taket var sydvendt, men på grunn av det slake takfallet på 6 grader blir ikke forskjellene på syd- og østvendt tak alt for store. Østvendt tak slik det er i dag vil i et normalår gi en produksjon på ca. 30 000 kWh i Sørumsdal og ca. 29 000 kWh i Sola kommune. Med en sørvendt orientering og 40 graders vinkel ville panelet kunne gi 40 000 kWh/år i Sørumsdal og 36 000 kWh/år i Sola. Anlegget vil koste 2 millioner kroner og inkluderer paneler, vekselsrettere og festestruktur. I tillegg legges til en monteringspris på 10 % av investeringskostnadene.

**Tiltak 10.3.2 - II** Getek 380 m<sup>2</sup> solcellepaneler på taket

Investeringskostnad: kr 2 200 000,-	Vedlikeholdskostnader: kr 0,-
Merkostnad pr m <sup>2</sup> BRA:	kr 1947,- [Vedlegg H]

På grunnlag av Geteks opplysninger og forholdstall mellom effekt mellom øst- og sørvendt takflate er det vurdert et tiltak med 45 m<sup>2</sup> stort solcellepanel på det garasjetaket som er vendt sørover. Dette taket har som hovedtaket 6 graders fall og vil gi 3900 kWh i Sørums og 3550 kWh i Sola. Figur 34 viser eksempel på solcellepanel på tak.

**Tiltak 10.3.2 - III** Getek 45 m<sup>2</sup> solcellepaneler på sørvendt garasjetak

Investeringskostnad: kr 260 500,-

Vedlikeholdskostnader: kr 0,-

Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA:

kr 239,- [Vedlegg H]



FIGUR 34: SOLCELLEPANEL PÅ TAK [BRITSOLAR.COM]

### 10.3.3 BERGVARME

Tiltaket som inkluderer bruk av bergvarme er utarbeidet av Vaillant Norge, som er en del av et stort internasjonalt firma som leverer alternative energiløsninger. Deres konsulent har valgt ut et passende anlegg basert på forventet varmebehov. Det må bores fire brønner, som hver er 148 meter dype fra grunnvannsnivå.

Varmepumpemodellen som foreslås heter Vaillant VWS 220 og har en effekt på 22 kW. Denne er vist i figur 35. I tillegg til selve pumpen må det installeres vannmåler i hver leilighet og lages en liten utvendig bod, som er videre omtalt i kapittel 10.7. For å fordele varmen kreves et vannbårent distribusjonssystem (gulvvarme eller radiator), som også omtales i kapittel 10.7. Systemet kan levere 88% av totalt oppvarmingsbehov, og beregningene utført av Vaillant er vist i vedlegg L.



FIGUR 35: MODELLEN TIL BERGVARME, VAILLANT VWS 220 VARMEPUMPE [WWW.VAILLANT.NO]

Prisene er gitt av Vaillant og inkluderer her selve pumpen i tillegg til boringen av de fire brønnene. Dette koster kr 245 740,-, og i tillegg kommer pris på boden og distribusjonssystemet. Montasje anslås til 10% av investeringen og er inkludert i prisen. Levetiden til brønner og pumpen holder hele husets levetid på 50 år, men kompressoren må skiftes hvert 20. år. Denne koster kr 20 000,-, og i tillegg må det påregnes et årlig vedlikehold på kr 1200,-

#### Tiltak 10.3.3 - I Bergvarme Vaillant VWS 220 varmepumpe

Investeringskostnad inkludert fellesanlegg:	kr 720 700,-
Vedlikeholdskostnader pr år:	kr 1 200,-
Merkostnad pr m <sup>2</sup> BRA:	kr 363,- [Vedlegg H]

(I merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA er investering og kostnad knyttet til eksisterende biopellets-kamin fratrukket)

Som et tillegg til dette kan det lages et system der bergvarmepumpen er kombinert med vannbasert varmebatteri på ventilasjonsanlegget. Levetiden for denne er 25 år, som er likt som resten av ventilasjonsanlegget. Prisen på dette blir et tillegg på kr 12 000,- pr leilighet.

#### Tiltak 10.3.3 - II Bergvarme Vaillant VWS 220 varmepumpe inkludert vannbasert varmebatteri på ventilasjonsanlegget

Investeringskostnad inkludert fellesanlegg:	kr 813 500,-
Vedlikeholdskostnader pr år:	kr 1 200,-
Merkostnad pr m <sup>2</sup> BRA:	kr 448,- [Vedlegg H]

(I merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA er investering og kostnad knyttet til eksisterende biopellets-kamin fratrukket)

#### 10.3.4 VINDKRAFT

En stor markedsaktør innen alternativ energi, Getek AS, er i denne oppgaven forespurt om å gi et forslag til vindturbinanlegg for et prosjekt som Trestakkveien. Dette firmaet har flere viktige importagenturer og har drevet flere testprosjekter på vindkraft til det profesjonelle markedet [80]. De har også gitt priser på solcellepanelanlegg.

Denne oppgavens tiltak med vindkraft er et komplett anlegg fra Getek som leveres komplett, monteres og kobles til nettet. Modellen Proven 11 vil kunne ha en maksproduksjon på 6 kW og gi om lag 5 000 kWh per år ved middelvind på 4,4 m/s (som i Sola). Effekten i Sørumsdal vil tilsvare forholdstallet mellom årsmiddelvindhastigheten mellom Sola og Sørumsdal. Diameteren på turbinen er 5,5 meter, så i Trestakkveien måtte dette eventuelt blitt plassert opp i mot skoggrensene. Investeringen på dette anlegget vil være kr 450 000,-, og i tillegg kommer årlig tilsyns- og vedlikeholdskostnader på om lag kr 10 000,-. Levetiden opplyses å være 25 år.

##### **Tiltak 10.3.4 - I Getek vindturbinanlegg**

Investeringskostnad: kr 450 000,-                      Vedlikeholdskostnader: kr 10 000,-  
Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA:    kr 412,- [Vedlegg H]

#### 10.3.5 KILDESEPARERING AV AVLØPSVANN

For et rekkehusprosjekt som Trestakkveien anses et større anlegg, som nevnt i kapittel 4.2.9, som for kostbart for dette antallet boliger. Allikevel kan det gjøres besparelser ved å gjenbruke noe fra avløpsvannet.

Tiltaket er å investere i et produkt som heter Miljødusj, som vil kunne ta den delen av gråvannet som slippes ut fra dusj. Dette er en enkel varmegjenvinner som monteres til badekar eller dusjkabinett. Det kan også monteres i taket i rommet under baderommet. I Trestakkveien forutsettes det at enten badekar eller dusjkabinett monteres i tilfelle for dette tiltaket. Alternativt kan det støpes et lite platå, der miljødusjen kan monteres i underliggende hulrom. Den aktive delen på Miljødusj gjør at kaldtvannet ved inntaket til blandebatteriet får en temperaturheving fra normale 5-8°C til ca. 20-23°C [50].

Produktet er testet hos SINTEF Byggforsk og leverandøren opplyser om at man kan spare om lag 40 % av energikostnadene til oppvarming av dusjvannet. Forskning på området viser at mellom 40 og 75 % av tappevann brukes til dusj [81]. I denne oppgavens simulering vil andel tappevann til dusjing være antatt til 50 %. Måten dette simuleres på er at energi til tappevann reduseres til 24 W/m<sup>2</sup>år. Investeringskostnad pr

dusj er kr 3 450,-, og montering er anslått til om lag kr 500,-. Produktet, som er vist i figur 36, har en antatt levetid på 15 år.



FIGUR 36: PRINSIPP FOR MILJØDUSJ [NORSK VAREHANDEL]

#### Tiltak 10.3.5 - I Gjenbruk av varme fra gråvann med Miljødusj

Investeringskostnad: kr 3 450,-

Vedlikeholdskostnader: kr 0,-

Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA:

kr 51,- [Vedlegg H]

#### 10.3.6 VARMEPUMPER

Alternative tiltak som blir vurdert i denne oppgaven er varmpumpe basert på luft-luft-system og luft-vann-system. I tillegg belyses grunnvarmpumpe i kapittel 10.3.3.

EcoConsult AS er fast leverandør av varmpumpeløsninger til Block Watne. De er derfor forespurt om priser på løsninger.

Luft-luft-løsningen Eco Consult AS foreslår for dette prosjektet er å plassere ett separat anlegg for hver leilighet. Modellen heter Panasonic CU-HE9 og pris for anlegget ferdig montert vil være ca. kr 18 000,- eks mva. per leilighet. Denne løsningen skal kun dekke oppvarmingsbehov. I vedlegg L vises EcoConsult sin simulering av varmpumpen for passivhus plassert i Sørums og på Sola. Ut fra simuleringen kan man lese at pumpen kan dekke 100 % av romoppvarmingsbehovet. Vedlikeholdskostnadene er neglisjerbare på et slikt anlegg [82].

#### Tiltak 10.3.6 - I Luft-luft varmpumpe Panasonic CU-HE9

Investeringskostnad(pr leilighet): kr 18 000,-

Vedlikeholdskostnader: kr 0,- pr år

Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: (negativ)

kr -181,- [Vedlegg H]

(I merkestnad pr m<sup>2</sup> BRA er investering og kostnad knyttet til eksisterende biopellets kamin fratrukket)

Luft-vann-alternativet må løses med et felles anlegg som drifter alle sju leilighetene. I tillegg til å bidra med romoppvarming vil denne også forvarme tappevannet. EcoConsult anbefaler en felles buffertank til tappevann, samt en liten benkebereder i hver leilighet. Prisen på et slikt anlegg vil variere mye etter installasjonsforholdene, men det er estimert til en pris på om lag kr 240 000,- eks mva. I tillegg kommer kostnader på vannbårent anlegg og et lite felles rom der tank og pumpens innedel skal stå. Vedlikeholdskostnader er på rundt kr 2 000,- per år. Løsningen EcoConsult AS har simulert er en såkalt Panasonic 12 kW "T-Cap"-løsning [82]. Vedlegg L viser simuleringen av anlegget tilpasset Trestakkvegen i et passivhus. Simuleringen viser en energidekningsgrad på 93,5 %.

#### **Tiltak 10.3.6 - II Luft-vann varmepumpe Panasonic m/"T-Cap"**

Investeringskostnad inkludert fellesanlegg:	kr 714 960,-
Vedlikeholdskostnader:	kr 2 000,- pr år
Merkostnad pr m <sup>2</sup> BRA:	kr 358,- [Vedlegg H]

(I merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA er investering og kostnad knyttet til eksisterende biopellets kamin fratrukket)

## 10.4 KJØLEBEHOV

### 10.4.1 SOLAVSKJERMING

En følge av de økte kravene om bedre isolerte bygg er behovet for solavskjerming. Denne oppgaven vil dele opp solavskjerming opp i to mulige tiltak; aktive og passive tiltak.

Det passive tiltaket vil være å videreføre et element Block Watne har brukt i sitt nyutviklede passivhuskonsept. Figur 37 viser dette huset, som har en enkel utbyggende trekonstruksjon som ligger utenpå vegglivet. Disse er i utgangspunktet plassert slik for å bryte den kubiske arkitekturen på huset, men kan anses som et solavskjermingstiltak [83].





FIGUR 37: BLOCK WATNES PASSIVHUS [WWW.BLOCKWATNE.NO]

Denne oppgavens tiltak er et liknende utbyggende element som selvfølgelig kan tilpasses arkitekturen material- og fargemessig. I Trestakkveien vil det for å ta vare på eksisterende arkitektur være mest aktuelt å bygge disse i samme kledningsmateriale som fasaden ellers. Utbygget simuleres slik at det går 250 mm ut fra vegglivet og plasseres slik at avstanden mellom vinduets øvre karm og kassen er 100 mm. Tiltaket vil i arbeid og materialer koste kr 644,- pr m<sup>2</sup> og er illustrert på figur 38. Tiltaket omfatter at dette bygges over alle vinduer i 1. og 2. etasje (ekskludert dører med glass).



FIGUR 38: ILLUSTRASJON AV HVORDAN TILTAKET PASSIV SOLAVSKJERMING [LØVE, 2012]

#### Tiltak 10.4.1 - I Passiv geometrisk tilpasset solavskjerming

Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA:

kr 27,- [Vedlegg H]

Et aktivt og effektivt tiltak vil være å montere utvendige eller innvendige persienner på de mest solutsatte vinduene. Disse kan fås med ulike lamellbredder og ulike farger.

President 50 er et produkt fra Norsol med 50 mm brede lameller som monteres

utvendig. Den innvendige typen fra Norsol som vurderes i denne oppgaven heter Aluminium 25 og har 25 mm lameller. Norsol, som gir priser på disse tiltakene, er leverandør av mange typer solavskjerminger og er lokalisert i Oslo [84]. Det er i denne oppgaven bedt om pris på 20 stk persiener for å få en realistisk pris for et slikt prosjekt. Figur 39 viser den utvendige typen, President 50. I simuleringene har alle vinduer solavskjerming, ekskludert dører med glass. Begge typer kan leveres med og uten automatisk styring og har en levetid på 20 år. Tiltaket er simulert med solavskjerming på alle vinduer ekskludert alle balkongdører og skyvedøren i 1.etasje.



FIGUR 39: UTVENDIG PERSIENNE PRESIDENT 50 [WWW.NORSOL.NO]

**Tiltak 10.4.1 - II** Utvendig aktiv, automatikk – President 50

Investeringskostnad:	kr 369 572,- [Vedlegg H]
Merkostnad pr m <sup>2</sup> BRA:	kr 338,-
Vedlikeholdskostnader:	kr 1000,-
Solfaktor ved aktivert stilling:	0,05
Solfaktor ikke aktivert:	0,37 (likt vinduets)

**Tiltak 10.4.1 - III** Utvendig aktiv, manuell – President 50

Investeringskostnad:	kr 198 052,- [Vedlegg H]
Merkostnad pr m <sup>2</sup> BRA:	kr 181,-
Vedlikeholdskostnader:	kr 1000,-
Solfaktor ved aktivert stilling:	0,05
Solfaktor ikke aktivert:	0,37 (likt vinduets)

**Tiltak 10.4.1 - IV Innvendig aktiv, manuell – Aluminium 25**

Investeringskostnad:	kr 73 700,- [Vedlegg H]
Merkostnad pr m <sup>2</sup> BRA:	kr 67,-
Vedlikeholdskostnader:	kr 0,-
Solfaktor ved aktivert stilling:	0,31
Solfaktor ikke aktivert:	0,37 (likt vinduets)

**10.4.2 VARMELAGRING**

Bindingsverkvegger har liten varmekapasitet og vil derfor endre temperatur raskt når belastningen eller de ytre forutsetningene endrer seg. Dette medfører for eksempel at romtemperaturen vil stige raskt når solen står på vinduene. For å øke varmekapasiteten på rekkehuset kan leilighetsskillerne erstattes med plasstøpt betong, der betongen vil være eksponert i rommene. En vegg på 200mm vil være nok til å tilfredsstillende både brann- og lydkrav. De eksisterende leilighetsskillerne er totalt 408 mm tykke, så denne reduksjonen vil medføre i om lag 28 m<sup>2</sup> ekstra salgbart areal totalt i Trestakkvegen. Termisk masse kan brukes også i etasjeskillere, men det vurderes som uaktuelt i dette tilfellet. De seks leilighetsskillerne utgjør totalt om lag 405 m<sup>2</sup> eller 81 m<sup>3</sup> betong. Prisene er gitt av Block Watne.

**Tiltak 10.4.2 - I Leilighetsskillere som eksponert betong, 200 mm tykke**

Investeringskostnad:	kr 458 071,- [Vedlegg H]
Merkostnad pr m <sup>2</sup> BRA:	kr 419,-
Vedlikeholdskostnader:	kr 0,-

**10.4.3 FRIKJØLING GJENNOM VENTILASJONSANLEGG**

Frikjøling er i følge passivhusstandarden, NS 3700, tillatt. Dette kan gjøres ved for eksempel å justere ventilasjonsanlegget på maksimal effekt om natten. Simuleringsprogrammet, Simien, klarer ikke å simulere disse ekstra luftmengdene. I programmet må enten "constant air volume" eller "variable air volume" velges, og siden Flexit ikke ser på soneinndelt anlegg som noe alternativ i dette tilfellet (se kapittel 10.5), blir frikjøling ikke mulig å simulere i denne oppgaven. Det blir derfor ikke et eget simulert tiltak.

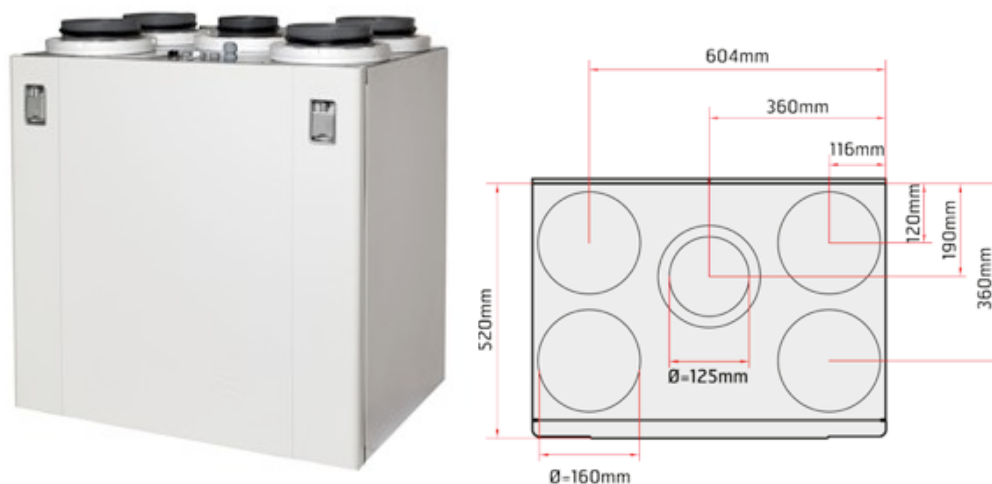
**10.4.4 MEKANISK KJØLING**

Mekanisk kjøling er i følge passivhusstandarden, NS 3700, ikke tillatt, og derfor er ikke dette et tiltak i denne oppgaven.

## 10.5 VENTILASJON

Det er i kapittel 4.3 belyst de faktorene i et ventilasjonsanlegg som påvirker energiytelsen. Anlegget som er bygget i Trestakkveien er levert av Flexit, og spesifikasjonene er omtalt i kapittel 7.3.

Rådgiver i Flexit, Sven Erik Solbrekke, sier at det som bør gjøres for å forbedre anlegget er å erstatte dagens aggregatet, SLR 4, med en Spirit uni3 [85]. Dette aggregatet, som er vist i figur 40, er om lag 10 cm dypere og 10 cm bredere enn det installerte i Trestakkveien. Varmegjenvinneren har i dag en temperaturvirkningsgrad på 0,83, og SPF-faktoren er 1,35. Dagens aggregat koster kr 15 900,- eks. mva. Et nytt aggregat, som vil koste om lag kr 3000,- eks mva. mer, vil ha temperaturvirkningsgrad på 0,89, og SFP-faktoren vil være 1,30. Filterbytte to ganger i året utgjør en årlig vedlikeholdspost på kr 940,-.



**FIGUR 40: ILLUSTRASJON OG MÅL PÅ AGGREGATET SPIRIT UNI3 [FLEXIT, 2012]**

Ventilasjonsanlegget kan soneinndeles for å tillate ulik temperatur eller luftmengde innad i leilighetene. Slik kan man behovsstyre de ulike delene av boenheten, men Solbrekke sier at dette er urealistisk i en enhet av denne størrelsen.

Noe av rørføringene er i byggets øverste etasje lagt på kald side av isolasjonen i taket. Dette gjelder totalt omtrent 30 meter rør, og disse er i dag isolert med 25 mm mineralullsstrømpe. For å redusere varmetapet kan man isolere denne føringen ytterligere. For kr 20,- pr. meter eks mva får man isolert med 25 mm mer. Dette lar seg vanskelig simulere, men det vil være en del av tiltaket knyttet til ventilasjonssystemet. Pris per meter med 50 mm isolasjonsstrømpe er ca. kr 75,- eks mva, og totalt vil tiltaket med aggregat og merisolering ha en merkostnad i forhold til eksisterende på kr 3086,-.

**Tiltak 10.5.1 - I Spirit uni3 aggregat og merisolering av rør på kald side**

Investering pr leilighet: kr 3086,- [Vedlegg H]

Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 20,- Vedlikeholdskostnader: kr 940,- pr år**10.6 GEOMETRISK TILPASNING****10.6.1 ORIENTERING, TAKVINKEL OG FORM**

I Block Watnes interesse er oppgaven begrenset slik at geometrien ikke skal endres. Derfor vil ikke tiltak der geometrien simuleres. I arbeidet med å U-verdi og reell treandel i bindingsverket ble det avdekket at det i utbyggene, f. eks. i 2. etasje, er en treandel på opp i mot 39%. Dette er dog beregnet med kun 48 mm virke og bygget med den oppbygging som er gjort etter detaljene tilpasset TEK10. Derfor kan tallene vært konservative i forhold til Block Watnes tilpassede byggedetalj for deres passivhuskonsept. Med en slik treandel i hele bygget vil det med oppgavens enkleste tiltaksvegg med isostender tilsvare en U-verdi-endring fra 0,15 til 0,18. Bygningsform spiller altså inn på energieffektivitet, og passivhus bygges med fordel med enkel geometri.

Orienteringen er i denne oppgaven låst, men en vridning av bygget ville i dette tilfellet kunne åpne for ytterligere forbedringer. Det er muligheter for større effekt på både solfanger- og solcelleanlegg om man orienterer bygget slik at gunstige flater vendes mot syd. Et tiltak for å oppnå dette er at slike rekkehus bygges med sagtak slik at man får takflater som vender i gunstig retning.

Som følge av oppgavens begrensning med hensyn til geometrisk tilpasning er ikke dette noe tiltak som vil vurderes i dette tilfellet.

**10.6.2 VINDU – AREAL OG PLASSERING**

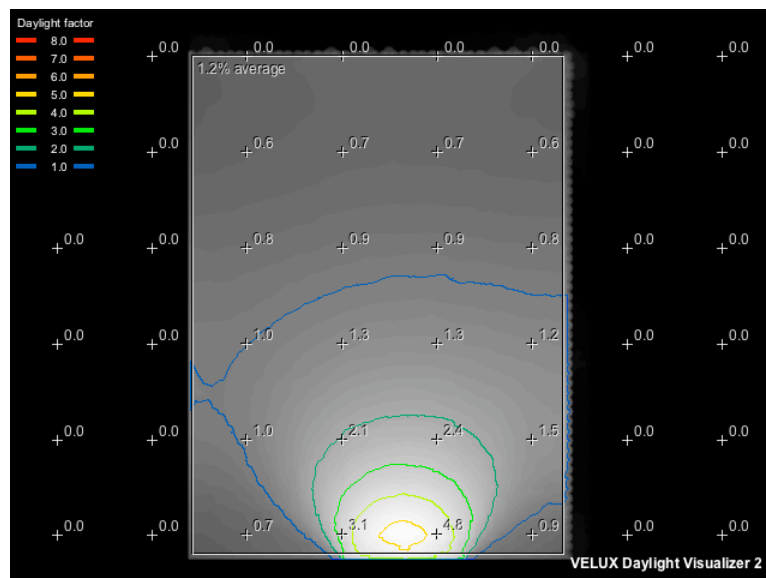
Som nevnt i kapittel 10.1.4 må det gjøres tiltak i forhold til vinduenes geometri og utforming siden den eksisterende vindusammensetningen ikke lar seg omgjøre til en resulterende U-verdi på 0,80 W/(m<sup>2</sup>K). Dette kapittelet omhandler disse tiltakene.

I Trestakkveien er det i alle rom sammensatte vinduer eller dører som er 1,9 meter høye eller mer. Selv om denne oppgaven skal ivareta byggets opprinnelige arkitektoniske uttrykk, vil det vurderes mindre vindusareal i enkelte rom. Vinduer og dører har høyere U-verdier enn veggkonstruksjoner, og et slikt tiltak vil derfor redusere byggets varmetap. Plassering av vindu kan som vist i kapittel 4.1.5 påvirke dagslysfaktoren ved ulik refleksjon, men for å beholde hovedtrekkene i byggets arkitektur blir ikke dette vurdert som mulig tiltak i oppgaven.

Kravene til dagslys står beskrevet i TEK10 § 13-12 og er i denne oppgaven gjengitt i kapittel 4.1.5. En preakseptert ytelse for å tilfredsstille dagslyskravet er å ha en ”gjennomsnittlig dagslysfaktor på minimum 2 % eller ved at rommets dagslysflate utgjør 10 % av bruksarealet” [6].

For å undersøke mulighetene for mindre vindusareal ble det simulert tre muligheter for reduksjon. Gjesterom i underetasjen, stuen og vestvendt soverom i 2.etasje ble simulert i programmet Velux Daylight Visualizer 2 med en veggtykkelse på 250 mm.

I underetasjen utgjør vindusarealet 15,5 % av bruksarealet gjesterommet, mens beregningene i figur 41 viser at gjennomsnittlig dagslysfaktor er 1,2 %. I dette tilfellet kunne vindusarealet reduseres, men på grunn av lav dagslysfaktor vurderes reduksjon i vindusareal som ikke noe godt alternativ i denne oppgaven. Se vedlegg M for skjermbilder av beregninger.

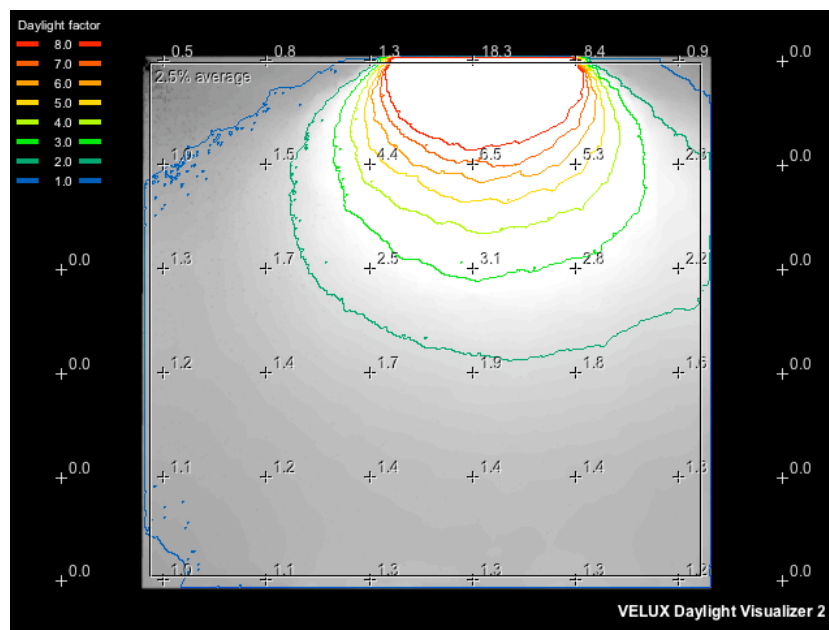


FIGUR 41: GJENNOMSnittlig DAGSLYSFAKTOR – GJESTEROM.

I 2.etasje er det i denne oppgaven simulert et av soverommene mot vest. Begge soverommene er 7,6 m<sup>2</sup> store. Rommet med det største vindusarealet, 1,9 m<sup>2</sup>, er også blitt simulert med et vindu med størrelse 1,2 m<sup>2</sup>, altså ved å ta vekk fastfeltet i glass. Dette medførte en reduksjon i dagslysfaktor fra 2,5 % til 2,2 %.

Tiltaket som vurderes i 2.etasje er altså å fjerne 0,7 m<sup>2</sup> vindusareal i det ene soverommet mot vest og erstatte dette med veggkonstruksjon. Dette tiltaket inkluderer også å fjerne de små vinduene som vender mot nord og mot sør på gavelveggene og et av de to små vinduene på kjøkkenet. Ved å bytte til energibesparende vinduer og fjerne overnevnte vindusarealer vil bygget nå ha en vindusandel av BRA på 17,8%.

Skyvedørene med glassrute er byttet til en annen leverandør, Veka – levert av Sørwindu, som kan produsere skyvedører med "vindusinnfatning" som gjør at de leveres med en U-verdi på 0,76 istedenfor 1,0 W/m<sup>2</sup>K. Denne typen innfatning gjør at vinduene ikke blir terskelfrie, men er et bedre alternativ enn å bruke en vanlig balkongdør også på baksiden av boligene. Totalt vil utskiftning til energisparende vinduer og redusering i areal ha en total merkostnad på kr 72 655,- for alle leilighetene. Figur 42 viser simuleringen av eksisterende rom, og i vedlegg M ser man ytterligere illustrasjon av dagslyssimuleringen.



FIGUR 42: GJENNOMSNTTLIG DAGSLYSFAKTOR - SOVEROM 2.ETASJE.

#### Tiltak 10.6.2 - I Redusert vinduareal og utskiftning til energisparende vinduer

Vindusandel av BRA: 17,8 %.

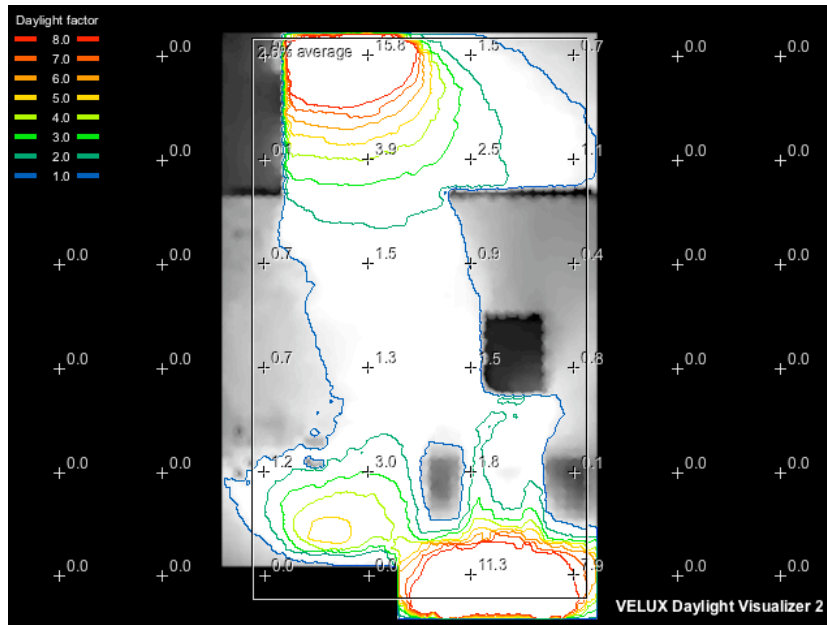
Investeringskostnad: kr 85 659,- [Vedlegg H]

Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 78,-

I stuen i 1. etasje gav dagslyssimuleringene en gjennomsnittlig dagslysfaktor på 2,6 %. Se figur 43 for å se denne simuleringen. Ved å fjerne de midtre av de østlige vinduene i stuen (5x14M og 5x7M) samt de nedre vinduene på hver side (10x7M) vil dagslysfaktoren reduseres til 2,0 %.

Tiltaket som her foreslås under er å ta vare på det midtre av de ovennevnte stuevinduene i tillegg til de to på siden, men heller fjerne hele den nedre rekken av vinduer (altså 2 stk 10x7M og 1 stk 5x7M). Dette gjøres også på det tilsvarende vindusfeltet i 2. etasje. I tillegg gjøres de samme tiltakene som i tiltak 10.6.2 – I.

Vindusandelen vil i dette tilfellet være på 15,9% av BRA, og siden mye vindusareal erstattes med veggkonstruksjon blir ikke merkostnaden mer enn kr 12 679,- for hele bygget. I vedlegg M kan man se skjermbilder fra dagslyssimuleringene fra stuen, og figur 43 viser et utsnitt av dette. I vedlegg I kan man se de ulike vinduspakkene som er evaluert.



FIGUR 43: GJENNOMSNTTLIG DAGSLYFAKTOR - STUE

#### Tiltak 10.6.2 - II Redusert vindusareal og utskiftning til energisparende vinduer

Vindusandel av BRA: 15,9 %

Investeringskostnad: kr 25 683,- [Vedlegg H]

Merkostnad pr m<sup>2</sup> BRA: kr 24,-

### 10.7 FELLESANLEGG

Her presenteres de fellesanleggene som inngår i flere av de nevnte tiltakene i dette kapittelet, men som i seg selv ikke er et separat tiltak. Disse er inkludert i prisene i tiltakene de inngår i sammenstillingen i kapittel 10.9

#### 10.7.1 FELLES BOD/TEKNISK ROM

Noen av tiltakene forutsetter at det bygges en felles bod eller teknisk rom i tillegg de eksisterende bygningsmasse. Hensynet til maksimalt bebygd areal på tomten allerede er bebygd til boligene tas ikke hensyn til her. Det er anleggene knyttet til solfangeren, bergvarmepumpe og luft-vann varmepumpe som forutsetter at det bygges et slikt rom. Block Watne har kalkulert pris på denne konstruksjon.



Felles bod/teknisk rom: 5 m<sup>2</sup> isolert rom med pulttak, gulvteking og betonggulv  
Investeringskostnad: kr 60 000,-

### 10.7.2 VANNBÅRENT GULVVARMEANLEGG

Noen av tiltakene som skal produsere varmtvann til oppvarming forutsetter at det legges et distribusjonssystem som kan fordele varmen. Et vannbårent gulvvarmeanlegg er da et alternativ. Det forutsettes at det er spaltegulv som rørlegger kan legge anlegget på. Det er Lørenskog VVS, som er mye brukt av Block Watne, som har priset dette.

Vannbårent gulvvarmeanlegg: m/varmefordelingsplater, rør og rørfordeler  
Investeringskostnad pr m<sup>2</sup>: kr 380,-

### 10.8 FORBRUK OG STYRING

Som beboer i en bolig kan man påvirke boligens energibruk i stor grad. Denne oppgaven forutsetter ikke slike tilpasninger, men vil likevel nevne muligheter for brukerpåvirkning. I simuleringer i Simien er det mange muligheter til å endre på brukerstyrte faktorer i modellene, men Simien overstyrer verdiene ved energisimuleringer. Mange av kravene i NS 3031 er absolutte slik at simuleringer på grunnlag av andre forutsetninger ikke hadde vært verdifulle. De tilpasningene som er gjort er stort sett åpning av vinduer i varme perioder. Det er nevnt i tiltakspakkene der slike tilpasninger er gjort.

Det kan installeres automatiseringssystemer, som styrer temperatur, ventilasjon og lys etter tid på døgnet og årstid. Slike systemer er ikke belyst i denne oppgaven, men kan ha stor virkning på energibruk. Beboerne kan ved å slukke lys og redusere vannforbruket ved dusj redusere både bruk av direkte elektrisitet og tappevann. I tillegg kan det å senke temperaturnivået bidra til store energibesparelser.

### 10.9 SAMMENSTILLING AV ENERGITILTAK

Alle tiltakene i kapittel 10 er simulert separat i en Simienmodell med utgangspunkt i det oppførte bygget i Trestakkveien. Dette delkapittelet viser energieffekt og økonomiske resultater fra disse simuleringene, som skal være grunnlag for utarbeidelsen av tiltakspakkene. Forutsetninger og kommentar for hvert enkelt tiltak er vist i vedlegg N.

Tabell 20 og tabell 21 viser energivirkning av hhv. "Tiltak og besparelser" og "Energiforsyninger" i Sørums kommuner.

TABELL 20: ENERGIVIRKING AV "TILTAK OG BESPARELSER" I SØRUM KOMMUNE

TILTAK OG BESPARELSER		SØRUM						
		Nettoenergibehov			Klimagass		Komfort	Kost/nytte
Nr.	Tiltak	Forbruk [kWh/m <sup>2</sup> pr. år]	Enekkelttiltaksbesparelse [kWh/m <sup>2</sup> pr. år]	Besparelse (negativ verdi = økning)	Årlig utslipp [kg/m <sup>2</sup> pr år]	CO <sub>2</sub> -reduksjon	Høyeste temp. i driftstid	faktor* [kr/kWh]
0	Forenklet testbygg	105,3	0	0,0 %	31,7	0,0 %	32,7	0,00
10.1.1 - I	Vegg: 250mm isolasjon, iso3 200mm, U=0,160	102,4	2,9	2,8 %	31,4	0,9 %	32,8	0,91
10.1.1 - II	Vegg: 300mm isolasjon, iso3 250mm, U=0,125	100,7	4,6	4,4 %	31,2	1,6 %	32,9	0,81
10.1.1 - III	Vegg: 350mm isolasjon, iso3 300mm, U=0,113	99,6	5,7	5,4 %	31,1	1,9 %	33,0	0,82
10.1.1 - IV	Vegg: 250mm isolasjon, extreme 33 U=0,148	101,9	3,4	3,2 %	31,3	1,3 %	32,9	0,89
10.1.1 - V	Vegg: 250mm, extreme 33 i påforing U=0,158	102,4	2,9	2,8 %	31,4	0,9 %	32,8	0,90
10.1.1 - VI	Vegg: 300mm, extreme 33 i påforing, U=0,124	100,2	5,1	4,8 %	31,1	1,9 %	32,9	0,75
10.1.2 - I	Tak: 450mm isolasjon U=0,08	104,4	0,9	0,9 %	31,6	0,3 %	34,8	0,12
10.1.2 - II	Tak: 550mm isolasjon U=0,073	104,0	1,3	1,2 %	31,6	0,3 %	34,8	0,28
10.1.2 - III	Tak: 500mm I-profil U=0,079	104,4	0,9	0,9 %	31,6	0,3 %	34,8	6,34
10.1.3 - I	Gulv: 300mm EPS U=0,10	105,0	0,3	0,3 %	31,6	0,3 %	32,8	1,12
10.1.3 - II	Gulv: 350mm EPS U=0,09	104,8	0,5	0,5 %	31,6	0,3 %	32,8	1,28
10.1.3 - III	Gulv: 400mm EPS U=0,08	104,6	0,7	0,7 %	31,6	0,3 %	32,8	1,49
10.1.4 - I	Vinduer, uendret geometri, U-verdi=0,84	98,7	6,6	6,3 %	31,0	2,2 %	33,1	0,62
10.1.6 - I	Kuldebrureduksjon 0.05 => 0.02 [W/(m <sup>2</sup> K)]	102,0	3,3	3,1 %	31,3	1,3 %	32,9	0,18
10.1.6 - II	Kuldebrureduksjon 0.05 => 0.01 [W/(m <sup>2</sup> K)]	101,5	3,8	3,6 %	31,3	1,3 %	32,9	0,30
10.1.7 - I	Infiltrasjon n <sub>50</sub> 1.9 => 0.6 luftvekslinger/time	97,2	8,1	7,7 %	30,8	2,8 %	33,2	0,62
10.1.7 - II	Infiltrasjon n <sub>50</sub> 1.9 => 0.5 luftvekslinger/time	96,6	8,7	8,3 %	30,7	3,2 %	33,2	0,58
10.4.1 - I	Utvendig, passiv solavskjerming	105,8	-0,5	-0,5 %	31,7	0,0 %	32,1	-1,07
10.4.1 - II	Utvendig, aktiv, automatisk solavskjerming	109,0	-3,7	-3,5 %	32,1	-1,3 %	26,9	-5,74
10.4.1 - III	Utvendig, aktiv, manuell solavskjerming	108,7	-3,4	-3,2 %	32,0	-0,9 %	27,3	-3,47
10.4.1 - IV	Innvendig, aktiv, manuell solavskjerming	106,7	-1,4	-1,3 %	31,8	-0,3 %	30,6	-2,89
10.4.2 - I	Varmelagring, Betongskillevegger	105,5	-0,2	-0,2 %	31,6	0,3 %	29,8	-41,95
10.5.1 - I	Ventilasjonsaggregat (SFP=1,3 og 0,89 temp)	103,0	2,3	2,2 %	30,7	3,2 %	32,7	0,34
10.6.2 - I	Vinduer, noe redusert areal U-verdi=0,79	97,6	7,7	7,3 %	30,8	2,8 %	32,5	0,41
10.6.2 - II	Vinduer, mer redusert areal U-verdi=0,78	97,0	8,3	7,9 %	30,8	2,8 %	31,5	0,11

- kost/nyttefaktor er pris på tiltaket dividert på besparelsen den gir over byggets levetid (50år).
- Faktorer gir ikke fornuftige verdier på solavskjerming og varmelagring.

TABELL 21: ENERGIVIRKNING AV "ENERGIFORSYNINGER" I SØRUM KOMMUNE

ENERGIFORSYNINGER		SØRUM						
		Nettoenergi	Levert energi					
Nr.	Tiltak	Spesifikt forbruk [kWh/m <sup>2</sup> pr. år]	Totalt energi behov [kWh pr. år]	Tiltakets leverte energi [kWh pr. år]	Kjøpt elektrisitet [kWh pr. år]	Besparelse av kjøpt el	Andel fornybar energi (netto oppvarmingsbeh.)	Tiltakets dekning av totalt energi behov
0	Forenklet testbygg	105,3	132 594	0	85890	0 %	43 %	0 %
10.2.2 - II	Sentral pelletskjel, totalt varmebehov, 23kW (uten pellets)	105,3	141 008	91 250	49759	42 %	85 %	69 %
10.3.1 - I	Solfanger til tappevann, Aventa Solar	105,3	118 456	14 138	71751	16 %	60 %	11 %
10.3.1 - II	Solfanger til tappevann, Vaillant	105,3	114 182	18 412	67477	21 %	81 %	14 %
10.3.2 - I	Solcellepanel 40m <sup>2</sup> på sørvegg (40° vinkel)	105,3	128 446	4 148	81742	5 %	72 %	3 %
10.3.2 - II	Solcellepanel 380m <sup>2</sup> , montert på taket (6°)	105,3	102 389	30 205	55685	35 %	72 %	23 %
10.3.2 - III	Solcellepanel 45m <sup>2</sup> på garasjetak (6° vinkel)	105,3	124 684	3 910	81980	5 %	72 %	3 %
10.3.3 - I	Bergvarmepumpe 22kW, tappevann og rom (uten pellets)	105,3	73 344	59 250	73344	15 %	84 %	45 %
10.3.3 - II	Bergvarmepumpe 22kW, totalt varmebehov (uten pellets)	105,3	70 690	61 904	70690	18 %	88 %	47 %
10.3.4 - I	Vindturbin 6kW, Getek	105,3	132 913	3 191	83018	3 %	43 %	2 %
10.3.5 - I	Kildeseparering av avløpsvann	99,5	125 585	7 009	78881	8 %	43 %	5 %
10.3.6 - I	Varepumpe luft-luft 7x1,56kW (uten pellets)	105,3	102 203	30 391	102203	-19 %	43 %	23 %
10.3.6 - II	Varmepumpe luft-vann 1x10,91kW (uten pellets)	105,3	93 535	39 059	93532	-9 %	52 %	29 %

ENERGIFORSYNINGER		SØRUM				
		Klimagass		Komfort		Kost/nytte
Nr.	Tiltak	Årlig utslipp [kg/m <sup>2</sup> pr år]	Enkeltiltakets årlige CO <sub>2</sub> -reduksjon	Laveste temp. i driftstid	Høyeste temp. i driftstid	faktor* [kr/kWh]
0	Forenklet testbygg	31,7	0 %	19	32,7	0,00
10.2.2 - II	Sentral pelletskjel, totalt varmebehov, 23kW (uten pellets)	19,2	39 %	19	32,7	0,12
10.3.1 - I	Solfanger til tappevann, Aventa Solar	26,6	16 %	19	32,7	0,48
10.3.1 - II	Solfanger til tappevann, Vaillant	25,0	21 %	19	32,7	0,52
10.3.2 - I	Solcellepanel 40m <sup>2</sup> på sørvegg (40° vinkel)	30,2	5 %	19	32,7	1,66
10.3.2 - II	Solcellepanel 380m <sup>2</sup> , montert på taket (6°)	20,7	35 %	19	32,7	1,95
10.3.2 - III	Solcellepanel 45m <sup>2</sup> på garasjetak (6° vinkel)	30,2	5 %	19	32,7	1,83
10.3.3 - I	Bergvarmepumpe 22kW, tappevann og rom (uten pellets)	26,5	16 %	19	32,7	0,44
10.3.3 - II	Bergvarmepumpe 22kW, totalt varmebehov (uten pellets)	25,6	19 %	19	32,7	0,54
10.3.4 - I	Vindturbin 6kW, Getek	30,6	3 %	19	32,7	6,22
10.3.5 - I	Kildeseparering av avløpsvann	29,1	8 %	19	32,7	0,19
10.3.6 - I	Varepumpe luft-luft 7x1,56kW (uten pellets)	37,0	-17 %	19	32,7	0,34
10.3.6 - II	Varmepumpe luft-vann 1x10,91kW (uten pellets)	33,8	-7 %	19	32,7	-1,17

- Der ikke annet er spesifisert er pelletsovnene fremdeles installert i bygget, og dette påvirker andel fornybar energi.
- Lav faktor er bedre, fordi det indikerer mindre investeringer i forhold til kjøpt elektrisk energi.
- Negativ faktor kommer av økt elektrisk energibruk der pelletsovnene ikke er installert.

Tabell 22 og tabell 23 viser effekten hhv. "Tiltak og besparelser" og "Energiforsyninger" i Sola kommune.

**TABELL 22: ENERGIVIRKING AV "TILTAK OG BESPARELSER" I SOLA KOMMUNE**

TILTAK OG BESPARELSER		SOLA						
		Nettoenergibehov			Klimagass		Komfort	Kost/nytte
Nr.	Tiltak	Forbruk [kWh/m <sup>2</sup> pr. år]	Enekeltiltaksbesparelse [kWh/m <sup>2</sup> pr. år]	Besparelse (negativ verdi = økning)	Årlig utslipp [kg/m <sup>2</sup> pr år]	CO <sub>2</sub> -reduksjon	Høyeste temp. i driftstid	faktor* [kr/kWh]
0	Forenklet testbygg	93,6	0,0	0,0 %	30,0	0 %	30,9	0,00
10.1.1 - I	Vegg: 250mm isolasjon, iso3 200mm, U=0,160	91,1	2,5	2,7 %	29,7	1,0 %	31,1	1,06
10.1.1 - II	Vegg: 300mm isolasjon, iso3 250mm, U=0,125	89,7	3,9	4,2 %	29,5	1,7 %	31,1	0,95
10.1.1 - III	Vegg: 350mm isolasjon, iso3 300mm, U=0,113	88,8	4,8	5,1 %	29,4	2,0 %	31,2	0,97
10.1.1 - IV	Vegg: 250mm isolasjon, extreme 33 U=0,148	90,6	3,0	3,2 %	29,6	1,3 %	31,1	1,01
10.1.1 - V	Vegg: 250mm, extreme 33 i påføring U=0,158	91,1	2,5	2,7 %	29,7	1,0 %	31,1	1,04
10.1.1 - VI	Vegg: 300mm, extreme 33 i påføring, U=0,124	89,2	4,4	4,7 %	29,5	1,7 %	31,2	0,87
10.1.2 - I	Tak: 450mm isolasjon U=0,08	92,6	1,0	1,1 %	29,9	0,3 %	32,7	0,10
10.1.2 - II	Tak: 550mm isolasjon U=0,073	92,3	1,3	1,4 %	29,9	0,3 %	32,8	0,28
10.1.2 - III	Tak: 500mm I-profil U=0,079	92,6	1,0	1,1 %	29,9	0,3 %	32,7	5,71
10.1.3 - I	Gulv: 300mm EPS U=0,10	93,2	0,4	0,4 %	29,9	0,3 %	30,9	0,84
10.1.3 - II	Gulv: 350mm EPS U=0,09	93,0	0,6	0,6 %	29,9	0,3 %	31,0	1,07
10.1.3 - III	Gulv: 400mm EPS U=0,08	92,8	0,8	0,9 %	29,9	0,3 %	31,0	1,30
10.1.4 - I	Vinduer, uendret geometri, U-verdi=0,84	88,0	5,6	6,0 %	29,4	2,0 %	31,3	0,73
10.1.6 - I	Kuldebrureduksjon 0.05 => 0.02 [W/(m <sup>2</sup> K)]	90,8	2,8	3,0 %	29,7	1,0 %	31,1	0,22
10.1.6 - II	Kuldebrureduksjon 0.05 => 0.01 [W/(m <sup>2</sup> K)]	89,8	3,8	4,1 %	29,6	1,3 %	31,1	0,30
10.1.7 - I	Infiltrasjon n <sub>50</sub> 1.9 => 0.6 luftvekslinger/time	86,8	6,8	7,3 %	29,2	2,7 %	31,4	0,74
10.1.7 - II	Infiltrasjon n <sub>50</sub> 1.9 => 0.5 luftvekslinger/time	86,3	7,3	7,8 %	29,2	2,7 %	31,5	0,69
10.4.1 - I	Utvendig, passiv solavskjerming	94,0	-0,4	-0,4 %	30,0	0,0 %	30,3	-1,34
10.4.1 - II	Utvendig, aktiv, automatisk solavskjerming	96,1	-2,5	-2,7 %	30,2	-0,7 %	25,2	-8,49
10.4.1 - III	Utvendig, aktiv, manuell solavskjerming	95,8	-2,2	-2,4 %	30,2	-0,7 %	25,5	-5,36
10.4.1 - IV	Innvendig, aktiv, manuell solavskjerming	94,6	-1,0	-1,1 %	30,1	-0,3 %	28,7	-4,05
10.4.2 - I	Varmelagring, Betongskillevegger	93,7	-0,1	-0,1 %	29,9	0,3 %	28,4	-83,90
10.5.1 - I	Ventilasjonsaggregat (SFP=1,3 og 0,89 temp)	91,9	1,7	1,8 %	29,3	2,3 %	30,9	0,46
10.6.2 - I	Vinduer, noe redusert areal U-verdi=0,79	87,1	6,5	6,9 %	29,3	2,3 %	30,8	0,48
10.6.2 - II	Vinduer, mer redusert areal U-verdi=0,78	86,7	6,9	7,4 %	29,2	2,7 %	29,9	0,14

- kost/nyttfaktor er pris på tiltaket dividert på besparelsen den gir over byggets levetid (50år).
- Faktorer gir ikke fornuftige verdier på solavskjerming og varmelagring.

TABELL 23: ENERGIVIRKNING AV "ENERGIFORSYNINGER" I SOLA KOMMUNE

ENERGIFORSYNINGER		SOLA						
		Nettoenergi	Levert energi					
Nr.	Tiltak	Spesifikt forbruk [kWh/m <sup>2</sup> pr. år]	Totalt energibehov [kWh pr. år]	Tiltakets fornybare energi [kWh pr. år]	Kjøpt elektrisitet [kWh pr. år]	Besparelse av kjøpt el	Andel fornybar energi (netto oppvarmingsbeh.)	Tiltakets dekning av totalt energibehov
0	Forenklet testbygg	93,5	116 090	0	81 577	0 %	42 %	0 %
10.2.2 - II	Sentral pelletskjel, totalt varmebehov, 23kW (uten pellets)	93,5	124 303	78 857	45 445	44 %	87 %	68 %
10.3.1 - I	Solfanger til tappevann, Aventa Solar	93,5	101 751	14 339	67 438	17 %	78 %	12 %
10.3.1 - II	Solfanger til tappevann, Vaillant	93,5	100 764	15 326	66 452	19 %	79 %	13 %
10.3.2 - I	Solcellepanel 40m <sup>2</sup> på sørvegg (40° vinkel)	93,5	112 698	3 392	78 387	4 %	71 %	3 %
10.3.2 - II	Solcellepanel 380m <sup>2</sup> , montert på taket (6°)	93,5	86 754	29 336	52 441	36 %	71 %	25 %
10.3.2 - III	Solcellepanel 45m <sup>2</sup> på garasjetak (6° vinkel)	93,5	112 537	3 553	78 004	4 %	71 %	3 %
10.3.3 - I	Bergvarmepumpe 22kW, tappevann og rom (uten pellets)	93,5	66 569	49 521	66 569	18 %	85 %	43 %
10.3.3 - II	Bergvarmepumpe 22kW, totalt varmebehov (uten pellets)	93,6	65 000	51 090	65 000	20 %	88 %	44 %
10.3.4 - I	Vindturbin 6kW, Getek	93,5	116 407	5 184	76 911	6 %	42 %	4 %
10.3.5 - I	Kildeseparering av avløpsvann	87,7	108 880	7 210	74 560	9 %	42%*	6 %
10.3.6 - I	Varmepumpe luft-luft 7x1,56kW (uten pellets)	93,5	93 561	22 529	93 562	-15 %	42 %	19 %
10.3.6 - II	Varmepumpe luft-vann 1x10,91kW (uten pellets)	93,5	83 359	32 731	83 358	-2 %	53 %	28 %

ENERGIFORSYNINGER		SOLA				
		Klimagass		Komfort		Kost/nytte
Nr.	Tiltak	Årlig utslipp [kg/m <sup>2</sup> pr år]	Enkelttiltakets årlige CO <sub>2</sub> -reduksjon [kg/m <sup>2</sup> pr år]	Laveste temp. i driftstid	Høyeste temp. i driftstid	faktor* [kr/kWh]
0	Forenklet testbygg	29,9	0 %	19,0	30,9	0,00
10.2.2 - II	Sentral pelletskjel, totalt varmebehov, 23kW (uten pellets)	17,4	42 %	19,0	30,9	0,12
10.3.1 - I	Solfanger til tappevann, Aventa Solar	24,8	17 %	19,0	30,9	0,48
10.3.1 - II	Solfanger til tappevann, Vaillant	24,5	18 %	19,0	30,9	0,63
10.3.2 - I	Solcellepanel 40m <sup>2</sup> på sørvegg (40° vinkel)	28,8	4 %	19,0	30,9	2,16
10.3.2 - II	Solcellepanel 380m <sup>2</sup> , montert på taket (6°)	19,4	35 %	19,0	30,9	2,03
10.3.2 - III	Solcellepanel 45m <sup>2</sup> på garasjetak (6° vinkel)	28,8	4 %	19,0	30,9	2,01
10.3.3 - I	Bergvarmepumpe 22kW, tappevann og rom (uten pellets)	24,1	19 %	19,0	30,9	0,37
10.3.3 - II	Bergvarmepumpe 22kW, totalt varmebehov (uten pellets)	23,5	21 %	19,0	30,9	0,49
10.3.4 - I	Vindturbin 6kW, Getek	28,3	5 %	19,0	30,9	3,83
10.3.5 - I	Kildeseparering av avløpsvann	27,4	8 %	19,0	30,9	0,19
10.3.6 - I	Varmepumpe luft-luft 7x1,56kW (uten pellets)	33,8	-13 %	19,0	30,9	0,46
10.3.6 - II	Varmepumpe luft-vann 1x10,91kW (uten pellets)	30,2	-1 %	19,0	30,9	-5,00

- Der ikke annet er spesifisert er pelletsoven fremdeles installert i bygget, og dette påvirker andel fornybar energi.
- Lav faktor er bedre, fordi det indikerer mindre investeringer i forhold til kjøpt elektrisk energi.
- Negativ faktor kommer av økt elektrisk energibruk der pelletsoven ikke er installert.

Tabell 24 viser økonomi på investeringstidspunkt for alle tiltak.

**TABELL 24: ØKONOMI PÅ INVESTERINGSTIDSPUNKT FOR ALLE TILTAK**

TILTAK OG BESPARELSER		ØKONOMI, INVESTERINGER BYGGEFASE				
		Ekstra investeringskostnad				
Nr.	Tiltak	Antall	Enhet	Tilleggs-investering	Total tilleggs-investering	Totalt kost pr m <sup>2</sup> BRA
0	Forenklet testbygg	0	m <sup>2</sup>	0	kr	0
10.1.1 - I	Vegg: 250mm isolasjon, iso3 200mm, U=0,160	755	m <sup>2</sup>	192	kr	144 658
10.1.1 - II	Vegg: 300mm isolasjon, iso3 250mm, U=0,125	755	m <sup>2</sup>	269	kr	203 269
10.1.1 - III	Vegg: 350mm isolasjon, iso3 300mm, U=0,113	755	m <sup>2</sup>	336	kr	253 907
10.1.1 - IV	Vegg: 250mm isolasjon, extreme 33 U=0,148	755	m <sup>2</sup>	219	kr	165 488
10.1.1 - V	Vegg: 250mm, extreme 33 i påføring U=0,158	755	m <sup>2</sup>	189	kr	142 521
10.1.1 - VI	Vegg: 300mm, extreme 33 i påføring, U=0,124	755	m <sup>2</sup>	277	kr	208 931
10.1.2 - I	Tak: 450mm isolasjon U=0,08	364	m <sup>2</sup>	16	kr	5 693
10.1.2 - II	Tak: 550mm isolasjon U=0,073	364	m <sup>2</sup>	55	kr	19 893
10.1.2 - III	Tak: 500mm I-profil U=0,079	364	m <sup>2</sup>	856	kr	311 537
10.1.3 - I	Gulv: 300mm EPS U=0,10	314	m <sup>2</sup>	58	kr	18 265
10.1.3 - II	Gulv: 350mm EPS U=0,09	314	m <sup>2</sup>	111	kr	34 929
10.1.3 - III	Gulv: 400mm EPS U=0,08	314	m <sup>2</sup>	181	kr	56 831
10.1.4 - I	Vinduer, uendret geometri, U-verdi=0,84	1	pakke	111 875	kr	111 875
10.1.6 - I	Kuldebrureduksjon 0.05 => 0.02 [W/(m <sup>2</sup> K)]	115	stk	287	kr	32 996
10.1.6 - II	Kuldebrureduksjon 0.05 => 0.01 [W/(m <sup>2</sup> K)]	1	pakke	61 806	kr	61 806
10.1.7 - I	Infiltrasjon n <sub>50</sub> 1.9 => 0.6 luftvekslinger/time	755	m <sup>2</sup>	364	kr	274 503
10.1.7 - II	Infiltrasjon n <sub>50</sub> 1.9 => 0.5 luftvekslinger/time	755	m <sup>2</sup>	364	kr	274 503
10.4.1 - I	Utvendig, passiv solavskjerming	45,5	m <sup>2</sup>	644	kr	29 302
10.4.1 - II	Utvendig, aktiv, automatisk solavskjerming	134	m <sup>2</sup>	2 758	kr	369 572
10.4.1 - III	Utvendig, aktiv, manuell solavskjerming	134	m <sup>2</sup>	1 478	kr	198 052
10.4.1 - IV	Innvendig, aktiv, manuell solavskjerming	134	m <sup>2</sup>	550	kr	73 700
10.4.2 - I	Varmelagring, Betongskillevegger	405	m <sup>2</sup>	1 131	kr	458 071
10.5.1 - I	Ventilasjonsaggregat (SFP=1,3 og 0,89 temp)	7	stk	3 086	kr	21 602
10.6.2 - I	Vinduer, noe redusert areal U-verdi=0,79	1	pakke	85 659	kr	85 659
10.6.2 - II	Vinduer, mer redusert areal U-verdi=0,78	1	pakke	25 683	kr	25 683

ENERGIFORSYNINGER		ØKONOMI, INVESTERINGER BYGGEFASE				
		Investeringskostnad				
Nr.	Tiltak	Antall	Enhet	Enhetspris	Reduksjon av case-priser	Tilleggskost pr m <sup>2</sup> BRA
0	Forenklet testbygg	0	m <sup>2</sup>	0	kr	0
10.2.2 - II	Sentral pelletskjel, totalt varmebehov, 23kW (uten pellets)	1	stk	628 960	kr	323 925
10.3.1 - I	Solfanger til tappevann, Aventa Solar	1	stk	179 600	kr	8 664
10.3.1 - II	Solfanger til tappevann, Vaillant	1	stk	270 000	kr	0
10.3.2 - I	Solcellepanel 40m <sup>2</sup> på sørvegg (40° vinkel)	1	stk	250 000	kr	0
10.3.2 - II	Solcellepanel 380m <sup>2</sup> , montert på taket (6°)	1	stk	2 200 000	kr	74 320
10.3.2 - III	Solcellepanel 45m <sup>2</sup> på garasjetak (6° vinkel)	1	stk	260 526	kr	0
10.3.3 - I	Bergvarmepumpe 22kW, tappevann og rom (uten pellets)	1	stk	720 700	kr	323 925
10.3.3 - II	Bergvarmepumpe 22kW, totalt varmebehov (uten pellets)	1	stk	813 500	kr	323 925
10.3.4 - I	Vindturbin 6kW, Getek	1	stk	450 000	kr	0
10.3.5 - I	Kildeseparering av avløpsvann	14	stk	3 950	kr	0
10.3.6 - I	Varmepumpe luft-luft 7x1,56kW (uten pellets)	7	stk	18 000	kr	323 925
10.3.6 - II	Varmepumpe luft-vann 1x10,91kW (uten pellets)	1	stk	714 960	kr	323 925

Tabell 25 viser økonomi i driftsfasen for alle tiltak.

**TABELL 25: ØKONOMI I DRIFTSFASE FOR ALLE TILTAK**

TILTAK OG BESPARELSER		ØKONOMI, DRIFTSTID						
		Levetid		Driftstid - kostnad og besparelser				
Nr.	Tiltak	År	Antall re-invest.	Årlig vedlikehold	Totalt vedlikehold	Reinvestering	Besparelse (ifht case)	Nåverdi (vfh. & reinvest.)
0	Forenklet testbygg	50	0	Ikke ekstra	- kr	- kr	- kr	- kr
10.1.1 - I	Vegg: 250mm isolasjon, iso3 200mm, U=0,160	50	0	- kr	- kr	- kr	- kr	- kr
10.1.1 - II	Vegg: 300mm isolasjon, iso3 250mm, U=0,125	50	0	- kr	- kr	- kr	- kr	- kr
10.1.1 - III	Vegg: 350mm isolasjon, iso3 300mm, U=0,113	50	0	- kr	- kr	- kr	- kr	- kr
10.1.1 - IV	Vegg: 250mm isolasjon, extreme 33 U=0,148	50	0	- kr	- kr	- kr	- kr	- kr
10.1.1 - V	Vegg: 250mm, extreme 33 i påføring U=0,158	50	0	- kr	- kr	- kr	- kr	- kr
10.1.1 - VI	Vegg: 300mm, extreme 33 i påføring, U=0,124	50	0	- kr	- kr	- kr	- kr	- kr
10.1.2 - I	Tak: 450mm isolasjon U=0,08	50	0	- kr	- kr	- kr	- kr	- kr
10.1.2 - II	Tak: 550mm isolasjon U=0,073	50	0	- kr	- kr	- kr	- kr	- kr
10.1.2 - III	Tak: 500mm I-profil U=0,079	50	0	- kr	- kr	- kr	- kr	- kr
10.1.3 - I	Gulv: 300mm EPS U=0,10	50	0	- kr	- kr	- kr	- kr	- kr
10.1.3 - II	Gulv: 350mm EPS U=0,09	50	0	- kr	- kr	- kr	- kr	- kr
10.1.3 - III	Gulv: 400mm EPS U=0,08	50	0	- kr	- kr	- kr	- kr	- kr
10.1.4 - I	Vinduer, uendret geometri, U-verdi=0,84	25	1	- kr	- kr	441 447 kr	329 572 kr	41 966 kr
10.1.6 - I	Kuldebrureduksjon 0.05 => 0.02 [W/(m²K)]	50	0	- kr	- kr	- kr	- kr	- kr
10.1.6 - II	Kuldebrureduksjon 0.05 => 0.01 [W/(m²K)]	50	0	- kr	- kr	- kr	- kr	- kr
10.1.7 - I	Infiltrasjon n <sub>50</sub> 1.9 => 0.6 luftvekslinger/time	50	0	- kr	- kr	- kr	- kr	- kr
10.1.7 - II	Infiltrasjon n <sub>50</sub> 1.9 => 0.5 luftvekslinger/time	50	0	- kr	- kr	- kr	- kr	- kr
10.4.1 - I	Utvendig, passiv solavskjerming	50	0	- kr	- kr	- kr	- kr	- kr
10.4.1 - II	Utvendig, aktiv, automatisk solavskjerming	20	2	1 000 kr	50 000 kr	739 144 kr	- kr	267 128 kr
10.4.1 - III	Utvendig, aktiv, manuell solavskjerming	20	2	1 000 kr	50 000 kr	396 104 kr	- kr	153 122 kr
10.4.1 - IV	Innvendig, aktiv, manuell solavskjerming	20	2	- kr	- kr	147 400 kr	- kr	48 986 kr
10.4.2 - I	Varmelagring, Betongsillevegger	50	0	- kr	- kr	- kr	- kr	- kr
10.5.1 - I	Ventilasjonsaggregat (SFP=1,3 og 0,89 temp)	25	1	Ikke ekstra	- kr	133 000 kr	112 000 kr	7 877 kr
10.6.2 - I	Vinduer, noe redusert areal U-verdi=0,79	25	1	- kr	- kr	415 186 kr	329 572 kr	32 115 kr
10.6.2 - II	Vinduer, mer redusert areal U-verdi=0,78	25	1	- kr	- kr	355 210 kr	329 572 kr	9 617 kr

ENERGIFORSYNINGER		ØKONOMI, DRIFTSTID				
		Levetid		Driftstid - kostnad og besparelser		
Nr.	Tiltak	År	Antall re-invest.	Årlig vedlikehold	Kostnad rekjøp	Besparelse reinnkjøp/vedlikehold
0	Forenklet testbygg	50	0	0 kr	0 kr	0 kr
10.2.2 - II	Sentral pelletskjel, totalt varmebehov, 23kW (uten pellets)	25	1	1 000 kr	154 000 kr	443 925 kr
10.3.1 - I	Solfanger til tappevann, Aventa Solar	20	2	500 kr	239 200 kr	0 kr
10.3.1 - II	Solfanger til tappevann, Vaillant	20	2	500 kr	300 000 kr	0 kr
10.3.2 - I	Solcellepanel 40m² på sørvegg (40° vinkel)	25	1	0 kr	250 000 kr	0 kr
10.3.2 - II	Solcellepanel 380m², montert på taket (6°)	25	1	0 kr	2 200 000 kr	0 kr
10.3.2 - III	Solcellepanel 45m² på garasjetak (6° vinkel)	25	1	0 kr	260 526 kr	0 kr
10.3.3 - I	Bergvarmepumpe 22kW, tappevann og rom (uten pellets)	20	2	1 200 kr	40 000 kr	443 925 kr
10.3.3 - II	Bergvarmepumpe 22kW, totalt varmebehov (uten pellets)	20	2	1 200 kr	124 000 kr	443 925 kr
10.3.4 - I	Vindturbin 6kW, Getek	25	1	12 800 kr	450 000 kr	0 kr
10.3.5 - I	Kildeseparering av avløpsvann	15	3	0 kr	11 850 kr	0 kr
10.3.6 - I	Varmepumpe luft-luft 7x1,56kW (uten pellets)	17	2	0 kr	252 000 kr	443 925 kr
10.3.6 - II	Varmepumpe luft-vann 1x10,91kW (uten pellets)	17	2	2 000 kr	480 000 kr	443 925 kr

Tabell 26 viser økonomi i løpet av livsløpet for alle tiltak.

**TABELL 26: ØKONOMI I LØPET AV LIVSLØPET FOR ALLE TILTAK**

TILTAK OG BESPARELSER		ØKONOMI, LIVSLØP			
		Total tilleggs kost over byggets levetid			
Nr.	Tiltak	Totalsum	pr m <sup>2</sup> BRA	Antatt realsum	pr m <sup>2</sup> BRA
0	Forenklet testbygg	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr
10.1.1 - I	Vegg: 250mm isolasjon, iso3 200mm, U=0,160	144 658 kr	132 kr	144 658 kr	132 kr
10.1.1 - II	Vegg: 300mm isolasjon, iso3 250mm, U=0,125	203 269 kr	186 kr	203 269 kr	186 kr
10.1.1 - III	Vegg: 350mm isolasjon, iso3 300mm, U=0,113	253 907 kr	233 kr	253 907 kr	233 kr
10.1.1 - IV	Vegg: 250mm isolasjon, extreme 33 U=0,148	165 488 kr	152 kr	165 488 kr	152 kr
10.1.1 - V	Vegg: 250mm, extreme 33 i påføring U=0,158	142 521 kr	131 kr	142 521 kr	131 kr
10.1.1 - VI	Vegg: 300mm, extreme 33 i påføring, U=0,124	208 931 kr	191 kr	208 931 kr	191 kr
10.1.2 - I	Tak: 450mm isolasjon U=0,08	5 693 kr	5 kr	5 693 kr	5 kr
10.1.2 - II	Tak: 550mm isolasjon U=0,073	19 893 kr	18 kr	19 893 kr	18 kr
10.1.2 - III	Tak: 500mm I-profil U=0,079	311 537 kr	285 kr	311 537 kr	285 kr
10.1.3 - I	Gulv: 300mm EPS U=0,10	18 265 kr	17 kr	18 265 kr	17 kr
10.1.3 - II	Gulv: 350mm EPS U=0,09	34 929 kr	32 kr	34 929 kr	32 kr
10.1.3 - III	Gulv: 400mm EPS U=0,08	56 831 kr	52 kr	56 831 kr	52 kr
10.1.4 - I	Vinduer, uendret geometri, U-verdi=0,84	223 750 kr	205 kr	153 841 kr	141 kr
10.1.6 - I	Kuldebrureduksjon 0.05 => 0.02 [W/(m <sup>2</sup> K)]	32 996 kr	30 kr	32 996 kr	30 kr
10.1.6 - II	Kuldebrureduksjon 0.05 => 0.01 [W/(m <sup>2</sup> K)]	61 806 kr	57 kr	61 806 kr	57 kr
10.1.7 - I	Infiltrasjon n <sub>50</sub> 1.9 => 0.6 luftvekslinger/time	274 503 kr	251 kr	274 503 kr	251 kr
10.1.7 - II	Infiltrasjon n <sub>50</sub> 1.9 => 0.5 luftvekslinger/time	274 503 kr	251 kr	274 503 kr	251 kr
10.4.1 - I	Utvendig, passiv solavskjerming	29 302 kr	27 kr	29 302 kr	27 kr
10.4.1 - II	Utvendig, aktiv, automatisk solavskjerming	1 158 716 kr	1 061 kr	636 700 kr	583 kr
10.4.1 - III	Utvendig, aktiv, manuell solavskjerming	644 156 kr	590 kr	351 174 kr	322 kr
10.4.1 - IV	Innvendig, aktiv, manuell solavskjerming	221 100 kr	202 kr	122 686 kr	112 kr
10.4.2 - I	Varmelagring, Betongskillevegger	458 071 kr	419 kr	458 071 kr	419 kr
10.5.1 - I	Ventilasjonsaggregat (SFP=1,3 og 0,89 temp)	42 602 kr	39 kr	29 479 kr	27 kr
10.6.2 - I	Vinduer, noe redusert areal U-verdi=0,79	171 273 kr	157 kr	117 774 kr	108 kr
10.6.2 - II	Vinduer, mer redusert areal U-verdi=0,78	51 321 kr	47 kr	35 300 kr	32 kr

ENERGIFORSYNINGER		ØKONOMI, LIVSLØP			
		Total tilleggs kost over byggets levetid			
Nr.	Tiltak	Totalsum	pr m <sup>2</sup> BRA	Antatt realsum*	pr m <sup>2</sup> BRA
0	Forenklet testbygg	0 kr	0 kr	0 kr	0 kr
10.2.2 - II	Sentral pelletskjel, totalt varmebehov, 23kW (uten pellets)	952 960 kr	873 kr	209 156 kr	192 kr
10.3.1 - I	Solfanger til tappevann, Aventa Solar	435 136 kr	398 kr	340 667 kr	312 kr
10.3.1 - II	Solfanger til tappevann, Vaillant	595 000 kr	545 kr	480 144 kr	440 kr
10.3.2 - I	Solcellepanel 40m <sup>2</sup> på sørvegg (40° vinkel)	500 000 kr	458 kr	343 779 kr	315 kr
10.3.2 - II	Solcellepanel 380m <sup>2</sup> , montert på taket (6°)	4 325 680 kr	3 961 kr	2 950 936 kr	2 702 kr
10.3.2 - III	Solcellepanel 45m <sup>2</sup> på garasjetak (6° vinkel)	521 053 kr	477 kr	358 254 kr	328 kr
10.3.3 - I	Bergvarmepumpe 22kW, tappevann og rom (uten pellets)	940 700 kr	861 kr	274 011 kr	251 kr
10.3.3 - II	Bergvarmepumpe 22kW, totalt varmebehov (uten pellets)	1 117 500 kr	1 023 kr	407 148 kr	373 kr
10.3.4 - I	Vindturbin 6kW, Getek	1 540 000 kr	1 410 kr	893 774 kr	818 kr
10.3.5 - I	Kildeseparering av avløpsvann	67 150 kr	61 kr	67 562 kr	62 kr
10.3.6 - I	Varmepumpe luft-luft 7x1,56kW (uten pellets)	498 000 kr	456 kr	-275 162 kr	-252 kr
10.3.6 - II	Varmepumpe luft-vann 1x10,91kW (uten pellets)	1 414 960 kr	1 296 kr	445 332 kr	408 kr



## 11 RESULTATER – TILTAKSPAKKER

I dette kapittelet blir resultatene av de simulerte tiltakspakkene presentert. Hver pakke starter med en oversiktstabell med de valgte tiltakene, før energi- og komfortresultatene følger. Nullhuspakkene har også resultater fra klimagassberegningene. Energiresultatene er sammenstillinger av flere store Simien-rapportfiler fra simuleringene av ende- og midtleilighetene. De tabellene og verdier som er relevante for oppgaven er valgt ut. Fullstendige resultat- og simuleringfiler kan studeres i de elektroniske vedleggene.

### 11.1 PASSIVHUS – SØRUM

#### 11.1.1 VALGTE TILTAK

I tabell 27 presenteres de tiltakene som er valgt ut til å oppnå passivhusstandard i Sørums kommunen. Dette er tiltak som må gjøres for at det oppførte bygget i Trestartveien skal tilfredsstillere kravene i NS3700:2010 uten at arkitektur og utforming skal endres. Tiltakene er valgt ut fra resultatene i kapittel 10.9, der alle tiltakene var simulert hver for seg. På grunnlag av dette er flere tiltak simulert sammen i Simien, slik at disse utgjør tiltakspakken som gir passivhus i Sørums kommunen.

TABELL 27: TILTAKSPAKKE - PASSIVHUS, SØRUM

Område	Konstruksjonsdel	Nr.	Tiltak	Investerings- tillegg pr m <sup>2</sup> BRA [kr]	Livstidskost- tillegg pr m <sup>2</sup> BRA [kr] *
<b>Varmetap</b>	Vegger	10.1.1 - VI	Vegg: 300mm,extreme 33 i påføring, U=0,124	191,-	191,-
	Tak	10.1.2 - II	Tak: 550mm isolasjon U=0,073	18,-	18,-
	Gulv	10.1.3 - II	Gulv: 350mm EPS U=0,09	32,-	32,-
	Vinduer	10.6.2 - I	Vinduer, noe redusert areal U-verdi=0,79	78,-	108,-
	Kuldebroer	10.1.6 - I	Kuldebroereduksjon 0.05 => 0.02 [W/(m <sup>2</sup> K)]	30,-	30,-
	Infiltrasjon	10.1.7 - II	Infiltrasjon n <sub>50</sub> 1.9 => 0.5 luftvekslinger/time	251,-	251,-
<b>Inneklima</b>	Ventilasjonsanlegg	10.5.1 - I	Ventilasjonsaggregat (SFP=1,3 og 0,89 temp)	20,-	27,-
	Solavskjerming	10.4.1 - III	Utvendig, aktiv, manuell solavskjerming	181,-	322,-
<b>Energiforsyning</b>	Varmepumpe	10.3.6 - I	Varmepumpe luft-luft 7x1,56kW (uten pellets)	-181,-	-252,-
	Solfanger	10.3.1 - I	Solfanger til tappevann, Aventa Solar	157,-	312,-
	Varmegj.avløpsvann	10.3.5 - I	Kildeseparering av avløpsvann	51,-	62,-
<b>Totalsum tiltakspakke</b>				<b>828,-</b>	<b>1101,-</b>

\* Det er brukt nåverdimetoden med kalkulasjonsrente på 4% i reinvesteringer

Tilskuddsordningen fra Enova kan i dette tilfellet gi Block Watne kr 10 000,- i støtte til solfangeranlegget. Ved slik støtte gir dette en redusert investeringskostnad i byggeåret på kr 9,- pr m<sup>2</sup> BRA. Er kjøpere av boligene klare før ferdigstilling og kan faktureres separat for anleggene kan støtten være inntil kr 36 000,- for solfangeranlegget.

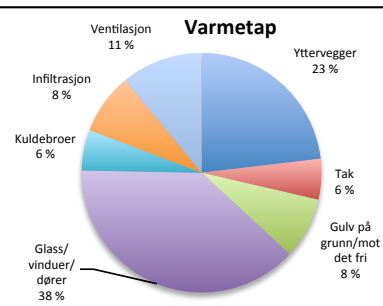
### 11.1.2 SIMULERINGSRESULTAT

Her presenteres de energiytelsene til hele bygget, satt sammen av tiltakene for å nå passivhuskravene som gjelder for Sørums. Oppsettet nedenfor følger kapittelinnvidlingen i passivhusstandarden og presenterer varmetapstall, kjølebehov, oppvarmingbehov og minstekrav. Etter dette kommer andre resultater som er relevante innenfor et energi- og miljøperspektiv. En liste over inndataene til bygget, energiforsyningen og klimadataene kan leses i vedlegg A. Resultatene er innenfor kravene gitt i passivhusstandarden NS3700:2010, og de er simulert i SIMIEN som følger metode og data fra NS3031:2007.

Alle parameter som angår varmetapet til passivhusbygget er listet opp i tabell 28, sammen med det totale varmetapstallet. Figuren nedenfor synliggjør fordelingen av de ulike varmetapskomponentene i et kakediagram.

**TABELL 28: BEREGNEDE VARMETAPSTALL FOR PASSIVHUS I SØRUM**

Varmetapstall	Endeleiligheter	Midtleiligheter	Totalt	(krav)
Yttervegger	0,12	0,07	0,08	
Tak	0,02	0,02	0,02	
Gulv på grunn/mot det fri	0,03	0,03	0,03	
Glass/vinduer/dører	0,14	0,14	0,14	
Kuldebroer	0,02	0,02	0,02	
Infiltrasjon	0,03	0,03	0,03	
Ventilasjon	0,04	0,04	0,04	
Totalt	0,4	0,35	0,36	(0,5)



Kravet for bygninger med mer enn 250m<sup>2</sup> oppvarmet BRA er 0,50 W/(m<sup>2</sup>K)

Tabell 29 viser dimensjonerende temperaturer i bygget, med og uten lufting. I tillegg er de høyeste temperaturene for oppholdssonen tatt med, siden dette er særlig viktig for komforten. Etter at sørvindue ble fjernet fra bygget, vil ikke endeleiligheten i sør få de høyeste temperaturene, men de midtre leilighetene som har et lavere varmetapstall vil få dette.

**TABELL 29: BEREGNET KJØLEBEHOV ETTER LOKALT KLIMA FOR PASSIVHUS I SØRUM**

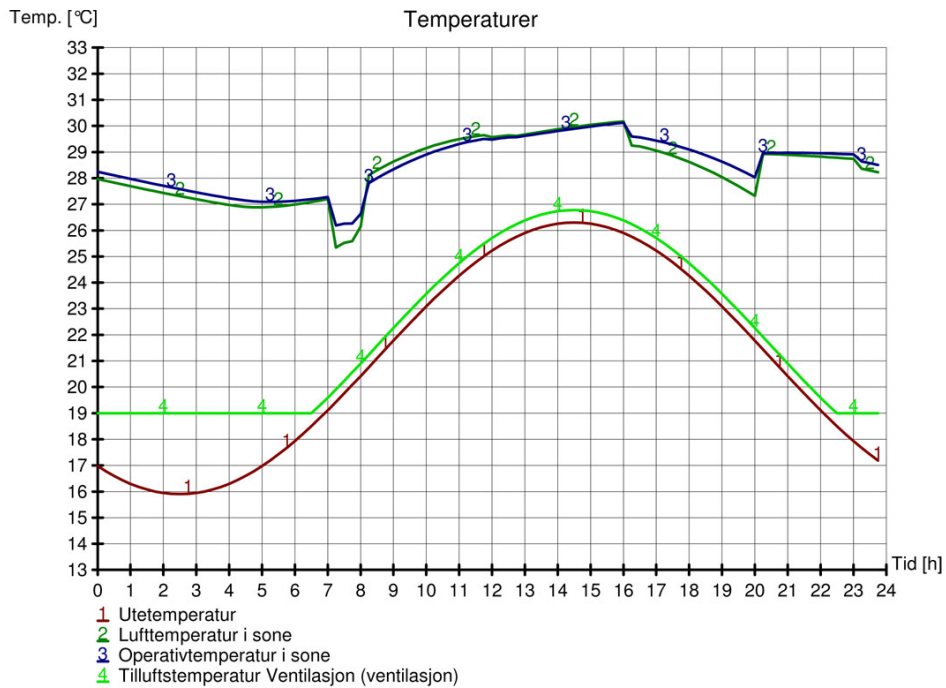
Kjølebehov etter lokalt klima	Temp	Tid	Leilighet	Sone
Dimensjonerende temp, uten lufting*	31,7 °C	18:15	5, midtleilighet	Soverom 2.etg østvendt
Dimensjonerende temp, med lufting*	30,2 °C	16:00	5, midtleilighet	Soverom 2.etg østvendt
Høyeste temp i oppholdsrom, uten lufting	29,7 °C	18:00	5, midtleilighet	Oppholdssone
Høyeste temp i oppholdsrom, med lufting	27,4 °C	16:00	5, midtleilighet	Oppholdssone

\* Temperaturene nedenfor er simulert i juli, uten person- og utstyrsbelastning mellom 08.00 og 16.00.

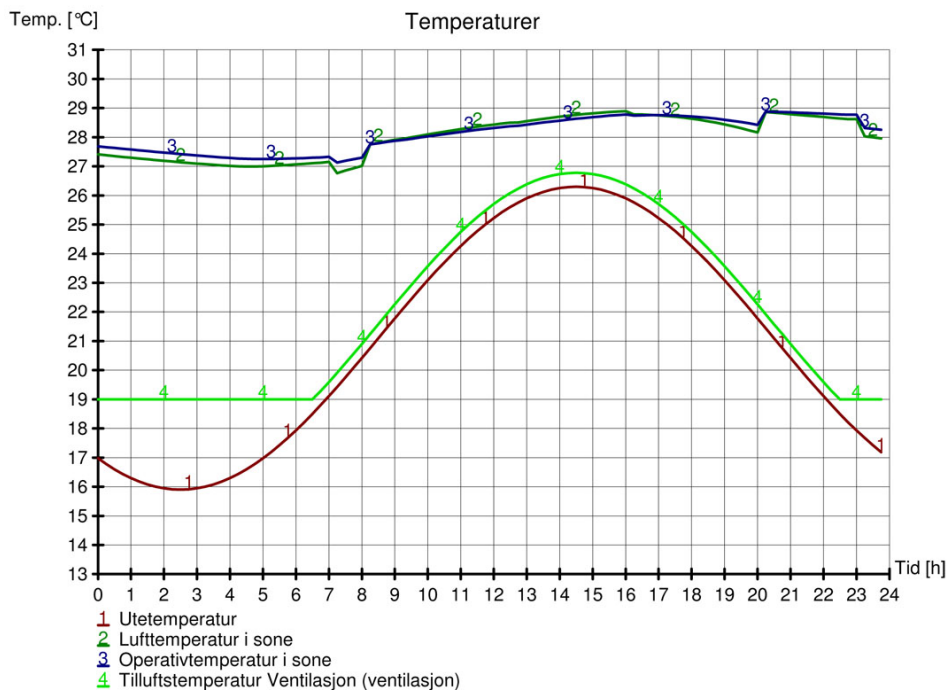
Eventuel lufting foregår fra 07.00 til 08.00 og fra 16.00 til 20.00.

Da maksimaltemperaturen ikke gir et fullstendig bilde på den termiske komforten i leilighetene alene, er det nyttig å se på temperaturen over døgnet i de aktuelle sonene. Grafisk fremstilling av lufttemperatur, operativ temperatur, tilluftstemperatur og

utetemperatur er gitt nedenfor i figur 44 og figur 45. Figurene viser også hvordan utluftingen på morgenen (kl. 07-08) og ettermiddagen (kl. 16-20) påvirker temperaturen. Under luftingen har alle åpningsbare vinduer i sonen en åpning på 0,5 m<sup>2</sup>.



FIGUR 44: TEMPERATUREN OVER DØGNET I DIMENSJONERENDE SONE FOR PASSIVHUS I SØRUM



FIGUR 45: TEMPERATUREN OVER DØGNET I OPPHOLDSSONEN FOR PASSIVHUS I SØRUM

Det mest kjente kravet fra passivhusstandarden er netto oppvarmingsbehov per kvadratmeter oppvarmet BRA. Med Sørums årsmiddeltemperatur på 5,3°C blir dette kravet 17,1 kWh/m<sup>2</sup> årlig. Resultatet av denne beregningen, samt forbruket av direkte elektrisitet eller fossile brensel er gitt i tabell 30.

**TABELL 30: BEREGNET OPPVARMINGSBEHOV ETTER KLIMA OG ENERGIFORSYNING FOR PASSIVHUS I SØRUM**

Oppvarmingsbehov etter klima og energiforsyning

	Endeleiligheter	Midtleiligheter	Totalt (krav)
Netto oppvarmingsbehov	20,3 kWh/m <sup>2</sup>	15,3 kWh/m <sup>2</sup>	16,73 kWh/m <sup>2</sup> (17,1)
Netto kjølebehov	0 kWh/m <sup>2</sup>	0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup> (0)
Energibruk el./fossile energibærere	56,1 kWh/m <sup>2</sup> (67,9)	53 kWh/m <sup>2</sup> (62,8)	53,9 kWh/m <sup>2</sup> (64,3)

Beregnete verdier på bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall er gitt i tabell 31. Der gis verdiene leilighetsvis og for hele bygget. Disse kravene, som er like for hele landet, finnes i den høyre kolonnen.

**TABELL 31: MINSTEKRAV TIL BYGNINGSDELER, KOMPONENTER OG LEKKASJETALL FOR PASSIVHUS I SØRUM**

Minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall

	Endeleiligheter	Midtleiligheter	Totalt (krav)
U-verdi yttervegger	0,12 [W/m <sup>2</sup> K]	0,12 [W/m <sup>2</sup> K]	0,12 (0,15)
U-verdi tak	0,07 [W/m <sup>2</sup> K]	0,07 [W/m <sup>2</sup> K]	0,07 (0,13)
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri	0,1 [W/m <sup>2</sup> K]	0,1 [W/m <sup>2</sup> K]	0,10 (0,15)
U-verdi glass/vinduer/dører	0,79 [W/m <sup>2</sup> K]	0,79 [W/m <sup>2</sup> K]	0,79 (0,8)
Normalisert kuldebroverdi	0,02 [W/m <sup>2</sup> K]	0,02 [W/m <sup>2</sup> K]	0,02 (0,03)
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon	89 [%]	89 [%]	89 (80)
Spesifikk vifteeffekt (SFP) :	1,30 [kW/m <sup>3</sup> /s]	1,30 [kW/m <sup>3</sup> /s]	1,30 (1,5)
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell)	0,5 [luftvekslinger/t]	0,5 [luftvekslinger/t]	0,5 (0,6)

Det er ikke krav til leilighetenes enkeltvis- eller hele byggets klimagassutslipp, men det er beregnet i tabell 32 for å gi et mål på hvor mye et passivhus påvirker miljøet årlig i driftsfasen. Verdien til venstre i tabellen er endeleiligheter, midtleiligheter i midten og hele bygget til høyre.

**TABELL 32: BEREGNET ÅRLIG UTSLIPP AV KARBONDIOKSID FOR PASSIVHUS I SØRUM**

Årlig CO <sub>2</sub> utslipp	3 437 kg/år	3 263 kg/år	23 189 kg/år
-------------------------------	-------------	-------------	--------------

Energibudsjettet til bygget og leilighetene er vist i tabell 33. Endeleiligheter (til venstre) og midtleiligheter bruker ulik mengde energi til oppvarming. Til høyre i tabellen kan hele byggets energibudsjett studeres.

**TABELL 33: BEREGNET ÅRLIG ENERGIBUDSJETT FOR ET PASSIVHUS I SØRUM**

Energi budsjet	Energi behov		Energi behov		Energi behov	
	[kWh]	Spesifikt energi behov [kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh]	Spesifikt energi behov [kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh]	Spesifikt energi behov [kWh/m <sup>2</sup> ]
1a Romoppvarming	2 984	19,1	2 213	14,2	17 033	15,6
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	180	1,2	160	1,0	1 160	1,1
2 Varmtvann (tappevann)	4 634	29,7	4 634	29,7	32 438	29,7
3a Vifter	591	3,8	591	3,8	4 137	3,8
3b Pumper	0	0,0	0	0,0	0	0,0
4 Belysning	1 772	11,4	1 772	11,4	12 404	11,4
5 Teknisk utstyr	2 726	17,5	2 726	17,5	19 082	17,5
6a Romkjøling	0	0,0	0	0,0	0	0,0
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<b>Totalt netto energi behov, sum 1-6</b>	<b>12 887</b>	<b>82,6</b>	<b>12 096</b>	<b>77,5</b>	<b>86 254</b>	<b>79,0</b>

Den leverte energien er også beregnet. Tabell 34 viser hvor mye hver enkelt energibærer yter årlig. Merk at denne tabellen tar med virkningsgrader på energiforsyningene, men ikke energien levert av solfangeren. Derfor vil "levert energi" ikke samsvare med "energi behov" fra energibudsjettet.

**TABELL 34: BEREGNET LEVERT ENERGI TIL ET PASSIVHUS I SØRUM**

Levert energi (beregnet)	Levert energi		Levert energi		Levert energi	
	[kWh]	Spesifikk levert energi [kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh]	Spesifikk levert energi [kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh]	Spesifikk levert energi [kWh/m <sup>2</sup> ]
1a Direkte el.	7536	48,3	7358	47,2	51862	47,5
1b El. Varmepumpe	1148	7,4	851	5,5	6551	6,0
1c El. Solenergi	42	0,3	42	0,3		
2 Olje	0	0,0	0	0,0	0	0,0
3 Gass	0	0,0	0	0,0	0	0,0
4 Fjernvarme	0	0,0	0	0,0	0	0,0
5 Biobrensel	0	0,0	0	0,0	0	0,0
6 Annen (varmegjennvinner dusj)	9	0,1	9	0,1	63	0,1
<b>Totalt netto energi behov, sum 1-6</b>	<b>8735</b>	<b>56,0</b>	<b>8260</b>	<b>52,9</b>	<b>58476</b>	<b>53,5</b>

Egne vintersimuleringer som viser den termiske komforten er ikke vedlagt i rapporten, men en oversikt over hvordan energiforsyningen dekker oppvarmingsbehovet er gitt i tabell 35. "Dekningsgrad energibruk" forteller hvor stor del av oppvarmingsbehovet som kan dekkes ved gitt effekt. Tallet i parentes forteller hvor stor del av den installerte effekten som da er i bruk. På dimensjonerende vinterdager bruker endeleilighetene 2,8 kW, midtleilighetene 2,6 kW og hele bygget 18,6 kW til å dekke oppvarmingsbehovet.

**TABELL 35: BEREGNET DEKNINGSGRAD VED INSTALLERT EFFEKT**

Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	Dekningsgrad		Dekningsgrad		Total effekt	
	Effekt (dekning)	energibruk [%]	Effekt (dekning)	energibruk [%]	[kW]	(dekning)
	3,2 kW (90 %)	100	3,0 kW (90 %)	100	21,4	90 %
	2,8 kW (80 %)	100	2,6 kW (80 %)	100	18,6	80 %
	2,5 kW (70 %)	99	2,3 kW (70 %)	99	16,5	70 %
	2,1 kW (60 %)	97	2,0 kW (60 %)	97	14,2	60 %
	1,8 kW (50 %)	94	1,7 kW (50 %)	94	12,1	50 %
	1,4 kW (40 %)	89	1,3 kW (40 %)	90	9,3	40 %
	1,1 kW (30 %)	81	1,0 kW (30 %)	82	7,2	30 %
	0,7 kW (20 %)	66	0,7 kW (20 %)	69	4,9	20 %
	0,4 kW (10 %)	41	0,3 kW (10 %)	44	2,3	10 %

## 11.2 PASSIVHUS – SOLA

### 11.2.1 VALGTE TILTAK

I tabell 36 presenteres de tiltakene som er valgt ut til å oppnå passivhusstandard i Sola kommune. Dette er tiltak som må gjøres for at det oppførte bygget i Trestakkveien skal tilfredsstille kravene i NS3700:2010 uten at arkitektur og utforming skal endres, gitt at det føres opp på en tomt i Sola med samme orientering. Tiltakene er valgt ut fra resultatene i kapittel 10.9, der alle tiltakene var simulert hver for seg. På grunnlag av dette er flere tiltak simulert sammen i Simien, slik at disse utgjør tiltakspakken som gir passivhus i Sola.

TABELL 36: TILTAKSPAKKE - PASSIVHUS, SOLA

Område	Konstruksjonsdel	Nr.	Tiltak	Investerings- tillegg pr m <sup>2</sup> BRA [kr]	Livstidskost- tillegg pr m <sup>2</sup> BRA [kr] *
<b>Varmetap</b>	Vegger	10.1.1 - II	Vegg: 300mm isolasjon, iso3 250mm, U=0,125	191,-	191,-
	Tak	10.1.2 - I	Tak: 450mm isolasjon U=0,08	5,-	5,-
	Gulv	-	Ingen nødvendige	-	-
	Vinduer	10.6.2 - I	Vinduer, noe redusert areal U-verdi=0,79	78,-	108,-
	Kuldebroer	10.1.6 - I	Kuldebroereduksjon 0.05 => 0.02 [W/(m <sup>2</sup> K)]	30,-	30,-
	Infiltrasjon	10.1.7 - I	Infiltrasjon n <sub>50</sub> 1.9 => 0.6 luftvekslinger/time	251,-	251,-
<b>Inneklima</b>	Ventilasjonsanlegg	10.5.1 - I	Ventilasjonsaggregat (SFP=1,3 og 0,89 temp)	20,-	27,-
	Solavskjerming	10.4.1 - I	Utvendig, geometrisk passiv solavskjerming	27,-	27,-
	Solavskjerming	10.4.1 - IV	Innvendig, aktiv, manuell solavskjerming	67,-	112,-
<b>Energiforsyning</b>	Varmepumpe	10.3.6 - I	Varmepumpe luft-luft 7x1,56kW (uten pellets)	-181,-	-252,-
	Solfanger	10.3.1 - I	Solfanger til tappevann, Aventa Solar	157,-	312,-
	Varmegj.avløpsvann	10.3.5 - I	Kildeseparering av avløpsvann	51,-	62,-
<b>Totalsum tiltakspakke</b>				<b>696,-</b>	<b>873,-</b>

\* Det er brukt nåverdimetoden med kalkulasjonsrente på 4% i reinvesteringer

Tilskuddsordningen fra Enova kan i dette tilfellet gi Block Watne kr 10 000,- i støtte til solfangeranlegget. Ved slik støtte gir dette en redusert investeringskostnad i byggeåret på kr 9,- pr m<sup>2</sup> BRA. Er kjøperen av boligene klare før ferdigstilling og kan faktureres separat for anleggene kan støtten være inntil kr 36 000,- for solfangeranlegget.

### 11.2.2 SIMULERINGSRESULTAT

Her presenteres de energiytelsene til hele bygget, satt sammen av tiltakene for å nå passivhuskravene som gjelder for Sola. Oppsettet nedenfor følger kapittelindelingen i passivhusstandarden og presenterer varmetapstall, kjølebehov, oppvarmingbehov og minstekrav. Etter dette kommer andre resultater som er relevante innenfor et energi- og miljøperspektiv. En liste over inndataene til bygget, energiforsyningen og klimadataene kan leses i vedlegg A. Resultatene er innenfor kravene gitt i passivhusstandarden NS3700:2010, og de er simulert i SIMIEN som følger metode og data fra NS3031:2007.

Alle parameter som angår varmetapet til passivhusbygget er listet opp i tabell 37 sammen med det totale varmetapstallet. Figuren nedenfor synliggjør fordelingen av de ulike varmetapkomponentene i et kakediagram.

**TABELL 37: BEREGNEDE VARMETAPSTALL FOR PASSIVHUS I SOLA**

Varmetapstall	Endeleiligheter	Midtleiligheter	Totalt (krav)
Yttervegger	0,13	0,07	0,09
Tak	0,03	0,03	0,03
Gulv på grunn/mot det fri	0,04	0,03	0,03
Glass/vinduer/dører	0,14	0,14	0,14
Kuldebroer	0,02	0,02	0,02
Infiltrasjon	0,03	0,03	0,03
Ventilasjon	0,04	0,04	0,04
Totalt	0,43	0,37	0,39 (0,5)

**Varmetap**

Detailed description of the pie chart: The pie chart is divided into seven segments. The largest segment is 'Glass/vinduer/dører' at 37%, followed by 'Yttervegger' at 23%, 'Gulv på grunn/mot det fri' at 9%, 'Tak' at 8%, 'Ventilasjon' at 10%, 'Infiltrasjon' at 8%, and 'Kuldebroer' at 5%.

Kravet for bygninger med mer enn 250m<sup>2</sup> oppvarmet BRA er 0,50 W/(m<sup>2</sup>K)

Tabell 38 viser dimensjonerende temperaturer i bygget, med og uten lufting. I tillegg er de høyeste temperaturene for oppholdssonen tatt med, siden dette er særlig viktig for komforten. Etter at sørvindue ble fjernet fra bygget, vil ikke endeleiligheten i sør få de høyeste temperaturene, men de midtre leilighetene som har et lavere varmetapstall vil få dette.

**TABELL 38: BEREGNET KJØLEBEHOV ETTER LOKALT KLIMA FOR PASSIVHUS I SOLA**

Kjølebehov etter lokalt klima	Temp	Tid	Leilighet	Sone
Dimensjonerende temp, uten lufting*	34,5 °C	11:45	5, midtleilighet	Soverom 2.etg østvendt
Dimensjonerende temp, med lufting*	31,5 °C	11:30	5, midtleilighet	Soverom 2.etg østvendt
Høyeste temp i oppholdsrom, uten lufting	26,5 °C	08:00	5, midtleilighet	Oppholdsrom
Høyeste temp i oppholdsrom, med lufting	24,6 °C	16:15	5, midtleilighet	Oppholdsrom

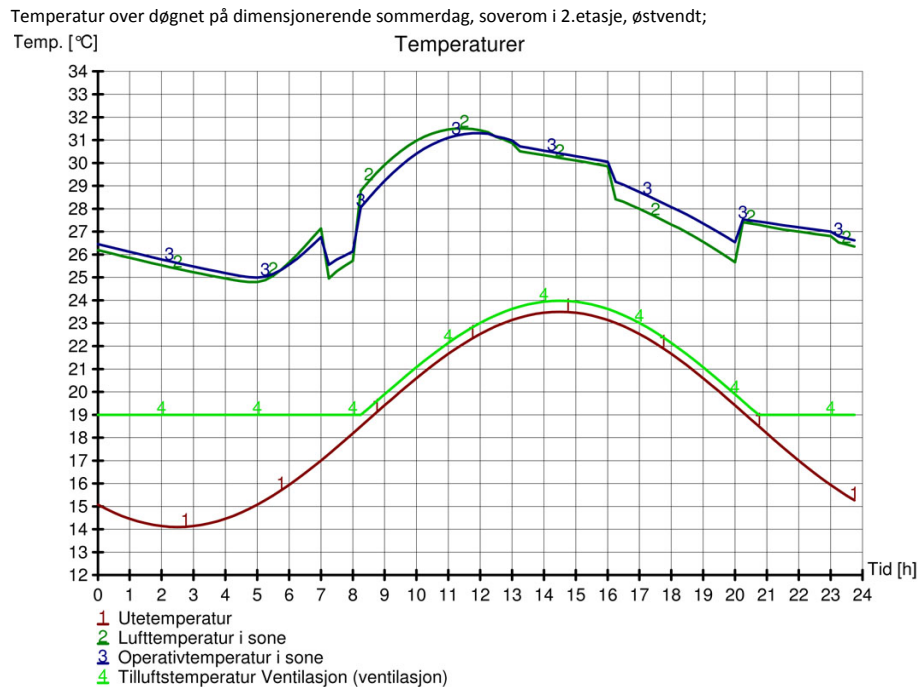
\* Temperaturene nedenfor er simulert i juli, uten person- og utstyrsbelastning mellom 08.00 og 16.00.

Eventuel lufting foregår fra 07.00 til 08.00 og fra 16.00 til 20.00.

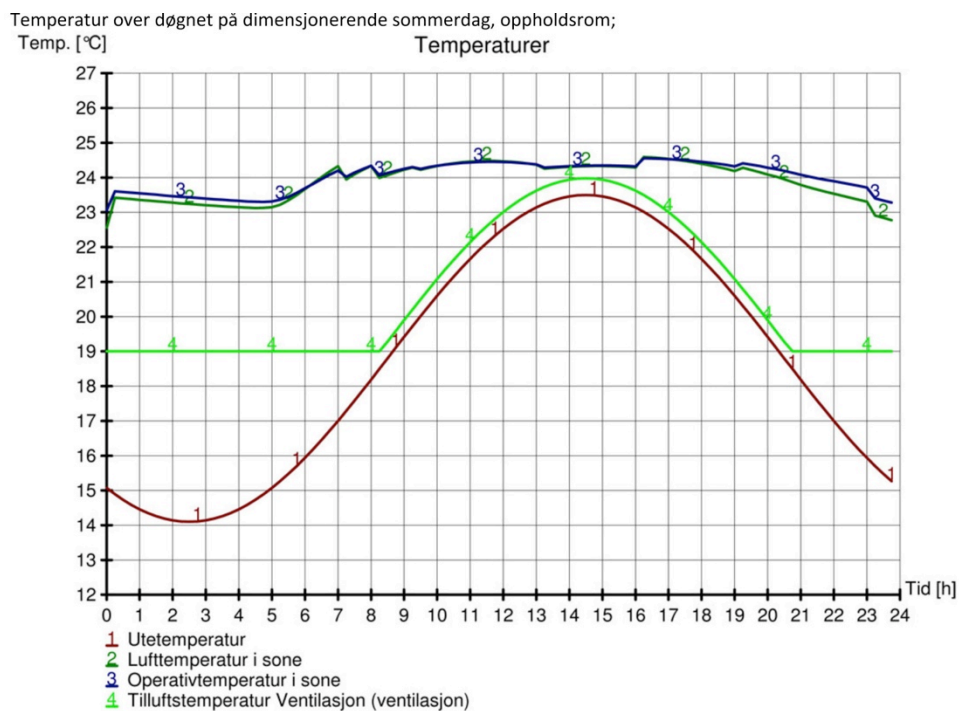
Da maksimaltemperaturen ikke gir et fullstendig bilde på den termiske komforten i leilighetene alene, er det nyttig å se på temperaturen over døgnet i de aktuelle sonene.



Grafisk fremstilling av lufttemperatur, operativ temperatur, tilluftstemperatur og utetemperatur er gitt nedenfor i figur 46 og figur 47. Figurene viser også hvordan utluftingen på morgenen (kl. 07-08) og ettermiddagen (kl. 16-20) påvirker temperaturen. Under luftingen har alle åpningsbare vinduer i sonen en åpning på 0,5 m<sup>2</sup>.



**FIGUR 46: TEMPERATUREN OVER DØGNET I DIMENSJONERENDE SONE FOR PASSIVHUS I SOLA**



**FIGUR 47: TEMPERATUREN OVER DØGNET I OPPHOLDSSONEN FOR PASSIVHUS I SOLA**

Det mest kjente kravet fra passivhusstandarden er netto oppvarmingsbehov per kvadratmeter oppvarmet BRA. Med Solas årsmiddeltemperatur på 7,4°C blir dette kravet 15 kWh/m<sup>2</sup> årlig. Resultatet av denne beregningen, samt forbruket av direkte elektrisitet eller fossile brensel er gitt i tabell 39. Kravet til bruk av de ikke-fornybare brenslene er gitt i parentes.

**TABELL 39: BEREGNET OPPVARMINGSBEHOV ETTER KLIMA OG ENERGIFORSYNING FOR PASSIVHUS I SOLA**

Oppvarmingsbehov etter klima og energiforsyning

	Endeleiligheter	Midleiligheter	Totalt	(krav)
Netto oppvarmingsbehov	15,2 kWh/m <sup>2</sup>	9,7 kWh/m <sup>2</sup>	11,3 kWh/m <sup>2</sup>	(15)
Netto kjølebehov	0 kWh/m <sup>2</sup>	0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	(0)
Energibruk el./fossile energibærere	49,1 kWh/m <sup>2</sup> (62,8)	51,2 kWh/m <sup>2</sup> (57,2)	50,6 kWh/m <sup>2</sup>	(58,8)

Beregnete verdier på bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall, er gitt i tabell 40. Der gis verdiene leilighetsvis og for helebygget. Kravene, som er like for hele landet, finnes i parentes i den høyre kolonnen.

**TABELL 40: OPPTREDENDE VERDIER (OG MINSTEKRAV) TIL BYGNINGSDELER, KOMPONENTER OG LEKKASJETALL FOR PASSIVHUS I SOLA**

Minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall

	Endeleiligheter	Midleiligheter	Totalt	(krav)
U-verdi yttervegger	0,12 [W/m <sup>2</sup> K]	0,12 [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	(0,15)
U-verdi tak	0,08 [W/m <sup>2</sup> K]	0,08 [W/m <sup>2</sup> K]	0,08	(0,13)
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri	0,13 [W/m <sup>2</sup> K]	0,12 [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	(0,15)
U-verdi glass/vinduer/dører	0,79 [W/m <sup>2</sup> K]	0,79 [W/m <sup>2</sup> K]	0,79	(0,8)
Normalisert kuldebroverdi	0,02 [W/m <sup>2</sup> K]	0,02 [W/m <sup>2</sup> K]	0,02	(0,03)
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon	89 [%]	89 [%]	89	(80)
Spesifikk vifteeffekt (SFP) :	1,30 [kW/m <sup>3</sup> /s]	1,3 [kW/m <sup>3</sup> /s]	1,3	(1,5)
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell)	0,6 [luftvekslinger/t]	0,6 [luftvekslinger/t]	0,6	(0,6)

Det er ikke stilt krav til leilighetenes enkeltvise- eller hele byggets klimagassutslipp i passivhusstandarden NS3700:2010, men det er beregnet i tabell 41 for å gi et mål på hvor mye et passivhus påvirker miljøet årlig i driftsfasen.

**TABELL 41: BEREGNET ÅRLIG UTSLIPP AV KARBONDIOKSID FOR PASSIVHUS I SØRUM**

	Endeleiligheter	Midleiligheter	Totalt
Årlig CO <sub>2</sub> utslipp	3 015 kg/år	3 171 kg/år	21 885 kg/år

Energibudsjettet til bygget og leilighetene er vist i tabell 42. Endeleiligheter (til venstre) og midtleiligheter bruker ulik mengde energi til oppvarming. Til høyre i tabellen kan hele byggets energibudsjett studeres.

**TABELL 42: BEREGNET ÅRLIG ENERGIBUDSJETT FOR ET PASSIVHUS I SOLA**

Energibudsjet	Energibehov		Energibehov		Energibehov	
	[kWh]	Spesifikt energibehov [kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh]	Spesifikt energibehov [kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh]	Spesifikt energibehov [kWh/m <sup>2</sup> ]
1a Romoppvarming	2290	14,7	1440	9,2	11780	10,8
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	80	0,5	62	0,4	470	0,4
2 Varmtvann (tappevann)	4634	29,7	4634	29,7	32438	29,7
3a Vifter	591	3,8	591	3,8	4137	3,8
3b Pumper	0	0,0	0	0,0	0	0,0
4 Belysning	1772	11,4	1772	11,4	12404	11,4
5 Teknisk utstyr	2726	17,5	2726	17,5	19082	17,5
6a Romkjøling	0	0,0	0	0,0	0	0,0
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>12093</b>	<b>77,5</b>	<b>11225</b>	<b>72,0</b>	<b>80311</b>	<b>73,5</b>

Den leverte energien er også beregnet. Tabell 43 viser hvor mye hver enkelt energibærer yter årlig. Merk at denne tabellen tar med virkningsgrader på energiforsyningene, men ikke energien levert av solfangeren. Derfor vil "levert energi" ikke samsvare med "energibehov" fra energibudsjettet.

**TABELL 43: BEREGNET LEVERT ENERGI TIL ET PASSIVHUS I SOLA**

Levert energi (beregnet)	Levert energi		Levert energi		Levert energi	
	[kWh]	Spesifikk levert energi [kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh]	Spesifikk levert energi [kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh]	Spesifikk levert energi [kWh/m <sup>2</sup> ]
1a Direkte el.	6536	41,9	7431	47,6	50227	46,0
1b El. Varmepumpe	877	5,6	551	3,5	4509	4,1
1c El. Solenergi	232	1,5	35	0,2		
2 Olje	0	0,0	0	0,0	0	0,0
3 Gass	0	0,0	0	0,0	0	0,0
4 Fjernvarme	0	0,0	0	0,0	0	0,0
5 Biobrensel	0	0,0	0	0,0	0	0,0
6 Annen (varmegjennvinner dusj)	17	0,1	0	0,0	34	0,0
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>7662</b>	<b>49,1</b>	<b>8017</b>	<b>51,4</b>	<b>54770</b>	<b>50,2</b>

Egne vintersimuleringer som viser den termiske komforten er ikke vedlagt i rapporten, men en oversikt over hvordan energiforsyningen dekker oppvarmingsbehovet er gitt i tabell 44. "Dekningsgrad energibruk" forteller hvor stor del av oppvarmingsbehovet som kan dekkes ved gitt effekt. Tallet i parentes forteller hvor stor del av den installerte effekten som da er i bruk. På dimensjonerende vinterdager bruker endeleilighetene 2,8 kW, midtleilighetene 2,6 kW og hele bygget 18,6 kW til å dekke oppvarmingsbehovet.

**TABELL 44: BEREGNET DEKNINGSGRAD VED INSTALLERT EFFEKT FOR PASSIVHUS I SOLA**

Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	Dekningsgrad energibruk [%]		Dekningsgrad energibruk [%]		Total effekt [kW] (dekning)	
	Effekt (dekning)		Effekt (dekning)			
	2,9 kW (90 %)	100	2,8 kW (90 %)	100	19,8	90 %
	2,6 kW (80 %)	100	2,5 kW (80 %)	100	17,7	80 %
	2,3 kW (70 %)	99	2,2 kW (70 %)	99	15,72	70 %
	1,9 kW (60 %)	97	1,9 kW (60 %)	98	18,3	60 %
	1,6 kW (50 %)	94	1,6 kW (50 %)	96	11,2	50 %
	1,3 kW (40 %)	89	1,3 kW (40 %)	92	9,1	40 %
	1,0 kW (30 %)	82	0,9 kW (30 %)	85	6,5	30 %
	0,6 kW (20 %)	69	0,6 kW (20 %)	74	4,2	20 %
	0,3 kW (10 %)	45	0,3 kW (10 %)	51	2,1	10 %

## 11.3 NULLHUS – SØRUM

### 11.3.1 VALGTE TILTAK

I tabell 45 presenteres de tiltakene som er valgt ut til å oppnå nullhusstandard i Sørums kommunen. Dette er tiltak som må gjøres for at det oppførte bygget i Trestakkveien skal tilfredsstillere kravene til nullhus definert i kapittel 3.4.1 uten at arkitektur og utforming skal endres. Tiltakene er valgt ut fra resultatene i kapittel 10.9, der alle tiltakene var simulert hver for seg. På grunnlag av dette er flere tiltak simulert sammen i Simien, slik at disse utgjør tiltakspakken som gir nullhus i Sørums kommunen.

TABELL 45: TILTAKSPAKKE - NULLHUS, SØRUM

Område	Konstruksjonsdel	Nr.	Tiltak	Investerings- tillegg pr m <sup>2</sup> BRA [kr]	Livstidskost- tillegg pr m <sup>2</sup> BRA [kr] *
Varmetap	Vegger	10.1.1 - VI	Vegg: 300mm,extreme 33 i påføring, U=0,124	191,-	191,-
	Tak	10.1.2 - II	Tak: 550mm isolasjon U=0,073	18,-	18,-
	Gulv	10.1.3 - III	Gulv: 400mm EPS U=0,08	52,-	52,-
	Vinduer	10.6.2 - II	Vinduer, mer redusert areal U-verdi=0,78	24,-	32,-
	Kuldebroer	10.1.6 - I	Kuldebroereduksjon 0.05 => 0.02 [W/(m <sup>2</sup> K)]	30,-	30,-
	Infiltrasjon	10.1.7 - II	Infiltrasjon n <sub>50</sub> 1.9 => 0.5 luftvekslinger/time	251,-	251,-
Inneklima	Ventilasjonsanlegg	10.5.1 - I	Ventilasjonsaggregat (SFP=1,3 og 0,89 temp)	20,-	27,-
	Solavskjerming	10.4.1 - II	Utvendig, aktiv, automatisk solavskjerming	338,-	583,-
Energi-forsyning	Varmekilde	10.2.2 - II	Sentral pelletskjel, totalt varmebehov, 23kW	279,-	192,-
		10.3.5 - I	Kildeseparering av avløpsvann	51,-	62,-
	Strømproduksjon	10.3.2 - II	Solcellepanel 380m <sup>2</sup> , montert på taket (6°)	1947,-	2702,-
		10.3.2 - III	Solcellepanel 45m <sup>2</sup> , monter på garasjetak (6°)	239,-	328,-
		10.3.2 - I	Solcellepanel 40m <sup>2</sup> på sørvegg (40° vinkel)	229,-	315,-
<b>Totalsum tiltakspakke</b>				<b>3669,-</b>	<b>4783,-</b>

\* Det er brukt nåverdimetoden med kalkulasjonsrente på 4% i reinvesteringer

Tilskuddsordningen fra Enova kan i dette tilfellet gi Block Watne kr 10 000,- i støtte til pelletskjelen. Ved slik støtte gir dette en redusert investeringskostnad i byggeåret på kr 9,- pr m<sup>2</sup> BRA. Er kjøpere av boligene klare før ferdigstilling og kan faktureres separat for anlegget kan støtten være inntil kr 70 000,- for pelletskjelanlegget.

### 11.3.2 SIMULERINGSRESULTAT

Her presenteres energiytelsene til nullhuset i Sørums kommunen. Da det ikke finnes en standard for nullhus enda, er tiltakene satt sammen for å overgå passivhuskravene som gjelder for Sørums kommunen. Flere steder er kravene fra passivhusstandard NS3700:2010 gjengitt i

parentes inne i tabellene, men da kun som en orientering. Oppsettet nedenfor følger kapittelindelingen i passivhusstandarden og presenterer varmetapstall, kjølebehov, oppvarmingbehov og minstekrav. Etter dette kommer byggets årlige energiproduksjon, karbondioksidutslipp og andre resultater som er relevante. En liste over inndataene til bygget, energiforsyningen og klimadataene kan leses i vedlegg A. Resultatene er simulert i SIMIEN som følger metode og data fra NS3031:2007.

Alle parameter som angår varmetapet til nullhuset er listet opp i tabell 46, sammen med det totale varmetapstallet. Figuren nedenfor synliggjør fordelingen av de ulike varmetapskomponentene i et kakediagram.

**TABELL 46: BEREGNEDE VARMETAPSTALL FOR ET NULLHUS I SØRUM**

Varmetapstall	Endeleiligheter	Midleiligheter	Totalt	<p style="text-align: center;"><b>Varmetap</b></p>
Yttervegger	0,11	0,07	0,08	
Tak	0,02	0,02	0,02	
Gulv på grunn/mot det fri	0,03	0,02	0,02	
Glass/vinduer/dører	0,12	0,12	0,12	
Kuldebroer	0,02	0,02	0,02	
Infiltrasjon	0,03	0,03	0,03	
Ventilasjon	0,04	0,04	0,04	
Totalt	0,38	0,33	0,34	

Kravet (i passivhusstandarden) for bygninger med mer enn 250m<sup>2</sup> oppvarmet BRA er 0,50 W/(m<sup>2</sup> K)

Tabell 47 viser dimensjonerende temperaturer i bygget, med og uten lufting. I tillegg er de høyeste temperaturene for oppholdssonen tatt med, siden dette er særlig viktig for komforten. Etter at sørvindue ble fjernet fra bygget, vil ikke endeleiligheten i sør få de høyeste temperaturene, men de midtre leilighetene som har et lavere varmetapstall vil få dette.

**TABELL 47: BEREGNEDE TERMISKE FORHOLD FOR ET NULLHUS I SØRUM**

	Temp	Tid	Leilighet	Sone
Dimensjonerende temperatur	28,3 °C	19:00	5, midtleilighet	Soverom 2.etg østvendt
Dimensjonerende temp, med lufting*	26,9 °C	16:30	5, midtleilighet	Soverom 2.etg østvendt
Høyeste temp i oppholdsrom, uten lufting	25,6 °C	18:00	5, midtleilighet	Oppholdsrom
Høyeste temp i oppholdsrom, med lufting	25,5 °C	17:00	5, midtleilighet	Oppholdsrom

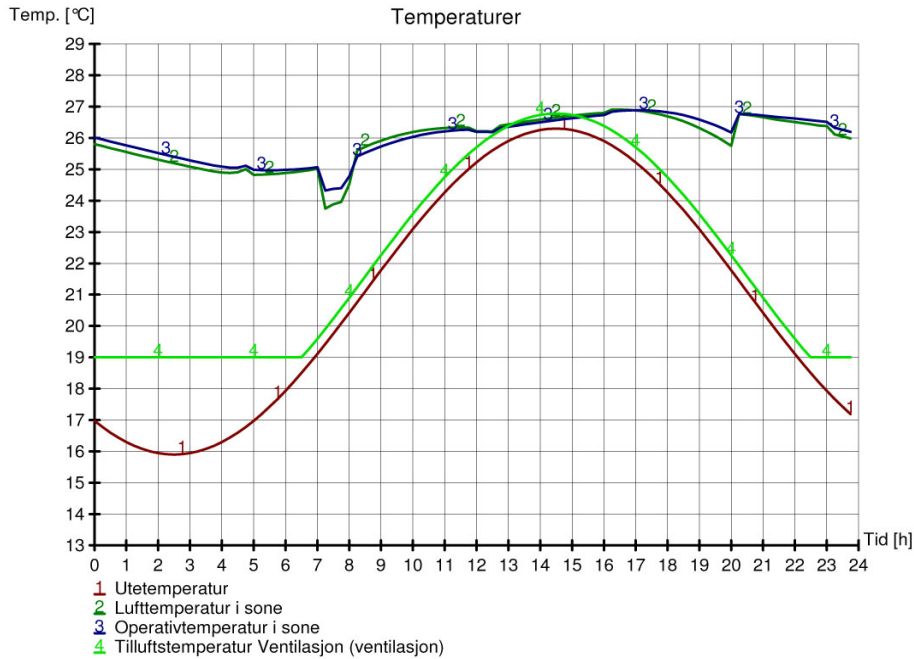
\* Temperaturene nedenfor er simulert i juli, uten person- og utstyrsbelastning mellom 08.00 og 16.00.

Eventuel lufting foregår fra 07.00 til 08.00 og fra 16.00 til 20.00.

Da maksimaltemperaturen ikke gir et fullstendig bilde på den termiske komforten i leilighetene alene, er det nyttig å se på temperaturen over døgnet i de aktuelle sonene. Grafisk fremstilling av lufttemperatur, operativ temperatur, tilluftstemperatur og utetemperatur er gitt nedenfor i figur 48 og figur 49. Figurene viser også hvordan

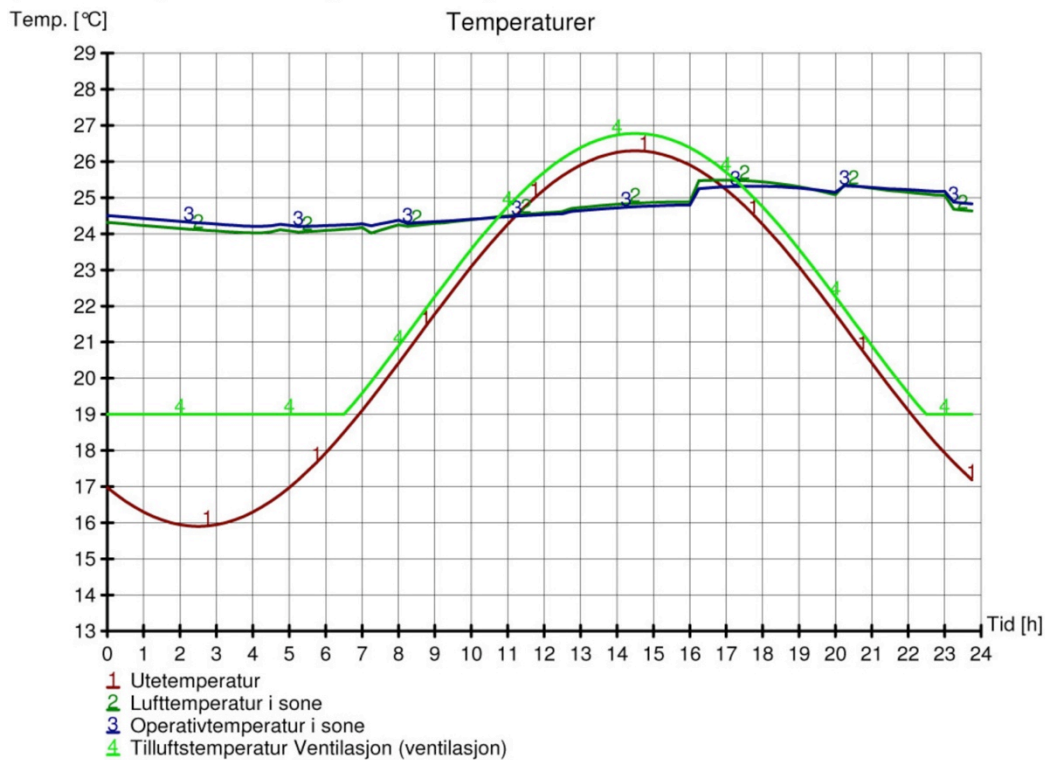
utluftingen på morgenen og ettermiddagen påvirker temperaturen. Under luftingen har alle åpningsbare vinduer i sonen en åpning på 0,5 m<sup>2</sup>.

Temperatur over døgnet på dimensjonerende sommerdag, soverom i 2.etasje, østvendt;  
(med vinduslufting fra 07.00 til 08.00 og fra 16.00 til 20.00)



FIGUR 48: TEMPERATUREN OVER DØGNET DIMENSJONERENDE SONE FOR ET NULLHUS I SØRUM

Temperatur over døgnet på dimensjonerende sommerdag, oppholdsrom;  
(med vinduslufting fra 07.00 til 08.00 og fra 16.00 til 20.00)



FIGUR 49: TEMPERATUREN OVER DØGNET I OPPHOLDSSONEN FOR ET NULLHUS I SØRUM

Det mest kjente kravet fra passivhusstandarden er netto oppvarmingsbehov per kvadratmeter oppvarmet BRA. Med Sørums årsmiddeltemperatur på 5,3°C blir dette kravet 17,1 kWh/m<sup>2</sup> årlig. Tiltakene i denne pakken gjør at nullhuset ligger godt under dette. Resultatet av denne beregningen er gitt i tabell 48.

**TABELL 48: BEREGNET OPPVARMINGSBEHOV ETTER KLIMA OG ENERGIFORSYNING FOR ET NULLHUS I SØRUM**

Oppvarmingsbehov etter klima

	Endeleiligheter	Midleiligheter	Totalt (krav)
Netto oppvarmingsbehov	18,6 kWh/m <sup>2</sup>	14 kWh/m <sup>2</sup>	15,31 kWh/m <sup>2</sup> (17,1)
Netto kjølebehov	0 kWh/m <sup>2</sup>	0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup> (0)

Kravet (i passivhusstandarden) for bygninger med Sørums klimaforhold er 17,1 kWh/m<sup>2</sup>

Beregnete verdier på bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall, er gitt i tabell 49. Der gis verdiene leilighetsvis og for hele bygget. Verdiene ligger godt under kravene fra passivhusstandarden, som er gitt til orientering i parentes.

**TABELL 49: OPPTREDENDE VERDIER (OG MINSTEKRAV) TIL BYGNINGSDELER, KOMPONENTER OG LEKKASJETALL FOR ET NULLHUS I SØRUM**

Minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall

	Endeleiligheter	Midleiligheter	Totalt (krav)
U-verdi yttervegger	0,12 [W/m <sup>2</sup> K]	0,12 [W/m <sup>2</sup> K]	0,12 (0,15)
U-verdi tak	0,07 [W/m <sup>2</sup> K]	0,07 [W/m <sup>2</sup> K]	0,07 (0,13)
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri	0,09 [W/m <sup>2</sup> K]	0,09 [W/m <sup>2</sup> K]	0,09 (0,15)
U-verdi glass/vinduer/dører	0,78 [W/m <sup>2</sup> K]	0,78 [W/m <sup>2</sup> K]	0,78 (0,8)
Normalisert kuldebroverdi	0,02 [W/m <sup>2</sup> K]	0,02 [W/m <sup>2</sup> K]	0,02 (0,03)
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon	89 [%]	89 [%]	89 (80)
Spesifikk vifteeffekt (SFP) :	1,30 [kW/m <sup>3</sup> /s]	1,30 [kW/m <sup>3</sup> /s]	1,30 (1,5)
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell)	0,5 [luftvekslinger/t]	0,5 [luftvekslinger/	0,5 (0,6)

I tillegg til en et redusert varmetap, er det særlig energiproduksjonen og det reduserte CO<sub>2</sub>-utslippet som gjør nullhuset til et nullhus. En oversikt over total energiproduksjon, elektrisk energiproduksjon, og solgt energi til markedet er gitt i tabell 50, og grafisk i kakediagrammene under tabellen.



**TABELL 50: BEREGNET PRODUSERT ENERGI OG ÅRLIG BESPARELSE AV CO<sub>2</sub> FOR ET NULLHUS I SØRUM**

Produsert energi						
Energibærer	Produsert energi [kWh/år]	El. Brukt i prod. [kWh/år]	Dekning av eget behov	Produsert el [kWh/år]	Dekning av eget behov	
Solcellepanel på tak	30 000	0	32 %	30 000	83 %	
Solceller på vegg	4 000	0	4 %	4 000	11 %	
Solceller på garasjetak	3 900	0	4 %	3 900	11 %	
Varmegjennvinner gråvann	6 552	0	7 %	0	0 %	
Pelletskjel	59 051	565	62 %	0	0 %	
<b>Totalt</b>	<b>103 503</b>	<b>565</b>	<b>109 %</b>	<b>37 900</b>	<b>105 %</b>	
<b>Årlig levert/kjøpt energi til markedet</b> 1 719 kWh/år solgt til markedet						
<b>Årlig CO<sub>2</sub> utslipp</b> -679 kg/år for hele bygget						

Produsert energi		Produsert elektrisitet	
Solcellepanel på tak, 29 %	Solceller på vegg, 4 %	Solceller på vegg, 11 %	Solceller på garasjetak, 10 %
Pelletskjel, 57 %	Solceller på garasjetak, 4 %	Solcellepanel på tak, 79 %	
Varmegjennvinner gråvann, 6 %			

Energibudsjettet til bygget og leilighetene er vist i tabell 51. Endeleiligheter (til venstre) og midtleiligheter bruker ulik mengde energi til oppvarming. Til høyre i tabellen kan hele byggets energibudsjett studeres.

**TABELL 51: BEREGNET ÅRLIG ENERGIBUDSJETT FOR ET NULLHUS I SØRUM**

Energibudsjett	Endeleiligheter		Midtleiligheter		Hele bygget	
	Energibehov [kWh]	Spesifikt energibehov [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energibehov [kWh]	Spesifikt energibehov [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energibehov [kWh]	Spesifikt energibehov [kWh/m <sup>2</sup> ]
1a Romoppvarming	2 768	17,7	2 023	13,0	15 651	14,3
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	179	1,1	158	1,0	1 148	1,1
2 Varmtvann (tappevann)	4 634	29,7	4 634	29,7	32 438	29,7
3a Vifter	591	3,8	591	3,8	4 137	3,8
3b Pumper	90	0,6	77	0,5	565	0,5
4 Belysning	1 772	11,4	1 772	11,4	12 404	11,4
5 Teknisk utstyr	2 726	17,5	2 726	17,5	19 082	17,5
6a Romkjøling	0	0,0	0	0,0	0	0,0
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>12 760</b>	<b>81,8</b>	<b>11 981</b>	<b>76,8</b>	<b>85 425</b>	<b>78,2</b>

Den leverte energien er også beregnet. Tabell 52 viser hvor mye hver enkelt energibærer yter årlig. Merk at denne tabellen tar med virkningsgrader på energiforsyningene, men ikke energien levert av cellene eller varmegjenvinneren til gråvannet. Derfor vil "levert energi" ikke samsvare med "energibehov" fra energibudsjettet.

**TABELL 52: BEREGNET ÅRLIG LEVERT ENERGI TIL ET NULLHLUS I SØRUM**

Levert energi (beregnet) Energi-post	Levert energi	Spesifikk levert energi	Levert energi	Spesifikk levert energi	Levert energi	Spesifikk levert energi
	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]
1a Direkte el.	5178	33,2	5165	33,1	36181	33,1
1b El. Varmepumpe	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1c El. Solenergi	0	0,0	0	0,0		
2 Olje	0	0,0	0	0,0	0	0,0
3 Gass	0	0,0	0	0,0	0	0,0
4 Fjernvarme	0	0,0	0	0,0	0	0,0
5 Biobrensel	9046	58,0	8065	51,7	58417	53,5
6 Annen (varmegjenvinner dusj)	1	0,0	1	0,0	7	0,0
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>14225</b>	<b>91,2</b>	<b>13231</b>	<b>84,8</b>	<b>94605</b>	<b>86,6</b>

Egne vintersimuleringer som viser den termiske komforten er ikke vedlagt i rapporten, men en oversikt over hvordan energiforsyningen dekker oppvarmingsbehovet er gitt i tabell 53. "Dekningsgrad energibruk" forteller hvor stor del av oppvarmingsbehovet som kan dekkes ved gitt effekt. Tallet i parentes forteller hvor stor del av den installerte effekten som da er i bruk. På dimensjonerende vinterdager bruker endeleilighetene 2,8 kW, midtleilighetene 2,6 kW og hele bygget 18,6 kW til å dekke oppvarmingsbehovet.

**TABELL 53: BEREGNET DEKNINGSGRAD VED INSTALLERT EFFEKT I ET NULLHUS I SØRUM**

Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	Dekningsgrad energibruk		Dekningsgrad energibruk		Total effekt	
	Effekt (dekning)	energibruk [%]	Effekt (dekning)	energibruk [%]	[kW]	(dekning)
	2,8 kW (90 %)	100	2,6 kW (90 %)	100	18,6	90 %
	2,5 kW (80 %)	99	2,3 kW (80 %)	100	16,5	80 %
	2,1 kW (70 %)	98	2,0 kW (70 %)	99	14,2	70 %
	1,8 kW (60 %)	96	1,7 kW (60 %)	97	12,1	60 %
	1,5 kW (50 %)	92	1,4 kW (50 %)	93	10,0	50 %
	1,2 kW (40 %)	86	1,1 kW (40 %)	88	7,9	40 %
	0,9 kW (30 %)	77	0,9 kW (30 %)	79	6,3	30 %
	0,6 kW (20 %)	63	0,6 kW (20 %)	66	4,2	20 %
	0,3kW (10%)	38	0,3 kW (10 %)	42	2,1	10 %

### 11.3.3 KLIMAGASSBEREGNING

Det er gjort klimagassberegning i klimagassregnskap.no, og på grunnlag av det som gjort for det eksisterende bygget i kapittel 9.1.2 er det justert for de endringene som er gjort i nullhuspakken i Sørumsund. Dette presenteres i dette kapitlet.

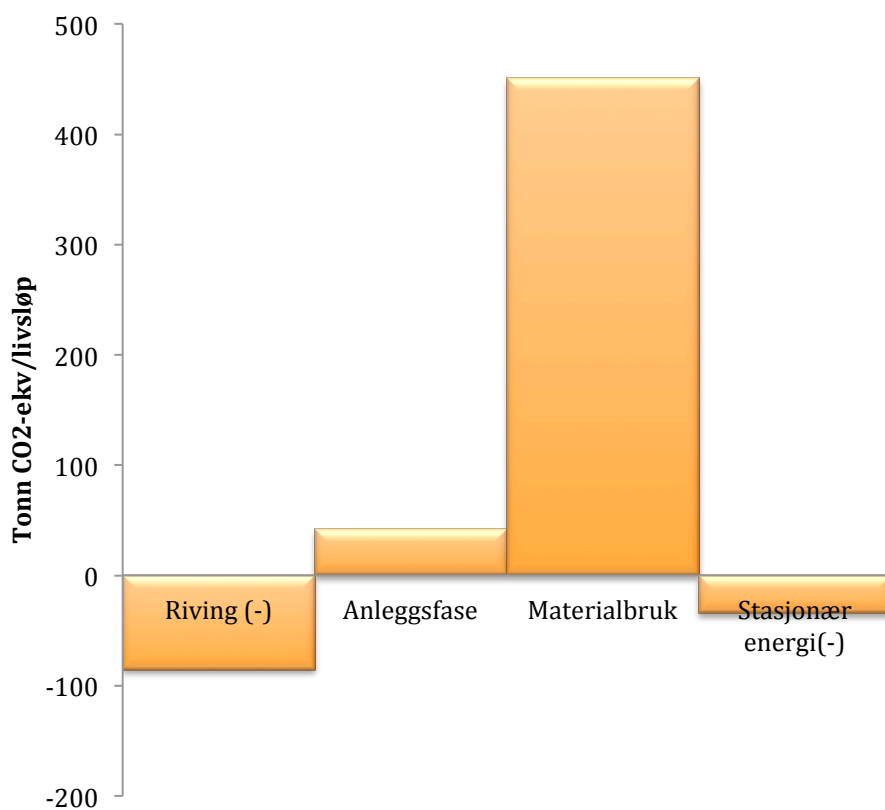
Som det står i kapittel 11.3.2 leveres det 1719 kWh til markedet i året. Dette betyr at bygningen netto ikke har utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Den solgte energien tilsvarer 679 kg CO<sub>2</sub> per år, og dermed kan man i klimaregnskapet få et positivt bidrag fra posten "Stasjonær energi". 0,679 tonn i året over en 50 års periode tilsvarer ca. 34 tonn i løpet av livsløpet, og dette tallet brukes i tabell 54 for utregning av det totale klimautslippet.

Siden tiltakspakken som gir nullhus medfører tykkere vegger og økte isolasjonsmengder i gulv og tak er dette korrigert for i materialutslippstallene. Beregningene fra klimagassregnskap.no viser at som en følge av dette så økes utslipp fra materialbruk fra 410 til 451 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i løpet av livsløpet.

Tall som gjelder anleggsfasen, rivingsfasen og som er knyttet til transport i driftstid er uendret fra de antagelser som er gjort og beskrevet i kapittel 9.1.2. Utslipp fra transport i driftsfasen er som tidligere nevnt ikke inkludert i vurderingen om å oppnå nullhusstandard, men inkludert i tabell 54 og figur 50 for å belyse utslipp også fra denne posten. Tabell 54 og figur 50 viser klimaregnskapet for nullhuspakken i Sørumsund. Som man ser viser klimagassregnskapet at det i løpet av byggets estimerte levetid slippes ut 374 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

**TABELL 54: UTSLIPP OG KLIMANYTTE - KLIMAGASSBEREGNING, NULLHUS I SØRUMSUND**

Modul	Tonn CO <sub>2</sub> - ekv/livsløp	Tonn CO <sub>2</sub> - ekv/år	Kg CO <sub>2</sub> - ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	Kg CO <sub>2</sub> - ekv/m <sup>2</sup> /år
Riving (-)	-85	-1,41	-72,6	-1,21
Anleggsfase	42	0,7	38,597	0,643
Materialbruk	451	7,5	412,81	6,88
Stasjonær energi(-)	-34	-0,57	-31,136	-0,52
<b>Sum</b>	<b>374</b>	<b>6,2</b>	<b>347,7</b>	<b>5,8</b>
Transport i drift	1212	20,2	1110,32	18,505



FIGUR 50: UTSLIPP OG KLIMANYTTE - KLIMAGASSBEREGNING, NULLHUS I SØRUM

## 11.4 NULLHUS – SOLA

### 11.4.1 VALGTE TILTAK

I tabell 55 presenteres de tiltakene som er valgt ut til å oppnå nullhusstandard i Sola kommune. Dette er tiltak som må gjøres for at det oppførte bygget i Trestakkveien skal tilfredsstillere kravene til nullhus definert i kapittel 3.4.1 uten at arkitektur og utforming skal endres, gitt at det føres opp på en tomt i Sola med samme orientering. Tiltakene er valgt ut fra resultatene i kapittel 10.9, der alle tiltakene var simulert hver for seg. På grunnlag av dette er flere tiltak simulert sammen i Simien, slik at disse utgjør tiltakspakken som gir nullhus i Sola.

TABELL 55: TILTAKSPAKKE - NULLHUS, SOLA

Område	Konstruksjonsdel	Nr.	Tiltak	Investerings- tillegg pr m <sup>2</sup> BRA [kr]	Livstidskost- tillegg pr m <sup>2</sup> BRA [kr] *
<b>Varmetap</b>	Vegger	10.1.1 - VI	Vegg: 300mm,extreme 33 i påføring, U=0,124	191,-	191,-
	Tak	10.1.2 - II	Tak: 550mm isolasjon U=0,073	18,-	18,-
	Gulv	10.1.3 - III	Gulv: 400mm EPS U=0,08	52,-	52,-
	Vinduer	10.6.2 - II	Vinduer, mer redusert areal U-verdi=0,78	24,-	32,-
	Kuldebroer	10.1.6 - I	Kuldebroereduksjon 0.05 => 0.02 [W/(m <sup>2</sup> K)]	30,-	30,-
	Infiltrasjon	10.1.7 - II	Infiltrasjon n <sub>50</sub> 1.9 => 0.5 luftvekslinger/time	251,-	251,-
<b>Inneklima</b>	Ventilasjonsanlegg	10.5.1 - I	Ventilasjonsaggregat (SFP=1,3 og 0,89 temp)	20,-	27,-
	Solavskjerming	10.4.1 - I	Utvendig, geometrisk passiv solavskjerming	27,-	27,-
		10.4.1 - IV	Innvendig, aktiv, manuell solavskjerming	67,-	112,-
<b>Energi-forsyning</b>	Varmekilde	10.2.2 - II	Sentral pelletskjel, totalt varmebehov, 23kW	279,-	192,-
		10.3.5 - I	Kildeseparering av avløpsvann	51,-	62,-
	Strømproduksjon	10.3.2 - II	Solcellepanel 380m <sup>2</sup> , montert på taket (6°)	1947,-	2702,-
		10.3.2 - III	Solcellepanel 45m <sup>2</sup> , monter på garasjetak (6°)	239,-	328,-
		10.3.2 - I	Solcellepanel 40m <sup>2</sup> på sørvegg (40° vinkel)	229,-	315,-
<b>Totalsum tiltakspakke</b>				<b>3425,-</b>	<b>4339,-</b>

\* Det er brukt nåverdimetoden med kalkulasjonsrente på 4% i reinvesteringer

Tilskuddsordningen fra Enova kan i dette tilfellet gi Block Watne kr 10 000,- i støtte til pelletskjelen. Ved slik støtte gir dette en redusert investeringskostnad i byggeåret på kr 9,- pr m<sup>2</sup> BRA. Er kjøpere av boligene klare før ferdigstilling og kan faktureres separat for anlegget kan støtten være inntil kr 70 000,- for pelletskjanlegget.

### 11.4.2 SIMULERINGSRESULTAT

Her presenteres energiytelsene til nullhuset i Sola. Da det ikke finnes en standard for nullhus enda, er tiltakene satt sammen for å overgå passivhuskravene som gjelder for Sørsum. Flere steder er kravene fra passivhusstandarden NS3700:2010 gjengitt i parentes inne i tabellene, men da kun som en orientering. Oppsettet nedenfor følger kapittelindelingen i passivhusstandarden og presenterer varmetapstall, kjølebehov, oppvarmingbehov og minstekrav. Etter dette kommer byggets årlige energiproduksjon, karbondioksidutslipp og andre resultater som er relevante. En liste over inndataene til bygget, energiforsyningen og klimadataene kan leses i vedlegg A. Resultatene er simulert i SIMIEN som følger metode og data fra NS3031:2007.

Alle parametere som angår varmetapet til nullhuset er listet opp i tabell 56, sammen med det totale varmetapstallet. Figuren nedenfor synliggjør fordelingen av de ulike varmetapskomponentene i et kakediagram.

**TABELL 56: BEREGNEDE VARMETAPSTALL FOR ET NULLHUS I SOLA**

Varmetapstall	Endeleiligheter	Midtleiligheter	Totalt
Yttervegger	0,11	0,07	0,08
Tak	0,02	0,02	0,02
Gulv på grunn/mot det fri	0,03	0,02	0,02
Glass/vinduer/dører	0,12	0,12	0,12
Kuldebroer	0,02	0,02	0,02
Infiltrasjon	0,03	0,03	0,03
Ventilasjon	0,04	0,04	0,04
Totalt	0,38	0,33	0,34

**Varmetap**

Kravet (i passivhusstandarden) for bygninger med mer enn 250m<sup>2</sup> oppvarmet BRA er 0,50 W/(m<sup>2</sup> K)

Tabell 57 viser dimensjonerende temperaturer i bygget, med og uten lufting. I tillegg er de høyeste temperaturene for oppholdssonen tatt med, siden dette er særlig viktig for komforten. Etter at sørvindue ble fjernet fra bygget, vil ikke endeleiligheten i sør få de høyeste temperaturene, men de midtre leilighetene som har et lavere varmetapstall vil få dette.

**TABELL 57: BEREGNEDE TERMISKE FORHOLD FOR ET NULLHUS I SOLA**

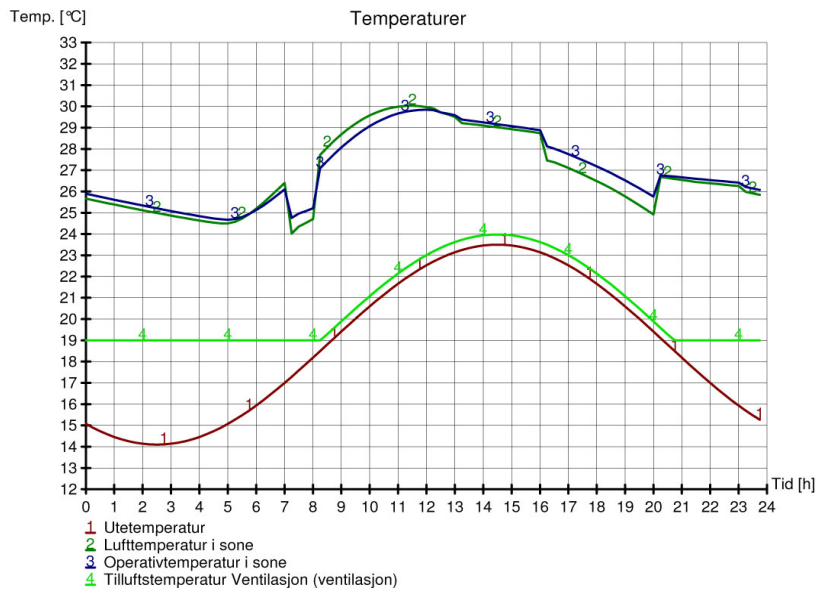
	Temp	Tid	Leilighet	Sone
Dimensjonerende temp, uten lufting*	32,3 °C	11:15	5, midtleilighet	Soverom 2.etg østvendt
Dimensjonerende temp, med lufting*	30,0 °C	11:30	5, midtleilighet	Soverom 2.etg østvendt
Høyeste temp i oppholdsrom, uten lufting	25,9 °C	08:00	5, midtleilighet	Oppholdsrom
Høyeste temp i oppholdsrom, med lufting	25,0 °C	16:15	5, midtleilighet	Oppholdsrom

\* Temperaturene nedenfor er simulert i juli, uten person- og utstyrsbelastning mellom 08.00 og 16.00.

Eventuel lufting foregår fra 07.00 til 08.00 og fra 16.00 til 20.00.

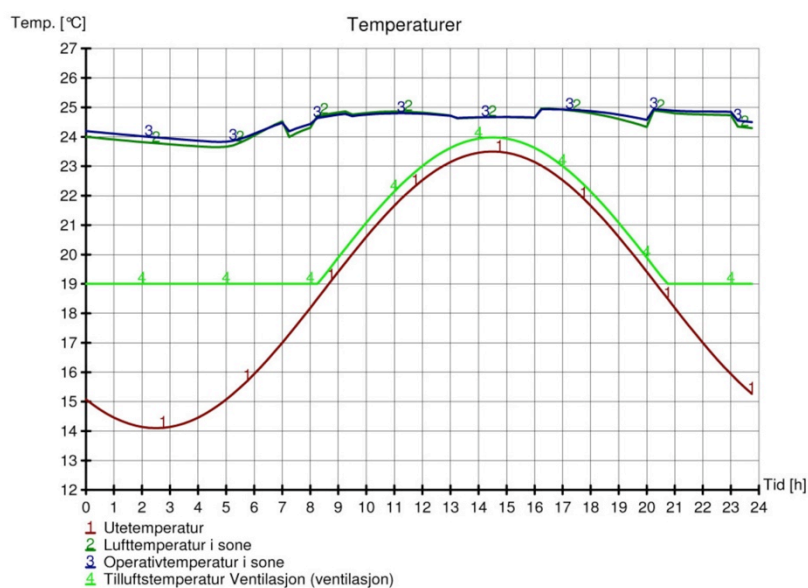
Da maksimaltemperaturen ikke gir et fullstendig bilde på den termiske komforten i leilighetene alene, er det nyttig å se på temperaturen over døgnet i de aktuelle sonene. Grafisk fremstilling av lufttemperatur, operativ temperatur, tilluftstemperatur og utetemperatur er gitt nedenfor i figur 51 og figur 52. Figurene viser også hvordan utluftingen på morgenen og ettermiddagen påvirker temperaturen. Under luftingen har alle åpningsbare vinduer i sonen en åpning på 0,5 m<sup>2</sup>.

Temperatur over døgnet på dimensjonerende sommerdag, soverom i 2. etasje, østvendt;  
(med vinduslufting fra 07.00 til 08.00 og fra 16.00 til 20.00)



FIGUR 51: TEMPERATUREN OVER DØGNET I DEN DIMENSJONERENDE SONEN FOR ET NULLHUS I SOLA

Temperatur over døgnet på dimensjonerende sommerdag, oppholdsrom;  
(med vinduslufting fra 07.00 til 08.00 og fra 16.00 til 20.00)



FIGUR 52: TEMPERATUREN OVER DØGNET I OPPHOLDSSONEN TIL ET NULLHUS I SOLA

Det mest kjente kravet fra passivhusstandarden er netto oppvarmingsbehov per kvadratmeter oppvarmet BRA. Med Solas årsmiddeltemperatur på 7,4°C blir dette kravet 15 kWh/m<sup>2</sup> årlig. Tiltakene i denne pakken gjør at nullhuset ligger godt under dette. Resultatet av denne beregningen er gitt i tabell 58.

**TABELL 58: BEREGNET OPPVARMINGSBEHOV FOR ET NULLHUS I SOLA**

Oppvarmingsbehov etter klima

	Endeleiligheter	Midleiligheter	Totalt	(krav)
Netto oppvarmingsbehov	10,9 kWh/m <sup>2</sup>	7,5 kWh/m <sup>2</sup>	8,5 kWh/m <sup>2</sup>	(15)
Netto kjølebehov	0 kWh/m <sup>2</sup>	0 kWh/m <sup>2</sup>	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	(0)

Kravet (i passivhusstandarden) for bygninger med Solas klimaforhold er 15 kWh/m<sup>2</sup>

Beregnete verdier på bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall, er gitt i tabell 59. Der gis verdiene leilighetsvis og for hele bygget til høyre. Verdiene ligger godt under kravene fra passivhusstandarden, som er gitt til orientering i parentes.

**TABELL 59: OPPTREDENDE VERDIER (OG MINSTEKRAV) TIL BYGNINGSDELER, KOMPONENTER OG LEKKASJETALL FOR ET NULLHUS I SOLA**

Minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall

	Endeleiligheter	Midleiligheter	Totalt	(krav)
U-verdi yttervegger	0,12 [W/m <sup>2</sup> K]	0,12 [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	(0,15)
U-verdi tak	0,07 [W/m <sup>2</sup> K]	0,07 [W/m <sup>2</sup> K]	0,07	(0,13)
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri	0,09 [W/m <sup>2</sup> K]	0,09 [W/m <sup>2</sup> K]	0,09	(0,15)
U-verdi glass/vinduer/dører	0,78 [W/m <sup>2</sup> K]	0,78 [W/m <sup>2</sup> K]	0,78	(0,8)
Normalisert kuldebroverdi	0,02 [W/m <sup>2</sup> K]	0,02 [W/m <sup>2</sup> K]	0,02	(0,03)
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon	89 [%]	89 [%]	89	(80)
Spesifikk vifteeffekt (SFP) :	1,30 [kW/m <sup>3</sup> /s]	1,30 [kW/m <sup>3</sup> /s]	1,30	(1,5)
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell)	0,5 [luftvekslinger/t]	0,5 [luftvekslinger/	0,5	(0,6)

I tillegg til et redusert varmetap er det energiproduksjonen og det reduserte CO<sub>2</sub>-utslippet som gjør nullhuset til et nullhus. En oversikt over total energiproduksjon, elektrisk energiproduksjon, og solgt energi til markedet er gitt i tabell 60, og grafisk i kakediagrammene under tabellen.



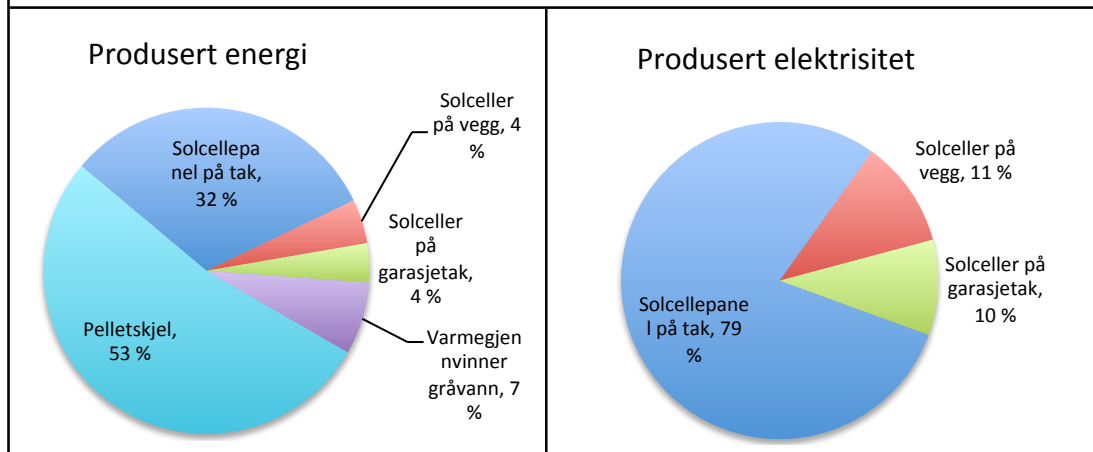
**TABELL 60: BEREGNET ÅRLIG PRODUSERT ENERGI OG BESPARELSE AV CO<sub>2</sub> FOR ET NULLHUS I SOLA**

## Produsert energi

Energibærer	Produsert energi [kWh/år]	El. Brukt i prod. [kWh/år]	Dekning av eget behov	Produsert el [kWh/år]	Dekning av eget behov
Solcellepanel på tak	29 000	0	34 %	29 000	80 %
Solceller på vegg	4 000	0	5 %	4 000	11 %
Solceller på garasjetak	3 550	0	4 %	3 550	10 %
Varmegjennvinner gråvann	6 552	0	8 %	0	0 %
Pelletskjel	48 141	482	57 %	0	0 %
<b>Totalt</b>	<b>91 243</b>	<b>482</b>	<b>108 %</b>	<b>36 550</b>	<b>101 %</b>

<b>Årlig levert/kjøpt energi til markedet</b>	447 kWh/år solgt til markedet
---	-------------------------------

<b>Årlig CO<sub>2</sub> utslipp</b>	-177 kg/år for hele bygget
-------------------------------------	----------------------------



Energibudsjettet til bygget og leilighetene er vist i tabell 61. Endeleiligheter (til venstre) og midtleiligheter bruker ulik mengde energi til oppvarming. Til høyre i tabellen kan hele byggets energibudsjett studeres.

**TABELL 61: BEREGNET ÅRLIG ENERGI BUDSJETT FOR ET NULLHUS I SOLA**

Energibudsjett	Endeleiligheter		Midtleiligheter		Hele bygget	
	Energibehov [kWh]	Spesifikt energibehov [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energibehov [kWh]	Spesifikt energibehov [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energibehov [kWh]	Spesifikt energibehov [kWh/m <sup>2</sup> ]
1a Romoppvarming	1 626	10,4	1 105	7,1	8 777	8,0
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	71	0,5	55	0,4	417	0,4
2 Varmtvann (tappevann)	4 634	29,7	4 634	29,7	32 438	29,7
3a Vifter	591	3,8	591	3,8	4 137	3,8
3b Pumper	81	0,5	64	0,4	482	0,4
4 Belysning	1 772	11,4	1 772	11,4	12 404	11,4
5 Teknisk utstyr	2 726	17,5	2 726	17,5	19 082	17,5
6a Romkjøling	0	0,0	0	0,0	0	0,0
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>11 501</b>	<b>73,7</b>	<b>10 947</b>	<b>70,2</b>	<b>77 737</b>	<b>71,2</b>

Den leverte energien er også beregnet. Tabell 62 viser hvor mye hver enkelt energibærer yter årlig. Merk at denne tabellen tar med virkningsgrader på energiforsyningene, men ikke energien levert av cellene eller varmegjenvinneren til gråvannet. Derfor vil "levert energi" ikke samsvare med "energibehov" fra energibudsjettet.

**TABELL 62: BEREGNET LEVERT ENERGI TIL ET NULLHUS I SOLA**

Levert energi (beregnet) Energi-post	Levert energi	Spesifikk levert energi	Levert energi	Spesifikk levert energi	Levert energi	Spesifikk levert energi
	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]
1a Direkte el.	5169	33,1	5153	33,0	36103	33,1
1b El. Varmepumpe	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1c El. Solenergi	0	0,0	0	0,0		
2 Olje	0	0,0	0	0,0	0	0,0
3 Gass	0	0,0	0	0,0	0	0,0
4 Fjernvarme	0	0,0	0	0,0	0	0,0
5 Biobrensel	7403	47,5	6667	42,7	48141	44,1
6 Annen (varmegjennvinner dusj)	1	0,0	1	0,0	7	0,0
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>12573</b>	<b>80,6</b>	<b>11821</b>	<b>75,8</b>	<b>84251</b>	<b>77,2</b>

Egne vintersimuleringer som viser den termiske komforten er ikke vedlagt i rapporten, men en oversikt over hvordan energiforsyningen dekker oppvarmingsbehovet er gitt i tabell 63. "Dekningsgrad energibruk" forteller hvor stor del av oppvarmingsbehovet som kan dekkes ved gitt effekt. Tallet i parentes forteller hvor stor del av den installerte effekten som da er i bruk. På dimensjonerende vinterdager bruker endeleilighetene 2,2 kW, midtleilighetene 1,9 kW og hele bygget 15,4 kW til å dekke oppvarmingsbehovet.

**TABELL 63: BEREGNET DEKNINGSGRAD VED INSTALLERT EFFEKT I ET NULLHUS I SOLA**

Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	Dekningsgrad energibruk [%]		Dekningsgrad energibruk [%]		Total effekt [kW]	
	Effekt (dekning)		Effekt (dekning)			(dekning)
	2,5 kW (90 %)	100	2,5 kW (90 %)	100	17,5	90 %
	2,2 kW (80 %)	100	2,2 kW (80 %)	100	15,4	80 %
	1,9 kW (70 %)	99	1,9 kW (70 %)	100	13,3	70 %
	1,6 kW (60 %)	97	1,7 kW (60 %)	99	11,7	60 %
	1,4 kW (50 %)	93	1,4 kW (50 %)	96	10,0	50 %
	1,1 kW (40 %)	88	1,1 kW (40 %)	91	7,7	40 %
	0,8 kW (30 %)	80	0,8 kW (30 %)	84	5,6	30 %
	0,5 kW (20 %)	67	0,6 kW (20 %)	72	4,0	20 %
	0,3 kW (10 %)	44	0,3 kW (10 %)	50	2,1	10 %

### 11.4.3 KLIMAGASSREGNSKAP

Det er gjort klimagassberegning i klimagassregnskap.no, og på grunnlag av det som gjort for det eksisterende bygget i kapittel 9.1.2 er det justert for de endringene som er gjort i nullhuspakken i Sola. Dette presenteres i dette kapittelet.

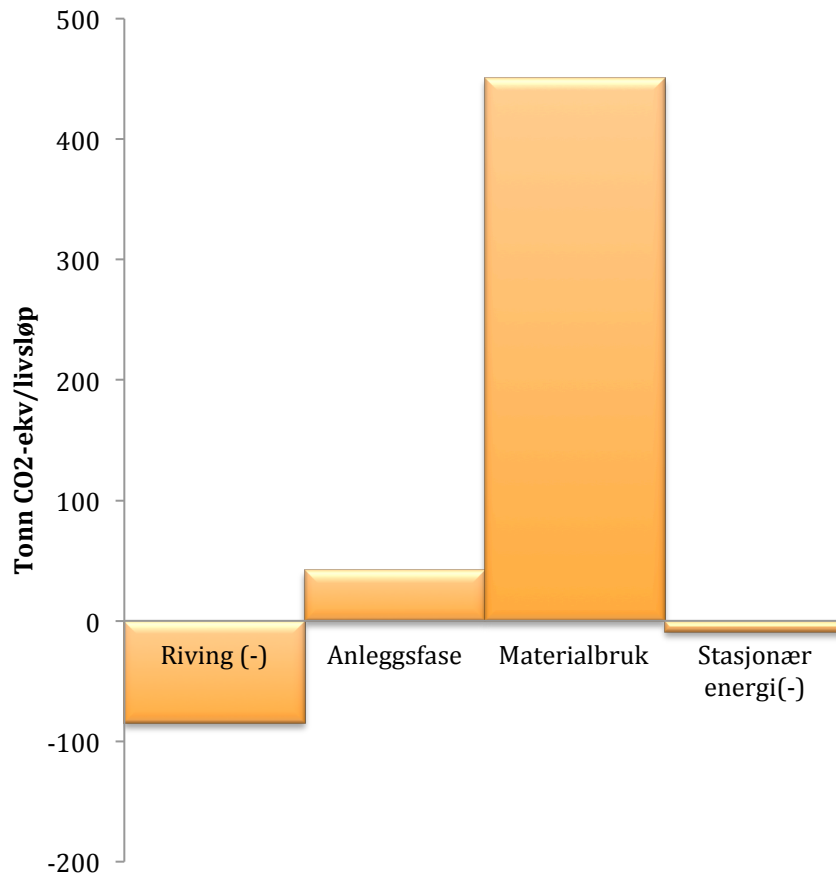
Som det står i kapittel 11.3.2 leveres det 447 kWh til markedet i året. Dette betyr at bygningen netto ikke har utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Den solgte energien tilsvarer 177 kg CO<sub>2</sub> per år, og dermed kan man i klimaregnskapet få et positivt bidrag fra posten "Stasjonær energi". 0,177 tonn i året over en 50 års periode tilsvarer ca. 9 tonn i løpet av livsløpet, og dette tallet brukes i tabell 64 for utregning av det totale klimautslippet.

Siden tiltakspakken som gir nullhus medfører tykkere vegger og økte isolasjonsmengder i gulv og tak er dette korrigert for i materialutslippstallene. Beregningene fra klimagassregnskap.no viser at som en følge av dette så økes utslipp fra materialbruk fra 410 til 451 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i løpet av livsløpet.

Tall som gjelder anleggsfasen, rivingsfasen og som er knyttet til transport i driftstid er uendret fra de antagelser som er gjort og beskrevet i kapittel 9.1.2. Utslipp fra transport i driftsfasen er som tidligere nevnt ikke inkludert i vurderingen om å oppnå nullhusstandard, men inkludert i tabell 64 og figur 53 for å belyse utslipp også fra denne posten. Tabell 64 og figur 53 viser klimaregnskapet for nullhuspakken i Sola. Som man ser viser klimagassregnskapet at det i løpet av byggets estimerte levetid slippes ut 399 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

**TABELL 64: UTSLIPP OG KLIMANYTTE - KLIMAGASSBEREGNING, NULLHUS I SOLA**

<b>Modul</b>	<b>Tonn CO<sub>2</sub>- ekv/livsløp</b>	<b>Tonn CO<sub>2</sub>- ekv/år</b>	<b>Kg CO<sub>2</sub>- ekv/m<sup>2</sup>/livsløp</b>	<b>Kg CO<sub>2</sub>- ekv/m<sup>2</sup>/år</b>
Riving (-)	-85	-1,41	-72,6	-1,21
Anleggsfase	42	0,7	38,597	0,643
Materialbruk	451	7,5	412,81	6,88
Stasjonær energi(-)	-9	-0,57	-31,136	-0,52
<b>Sum</b>	<b>399</b>	<b>6,2</b>	<b>347,7</b>	<b>5,8</b>
Transport i drift	1212	20,2	1110,32	18,505



FIGUR 53: UTSLIPP OG KLIMANYTTE - KLIMAGASSBEREGNING, NULLHUS I SOLA

## 11.5 OPPSUMMERING AV TILTAKSPAKKER

Tabell 65 viser en oppsummering av alle tiltakspakkene for både Sørums og Sola.

**TABELL 65: TILTAKSPAKKER – PASSIVHUS OG NULLHUS**

	Passivhus Sørums	Passivhus Sola	Nullhus Sørums	Nullhus Sola
<b>Varmetap</b>	Veggisolasjon: 300 mm	Veggisolasjon: 300 mm	Veggisolasjon: 300 mm	Veggisolasjon: 300 mm
	Takisolasjon: 550 mm	Takisolasjon: 450 mm	Takisolasjon: 550 mm	Takisolasjon: 550 mm
	Gulvisolasjon: 350 mm	Gulvisolasjon: Ingen endring	Gulvisolasjon: 400 mm	Gulvisolasjon: 400 mm
	Vinduer: noe redusert areal	Vinduer: noe redusert areal	Vinduer: mye redusert areal	Vinduer: mye redusert areal
	Kuldebroverdi 0,02 (W/m <sup>2</sup> K)	Kuldebroverdi 0,02 (W/m <sup>2</sup> K)	Kuldebroverdi 0,02 (W/m <sup>2</sup> K)	Kuldebroverdi 0,02 (W/m <sup>2</sup> K)
	Infiltrasjon: 0,5 luftutvekslinger/time	Infiltrasjon: 0,6 luftutvekslinger/time	Infiltrasjon: 0,5 luftutvekslinger/time	Infiltrasjon: 0,5 luftutvekslinger/time
<b>Inneklima</b>	Ventilasjonsaggregat byttes	Ventilasjonsaggregat byttes	Ventilasjonsaggregat byttes	Ventilasjonsaggregat byttes
	Solavskjerming, aktiv utvendig, automatisk	Solavskjerming, passiv, utvendig	Solavskjerming, aktiv utvendig, automatisk	Solavskjerming, passiv, utvendig
		Solavskjerming, aktiv, innvendig		Solavskjerming, aktiv, innvendig
<b>Energiforsyning</b>	Varmepumpe, luft-luft	Varmepumpe, luft-luft	Sentral pelletskjel	Sentral pelletskjel
	Solfanger til tappevann	Solfanger til tappevann	Kildeseparering avløpsvann	Kildeseparering avløpsvann
	Kildeseparering avløpsvann	Kildeseparering avløpsvann	Solcellepanel tak	Solcellepanel tak
			Solcellepanel garasjetak	Solcellepanel garasjetak
			Solcellepanel sørvegg	Solcellepanel sørvegg
<b>Totalpris pr m<sup>2</sup> BRA: (i byggeår)</b>	<b>828,-</b>	<b>696,-</b>	<b>3 669,-</b>	<b>3 425,-</b>

## 12 DISKUSJON

I dette kapittelet blir de ulike tiltakspakkene, klimaberegningene og økonomien vurdert. I tillegg kommenteres valg gjort underveis, simuleringsmodeller og validiteten av resultatene.

### 12.1 TILTAKSPAKKER – PASSIVHUS

Endringen fra TEK10 til passivhusnivå krever store endringer for å oppnå kravene til varmetapstall, netto oppvarmingsbehov og minstekrav. Tilnærmingen har vært å forsøke med minstekravene til bygningsdelene og komponentene og så gjøre ytterlige tiltak dersom dette ikke var tilstrekkelig. Prioriteringen av tiltakene har da vært gjort etter investeringskostnad eller etter levetidsberegningenes kost/nytte-faktor. Byggets komplekse geometri og store vindusareal gav flere utfordringer med kravet til netto oppvarmingsbehov. Selv om det er en fordel å komme inn tidligere i prosessen for å lage tiltakspakker for passivhus, viser resultatene at det er godt mulig å bygge et prosjekt som Trestakkveien etter gjeldende passivhusstandard. Nedenfor følger vurderinger innenfor de ulike tiltaksgruppene; varmetap, energiforsyning, komfort og økonomi.

#### 12.1.1 VARMETAP

Varmetapstallet på det opprinnelige rekkehuset var  $0,67 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Dette måtte ende opp under  $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  for at huset skulle tilfredsstille passivhuskriteriene. Med de valgte pakkene endte byggene på henholdsvis  $0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$  i Sørums og  $0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$  i Sola. Grunnen til at særlig bygget i Sørums fikk et så lavt varmetap, var de ytterlige tiltakene som måtte gjøres for å tilfredsstille kravet til netto oppvarmingsbehov. Dette kravet ligger på  $17,1 \text{ kWh/m}^2$  oppvarmet BRA i Sørums og  $15 \text{ kWh/m}^2$  oppvarmet BRA i Sola.

Begge de to simulerte byggene fikk den samme ytterveggen, en 300 mm isolert vegg med isolert iso3-stender og U-verdi på  $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Siden byggets geometri gjorde at treandelen i veggene ble svært høy, fikk alle veggene høyere U-verdi enn antatt. Dette gjorde at det ikke var mulig å nå minstekravet til yttervegger på  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  med noen av de undersøkte "250mm-veggene". Den valgte veggen hadde den beste kost/nytte-faktoren og vil derfor være fornuftig uansett geometri. Det er likevel verdt å merke seg at veggen er 50% tykkere enn den eksisterende veggen, noe som kan slå ut økonomisk i form av tapt salgbart areal dersom tomteutnyttelsen er høy eller avstand til nabobygg er

avgjørende. Den økonomiske konsekvensen av eventuell redusert salgspris er kommentert i kapittel 12.4.

Det er forholdsvis billig å legge mer isolasjon på taket. I dette prosjektet er det et godt valg, siden geometrien fordyrer veggisoleringen mye og man ikke mister salgbart areal ved dette tiltaket. Sørsum, som har vesentlig lavere temperaturer enn Sola gjennom året, fikk derfor det mest energibesparende av de undersøkte takene; 550mm isolasjon med en U-verdi på  $0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Selv om det opprinnelige taket lå på minstekravet til passivhusstandarden ( $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), fikk også Sola et bedre isolert tak (450 mm lav investeringskostnad).

Det er mye dyrere å tilleggsisolere gulv på grunnen, siden man må bruke trykkfast isolasjon og man må sprengte/flytte store mengder masser. Varmetapet gjennom gulvet var så lavt på det opprinnelige bygget at Sola ikke fikk noen endring av gulvkonstruksjonen. Igjen var det kravet til netto oppvarmingsbehov som gjorde at Sørsum måtte få en økning til 350 mm EPS som gir en ekvivalent U-verdi på  $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Det er krevende å jobbe med vinduer i passivhus, siden de har andre viktige egenskaper en U-verdi. Trestakkveien har i utgangspunktet et vindusareal tilsvarende 19% av BRA. Vinduer og dører står for 33% av varmetapet til det eksisterende bygget. Det mest økonomiske hadde vært å redusere vindusarealene, siden gode vinduer er dyre å kjøpe inn. De slipper også ut over seks ganger mer varme enn de valgte veggene, og et redusert areal ville minske overtemperaturen om sommeren. Målet med oppgaven er å løse det aktuelle rekkehuset som et passivhus, billigst mulig. Siden det er en viktig føring fra Block Watne at geometri, utseende og funksjoner ikke endres vesentlig, er det valgt å beholde mest mulig av vindusarealet. Vinduene mot øst, som utgjør hovedfasaden mot resten av byggefeltet og er viktig for romfølelsen i stuen og de største soverommene i 2.etasjen, er derfor beholdt. De endringene som imidlertid ble gjennomført er å ta bort fastfeltet under vinduene på soverom mot vest og å fjerne et av de to små vinduene over kjøkkenbenken. I tillegg fjernes de smale vinduene mot sør og nord på endeleilighetene. Endringene er innenfor kravene til dagslysfaktor i rommene og vil gi vesentlige endringer i samlet U-verdi. Siden karmen energimessig er det svakeste leddet i vinduet, er det mest å hente på å fjerne de små åpningsbare vinduene og redusere mengden av gjennomgående sprosser. Ved å ta bort vinduene mot sør, reduseres også deler av varmetilførselen om sommeren for denne endeleiligheten, samtidig som det frigjøres dyrbart veggareal til solfangeren som er planlagt her.

Det er på dette tidspunktet ikke noen av de norske leverandørene som leverer skyvedørene i Trestakkveien med lavere U-verdi enn  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ . De kommer tidligst for salg høsten 2012. Det ville ødelegge romfølelsen å endre skyvedørene til for eksempel et fastfelt og en balkongdør, og det er ikke mulig å klare minstekravene til samlet U-verdi med de opprinnelige skyvedørene, siden de utgjør hele 16% av vindusarealet. Løsningen ble en simplere skyvedør som ikke gir trinnfri utgang og som har "vindusinnfatning". Dette forringer inntrykket noe, men er det beste alternativet på dette tidspunktet. Det valgte vindustiltaket har et areal tilsvarende 17,3% av BRA.

Kuldebroer stod for 7% av varmetapet i det eksisterende bygget med en normalisert kuldebroverdi på  $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Siden rekkehuset er oppført i bindingsverk og treetasjeskillere, vil de verste kuldebroene ikke opptre. De fleste tiltakene som måtte gjøres for å få nå minstekravet på  $0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$  kom "gratis" som en konsekvens av tykkere vegger, tak og gulv i passivhuspakkene. Den viktigste kuldebroen som man aktivt må endres er vindusinnsettingen. Ved å flytte vinduene fra at karmen fluktet med vindspærren utvendig, til å ligge 35mm lenger inne, vil denne enkelte kuldebroverdien bli redusert fra  $0,05$  til  $0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Denne energieffektive vindusinnsettingen koster i midlertid mye da den krever et større beslag og en omhyggelig tetting mellom vindu og vindspærre. Det er likevel ikke noen vei utenom, da mange løpemeter av denne kuldebroen gjør at den spiller mye inn på den normaliserte kuldebroverdien. Tiltaket er priset høyt nettopp for at denne sårbare detaljen skal utføres skikkelig.

Balkongopphenget er det andre store bidraget til den normaliserte kuldebroen. Kuldebroverdien er beregnet til  $0,145 \text{ W/m}^2\text{K}$ , men har bare seks løpemeter for hver leilighet. En utvendig bæring av balkongene vil kunne eliminere denne kuldebroen helt. Dessverre vil dette endre fasaden, og siden minstekravet ble oppfylt uten dette tiltaket, ble denne kuldebroen ikke endret i passivhusene.

Infiltrasjonsvarmetapet utgjorde 8% av det totale varmetapet på det eksisterende bygget. Det er vanskelig å beregne tettheten til et bygg, men lett å måle etterpå. Tetteløsninger må planlegges på forhånd, og de må også utføres med stor nøyaktighet. De to tiltakene som er undersøkt består av de samme endringene, men vil kunne gi ulike resultater etter utførelsen. Testingen av enkelttiltaksbesparelsen viste at en leilighet med lekkasjetall  $n_{50} = 0,6 \text{ t}^{-1}$  ville bruke omtrent  $0,5 \text{ kWh/m}^2$  i året mer i forhold til om det hadde vært  $0,5 \text{ t}^{-1}$ . Dette vil utgjøre en stor forskjell på det lave varmebehovet et passivhus skal ha. Forventningen var at Sola med mer vind skulle tjene mest på å redusere infiltrasjonen, men resultatene viste at reduksjonen av lekkasjetallet hadde



størst effekt i Sørumsdal. Dette kommer trolig av et generelt større oppvarmingsbehov på grunn av ulikheter i klimaet. På grunn av dette, og at Sørumsdal hadde større vanskeligheter med å nå kravet til netto oppvarmingsbehov, fikk Sørumsdal det strengeste tiltaket ( $n_{50} = 0,5 \text{ t}^{-1}$ ) og Sola minstekravet ( $n_{50} = 0,6 \text{ t}^{-1}$ ).

Ventilasjonsanleggene i dette bygget er enkle, har korte rørføringer og få filter. Dette gir et lite trykktap over anlegget, som i kombinasjon med riktig vifte gir lav SFP-faktor. Siden varmegjenvinnerne også er gode, tilfredsstillende anleggene minstekravene i passivhusstandarden. Likevel fikk både Sørumsdal og Sola nye aggregater, som ville gi en SFP-faktor på 1,30 og en temperaturvirkningsgrad på 0,89, fordi tilleggspriisen på dette aggregatet var så lav. Enkelttiltakssimuleringene viste at kost/nytte-faktoren var så god at det ikke går an velge bort dette tiltaket.

### 12.1.2 ENERGIFORSYNING

Den installerte pelletskaminen i leilighetene er kostbar og må skiftes ut en gang gjennom byggets levetid. I tillegg yter den 12kW, som nå tilsvarer 4 ganger hele effektbehovet til hver leilighet. Luft-til-luft varmepumpe er derfor suveren på levetidskostnader i begge klimaene, og den krever ikke investering i et dyrt distribusjonsnett. Dette er et av de få tiltakene der passivhusene slipper merkostnader, men sparer penger – både i byggeåret og over levetiden.

Varmen distribueres gjennom infiltrasjon eller åpne dører mellom rommene. En ulempe er at dette gir ikke muligheten for å justere temperaturen i rommene manuelt. Alle piper er fjernet fra leilighetene, siden det ikke er krav til ildsted i passivhus. Ved å installere varmepumpe vil naboene slippe å administrere vedlikehold og innkjøp av brensel sammen, slik noen av de andre energiforsyningene krever. Man må legge merke til at kost/nyttefaktoren slår feil ut for de to undersøkte varmepumpene og for klimagassbesparelsen, siden de ikke har nok effekt til å dekke varmebehovet i testhuset.

Varmepumpene dekker i tiltakstabellene hele behovet for romoppvarming, men byggene klarer ikke å nå kravet til energiforsyningen. Leilighetene bruker for mye direkte elektrisitet. Det hjelper ikke nok med en fornybar energikilde til romoppvarming når den bare ligger på 11,1-16,7kWh/m<sup>2</sup> i året, mens tappevannsbehovet ligger på 30kWh/m<sup>2</sup> i året. Løsningen på dette ble et felles solfangeranlegg montert på sørveggen. Valget falt på Aventa Solar sitt anlegg, selv om det produserer minst av de undersøkte. Dette kommer av at det kan monteres i vegglivet, slik at det faller godt sammen med bygget og endrer arkitekturen minst mulig. I tillegg er anlegget billigere, og man kan spare penger på å slippe å henge opp vanlig kledning. Vinduene på

sørveggen må vike for å gi plass til anlegget. Dette er greit på grunn av bidragene de gav til varmetap om vinteren og overtemperatur om sommeren.

Solfangeranlegget kan dekke 43% av årlig tappevannsbehov i Sørumsund og 38% i Sola. Siden anlegget krever et felles varmtvannslager, må en bygge en utvendig bod til dette. Det krever noe årlig arbeid i form av måleravlesing for hver enkelt beboer, men frigir til gjengjeld det areal som varmtvannsberederne brukte på vaskerommet i hver leilighet.

Kildeseparering av avløpsvannet fra dusjene er et annet tiltak som man ikke kommer utenom på grunn av pris og nytte. Solfangeren gir et vesentlig bidrag til tappevannet fra mars til og med september. Dette gjør at behovet for kjøpt energi til tappevann er stort i den perioden strømprisen er høyest. Kildeseparering av vannet (varmegjenvinner) fra dusjene virker hele året og vil for en vanlig familie redusere årlig tappevannsbehov fra 30 til 24kWh/m<sup>2</sup>.

### 12.1.3 KOMFORT

Med stort vindusareal og lavt varmetap følger høye temperaturer om sommeren. Da passivhusstandarden ikke angir eksakte verdier for hva som er akseptabelt, er det etterstrebet å holde temperaturen under 26°C og ikke øke temperaturen i forhold til hvilke temperaturer det eksisterende bygget opplever. Under en sommersimulering av Trestartveien ble soverommene i 2.etasje dimensjonerende med 33,2°C, og oppholdssonen (stue og kjøkken) fikk 32,1°C, begge uten vinduslufting.

Utvendig solavskjerming er det mest effektive. Utvendige persiennier gir rutene en solfaktor på 0,05 i lukket stilling, mens man får 0,31 med de undersøkte innvendige persiennene. Svakheterne til utvendige persiennier er at de påvirker fasadeuttrykket, er utsatt for vær og vind og er kostbare. Dyrere systemer kan styres automatisk etter solinnstrålingen og justeres etter vinden, slik at de heises opp når vinden blir så sterk at den kan ødelegge systemet. Da slike anlegg koster mye mer, har Sørumsund fått en utvendig, manuell, og Sola en innvendig persienne på vinduene. På grunn av vindforholdene i Sola vil dette sammen med fast, geometrisk solavskjerming i praksis gi det beste resultatet og den lengste levetiden. Balkongdører har fått innvendige persiennier begge stedene.

Den valgte solavskjermingen hjelper mye på overtemperaturen, men ikke nok. Som resultatstabellene i kapittel 11 viser vil det bli høye temperaturer, særlig på de østvendte soverommene i 2.etasje. Den høyeste temperaturen har ikke steget så mye på passivhusene i forhold til det opprinnelige bygget, men gjennomsnittstemperaturen har gått en del opp. Den termiske komforten er tilfredsstillende under forutsetning av at

beboerne bruker solavskjermingen riktig og at de lufter gjennom vinduene når de er hjemme. Kjøpere av passivhus bør være klar over at byggene har en høyere innetemperatur om sommeren enn andre boliger. De må kanskje også være forberedt på å gå noe lettere kledd inne på sommeren og luften ut når de er hjemme. På den andre siden bør utbyggere vurdere vindusbruken nøye. Det er ikke alle hustyper som kan bygges som passivhus dersom man ikke kan løse utfordringene rundt vinduer og avskjerming på en måte som sikrer et komfortabelt termisk innemiljø. På Trestakkveien ville vindusarealene på vinduene mot øst blitt redusert noe om ikke oppgaven var å klare passivhuskravene med eksisterende arkitektur og fasadeuttrykk.

Sommersimuleringene er gjort i juli, og det er valgt å endre internlastene fra energimerkeverdier til et realistisk nivå. Dette betyr at man ikke har person-, lys og utstyrsbelastning hele driftstiden mellom klokken 07.00 og 23.00, men har en pause i arbeidstiden (kl. 08.00-16.00). Det kunne også forsvares å skru av personbelastningen i oppholdssonen om natten, og på soverommene om ettermiddagen, men dette er ikke gjort. De temperaturene som er beregnet med lufting, har vinduene i sonen åpne mellom klokken syv og åtte om morgenen og mellom fire og åtte på ettermiddagen.

Komfortberegningene for dimensjonerende sommerdager er derfor etter skjønn gjennomført innenfor en konservativ ramme, og temperaturene vil trolig ikke bli høyere enn resultatet av simuleringene.

#### 12.1.4 ØKONOMI

Prisen på tilleggsinvesteringer for byggingen av passivhusene endte på 828 kr/m<sup>2</sup> BRA i Sørumsund og 696 kr/m<sup>2</sup> BRA i Sola, begge ekskludert merverdiavgift (mva.). For den som bygger huset blir dette henholdsvis 904 176 kr mer ekskludert mva. i Sørumsund og 740 000 kr mer ekskludert mva. i Sola. Over livsløpet ble tilsvarende priser 1101 kr/m<sup>2</sup> BRA og 873 kr/m<sup>2</sup> BRA. Grunnen til at det er dyrere å bygge passivhus i Sørumsund enn i Sola (19%) er klimaet. Det lokale klimaet i Sørumsund gjør at det kreves mer isolasjon og en bedre solavskjerming for å klare passivhuskravene. Over livsløpet ble passivhustillegget 26% høyere i Sørumsund enn i Sola.

De eksisterende leilighetene i Sørumsund kan antas å ha en verdi på omtrent 28 000 kr/m<sup>2</sup>, tilsvarende 4 380 000 kr inkludert mva. for en leilighet. For en boligkjøper som kjøper boligen nøkkelferdig i Sørumsund vil passivhustillegget endre salgsprisen til minst 4 541 000 kr inkludert mva., siden prisene er uten utbyggers påslag. Dette utgjør en kostnadsøkning på 4%. Tilsvarende kan vi anta den samme verdien i Sola. Ny salgspris

blir da 4 515 720 kr inkludert mva., uten utbyggers påslag. Dette tilsvarer en økning i salgsprisen på minst 3%.

Faktiske salgspriser vil avhenge av markedet og av påslaget til utbyggeren, men dette salgsoverslaget viser at det er overraskende billig å bygge et rekkehus som Trestakkveien etter passivhusstandarden. En av grunnene til at det ikke blir dyrere, er at en bolig i et rekkehus får mindre tilleggsinvesteringer siden den har liten andel yttervegg i forhold til bruksareal enn eneboliger.

## 12.2 TILTAKSPAKKER – NULLHUS

Etter nullhusdefinisjonen i kapittel 3.4.1 må det både i Sørums og i Sola diskuteres om det lykkes å lage nullhus. Begge tiltakspakkene sørger for at bygget over året er selvforsynt med elektrisk energi, men byggene er avhengige av at deler av oppvarmingsbehovet dekkes av andre fornybare energibærere som byggene ikke har produsert selv. Byggene har ikke nok sørvendt areal til at hele varmebehovet kan dekkes energien fra solen. Tiltakspakkene for nullhus presenterer derfor den mest miljøvennlige og beste utgaven av byggene, uten at nullhusmålene ble nådd. Videre i oppgaven vil det fremdeles bli snakket om nullhuspakkene, selv om de altså ikke tilfredsstiller den definisjonen oppgaven har satt til nullhus. Energiproduksjonen og materialbruken er heller ikke slik at bygget i seg selv blir helt klimanøytralt over livsløpet. Det er likevel ikke mye om å gjøre, og dette kan kompenseres for ved kjøp av klimakvoter.

Tiltakspakkene for nullhus i Sørums og Sola tar utgangspunkt i de tilsvarende passivhuspakkene, men har fått de nødvendige endringer. I de følgende avsnittene gis kun en oversikt over begrunnelse og kvaliteter med de tiltakene som skiller seg fra passivhuspakkene.

### 12.2.1 VARMETAP

Da det viste seg vanskeligere å klare passivhuskravene i Sørums enn i Sola, ble dette bygget planlagt med et svært lavt varmetap. Nullhuset i Sørums har derfor ikke så mange endringer hva gjelder varmetap, med unntak av vindustiltak og isolasjonsmengde i gulv mot grunn. Nullhuset planlagt i Sola har derimot fått en rekke oppgraderinger. De to byggene har nå helt like tiltak i klimaskjermen og har et varmetapstall på  $0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Det er tidligere argumentert for yttervegger med 300mm isolasjon, tak med 550 mm isolasjon, en normalisert kuldebroverdi på  $0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$ , et lekkasjetall på 0,5 luftvekslinger i timen og oppgradering av ventilasjonsaggregatene. Gulvkonstruksjonen

er oppgradert til å ha 400 mm EPS, og har en ekvivalent U-verdi på 0,08 W/m<sup>2</sup>K. Dette koster en del, men det er billigere å spare noen kilowattimer her enn å produsere de.

Skal en redusere varmetapet merkbart, etter å ha innført alle de overnevnte tiltakene, kommer man ikke utenom å se på vinduene. Nå kan ikke fasaden fredes lenger. De store vinduene i stuen og på de østlige soverommene mister det underforliggende fastfeltet. Dette gjør at brystningshøyden økes fra 300 mm til akseptable 900 mm. Vinduene dekker fremdeles krav til dagslysfaktor. Det totale vindusarealet blir med dette tiltaket redusert til 15,6% av gulvarealet, og den samlede U-verdien på vinduer og dører er redusert til 0,78 W/m<sup>2</sup>K. Dette reduserer oppvarmingsbehovet, og reduserer samtidig overtemperaturen om sommeren.

### 12.2.2 ENERGIFORSYNING OG PRODUSERT ENERGI

Den valgte energiforsyningen skilte seg ut så mye at den samme løsningen ble valgt både i Sørums og Sola, selv om klimatiske forutsetninger er ulike.

En sentral pelletskjel skal dekke totalt oppvarmingsbehov og varmer opp vann som distribueres til romoppvarming, varmebatteri i ventilasjonsanlegg og tappevann. Både økonomi og miljøhensyn ligger til grunn. Biobrenselet er fornybart og har et lavt klimagassutlipp per produsert kWh. Anlegget krever et det bygges et teknisk rom med plass til pelletslageret. I tillegg må det bygges et vannbårent distribusjonsanlegg. Valget falt på vannbåren gulvvarme da dette ikke opptar veggareal slik konvektorer gjør, og varme gulv anses som en kvalitet for beboerne.

I dette systemet er det bare innmatingen av pellets og pumpingen av varmtvann som bruker elektrisk energi. Dette utgjorde, i tillegg til pris, den største fordelene fremfor de andre tiltakene. Varmepumper som utnytter bergbarmen var det nest beste alternativet. Dette alternativet bruker mer elektrisitet og er dyrere, men man slipper leveransene av pellets og er derfor lettere i drift. Selv om pelletskjelen varmer tappevannet miljøvennlig, er det i begge nullhuspakkene valgt å installere varmegjenvinnere på dusjenes avløpsvann. Dette reduserer behovet for oppvarming av vann og man sparer utgifter til biobrensel.

Bruk av elektrisk utstyr og belysning står for størsteparten av forbruket av elektrisk energi etter at pelletskjelen overtok varmeproduksjonen. Her er det store rom for brukerstyrte sparetiltak. De som betaler ekstra for å bo i et nullhus er antagelig opptatt av miljø og er bevisste på hvordan de bruker strømmen. Nullhusene vil derfor kanskje i praksis få et lavere elektrisk forbruk enn det de standardiserte

energiberegningsmetodene tilsier. Kanskje kommer det nye verdier for bruksmønster i sammenheng med en eventuell nullhusstandard? Likevel er et av kravene til nullhus at de er selvforsynte med elektrisitet over året, og da må vi legge til grunn dagens standardiserte verdier for forbruk.

Den billigste måten å produsere elektrisk energi på er i dag ved hjelp av solcellepaneler, både i Sørum og i Sola. Det var kanskje ventet at vindgeneratoren skulle slå bedre ut i Sola, men høy pris på investering og vedlikehold gjorde tiltaket uaktuelt. Vindmøllene blir mer effektive jo større de blir, og den størrelsen som er aktuell å ha i et byggefelt er ikke lønnsom i dag.

For å dekke behovet for elektrisk energi må alle tilgjengelige arealer benyttes. Dette betyr at både sørveggen og taket på byggene må dekkes med solcellepaneler i tillegg til den carporten som har sørvendt helning. Dette er ikke billig, men den eneste måten som vil klare å dekke behovene til strøm for de to prosjektene. På grunn av årlig strålingsenergi vil panelene i Sola klare akkurat å produsere nok til eget forbruk, mens anlegget vil klare å gi en liten overproduksjon hvert år i Sørum. Til orientering vil prisen per produsert kWh ligge på 1,92 kr i Sørum og 2,00 kr i Sola dersom alle livsløpskostnadene er tatt med. Dette er dyrere enn å kjøpe elektrisk strøm nå, men kan trolig bli billigere i løpet av de neste femti årene. Merk at det med dagens ordninger er dårlig butikk å selge strøm billig på sommeren og kjøpe den tilbake med nettleie om vinteren.

### 12.2.3 KLIMANØYTRALITET

Kravet til at bygget er klimanøytralt er en forutsetning for at det kan kalles et nullhus. I kapittel 11.3.3 og 11.4.3 er det oppsummert det totale klimagassregnskapet for hhv. Sørum og Sola basert på klimagassregnskap.no. Som det fremgår i disse kapitlene er det samlede utslipp etter å trukket fra klimanytte fra rivning og levert energi 374 og 399 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter for hhv. Sørum og Sola. For å oppnå klimanøytralitet kan man kjøpe klimakvoter for dette resterende utslippet, slik det er beskrevet i kapittel 3.4.2. Per 01.05.12 er prisen per klimakvote kr 87,92,- og siden én klimakvote tilsvarer ett tonn karbondioksid er prisen for å oppnå klimanøytralitet kr 32 882,- for Sørum og kr 35 080,- for bygget i Sola. Dette er utslipp for hele byggets levetid, og hvis man deler dette opp i årlige utgifter forutsatt at prisen er lik, blir dette kr 658,- i Sørum og kr 701,- i Sola per år.

I og med at prisen for disse klimakvotene skal fordeles på syv boenheter, er ikke dette en stor utgiftspost i den store sammenhengen når man sammenligner med andre

investeringer som gjøres for å oppnå et nullhus. Klarer man kravet om å produsere like mye energi som man forbruker er man på god vei til å skape et nullhus.

Klimakvoteordningen gjør at utslipp kan bøtes for til en forholdsvis rimelig penge.

#### 12.2.4 KOMFORT

Bygg som har en så ekstrem isolasjonsgrad som de foreslåtte nullhuspakkene, vil bli varme om sommeren. Det hjelper noe at vindusarealene i pakkene er merkbart redusert. Spesielt gjelder dette soverommene i andre etasje, som hadde en svært høy glassandel i forhold til gulvarealet. Solavskjermingen i Sola er lik som i passivhuspakken, og den dimensjonerende temperaturen har derfor gått ned fra 34,5 til 32,3°C på soverommene (uten lufting). Sørums har 10% høyere dimensjonerende uteluftstemperatur om sommeren og 20% høyere årlig midlere strålingsfluks fra solen. Dette gjør at temperaturen inne ble høy. Som en kvalitetsheving ble det derfor installert automatisk, aktiv utvendig solavskjerming. Den høyeste temperaturen i den dimensjonerende sonen blir, med mindre glassareal og bedre styring av persiennene, redusert fra 31,7 til 28,3°C (uten lufting).

Simuleringene av dimensjonerende temperaturer om sommeren viser at tiltakspakkene for nullhusene gjør husene mer komfortable å bo i enn både det eksisterende bygget og passivhusene.

#### 12.2.5 ØKONOMI

Prisen på tilleggsinvesteringer for byggingen av nullhusene endte på 3669 kr/m<sup>2</sup> BRA i Sørums og 3425 kr/m<sup>2</sup> BRA i Sola; begge ekskludert merverdiavgift (mva). For den som bygger huset blir dette henholdsvis 4 006 500 kr mer ekskludert mva. i Sørums og 3 740 100 kr mer ekskludert mva. i Sola. Over livsløpet ble tilsvarende priser 4 783 kr/m<sup>2</sup> BRA og 4 339 kr/m<sup>2</sup> BRA. Grunnen til at det er dyrere å bygge nullhus i Sørums enn i Sola (7%) er solavskjermingen. Over livsløpet ble nullhustillegget 10% høyere i Sørums enn i Sola.

De eksisterende leilighetene i Sørums kan antas å ha en verdi på omtrent 28 000 kr/m<sup>2</sup>, tilsvarende 4 380 000 kr inkludert mva. for en bolig. For en boligkjøper som kjøper boligen nøkkelferdig i Sørums vil nullhustillegget endre salgsprisen til minst 4 940 400kr inkludert mva.. Disse prisene er uten utbyggers påslag. Dette utgjør en kostnadsøkning på 13%. Tilsvarende kan vi anta den samme verdien i Sola, og ny salgspris blir da 4 902 300 kr inkludert mva, (uten utbyggers påslag). Dette tilsvarer en økning i salgsprisen på 12%. I tillegg kommer prisen på klimavoter, som i kapittel 12.2.3 er anslått til kr 32 882,- for Sørums og kr 35 080,- for bygget i Sola.

Faktiske salgspriser vil avhenge av markedet og av påslaget til utbyggeren. Dette salgspisoverslaget viser likevel at det er vesentlige mer kostnader knyttet til å bygge et prosjekt som Trestakkveien som et nullhus.

### 12.3 KLIMASAMMENLIGNING

For å se på allmenngyldigheten til tiltakspakkene i oppgaven ble det valgt å simulere alle tiltakene i et klima som var svært annerledes enn det man har i Romeriksområdet. Sola ble valgt på grunn av store forskjeller i årsmiddelvindhastighet, -temperatur, -solfluks og dimensjonerende vintertemperatur. Klimadataene kan ses i kapittel 7.6.

Tabellene i kapittel 10.9 gir utgangspunktet for å studere tiltakenes bidrag i de to klimaene. Tabellverdiene angir netto energibehov og besparelse av kjøpt elektrisitet (i prosent). Utslagene blir små siden de energipostene som blir påvirket av tiltakene bare utgjør en liten del av netto energibehov. Det hadde vært tydeligere om tabellen hadde presentert varmetapstall og besparelse av årlig oppvarmingsbehov. Likevel kan man se at de tiltakene som begrenser varmetapet gir best effekt og økonomi i Sørumsund. Dette var forventet siden varmetapet er størst der. Det som ikke svarer til forventningene er resultatene ved endret lekkasjetall. Med mest vind i Sola, skulle tettheten der være svært viktig. Det viser seg likevel at tettheten er like viktig der klimaet er kaldere, selv om luften står mer stille. Simuleringsprogrammet Simien beregner energiforbruket etter NS3031:2007, og det viser seg at formelen for varmetransport på grunn av infiltrasjon ikke har noe inndata på årsmiddelhastighet for vind. I stedet har den skjermingsfaktor som inndata. Det kan derfor se ut som om Simien kun bruker årsmiddelhastighet for vind til eventuelle simuleringer av luftskifter ved vindusutlufting. Dette kan forklare hvorfor resultatene ikke ble mer ulike i de to klimaene.

Da tiltakspakkene ble satt sammen var det imidlertid noe lettere å merke klimaforskjellene. Tiltakspakken for Sola klarte å nå passivhuskriteriene med mindre isolasjon i tak og gulv og med et høyere lekkasjetall enn hva som var tilfellet for Sørumsund.

### 12.4 SALGSAREAL

Som eiendomsutvikler bygger Block Watne ut sine egne områder, og på mange tomter er reguleringen som angir maksimalt bebygd areal (BYA) en begrensning for boligutbyggeren. Prosjektet i Trestakkveien er bortimot maksimalt utnyttet, men tiltakene i denne oppgaven har ikke tatt hensyn til verken tapt salgsareal eller overstigning av maksimalt tillatt bebygd areal. Tiltakene som gjelder vegger er tenkt "å



bli bygd utover”, slik at bruksarealet er ivaretatt selv om veggen er tykkere. Dette er selvfølgelig ikke en reell mulighet når for eksempel BYA er maksimalt utnyttet eller avstanden til annen bebyggelse er kritisk.

Merkostnaden av å måtte ha tykkere vegger er altså ikke nødvendigvis kun kostnadene knyttet til materialer og arbeid, men kan avhenge av tapt salgbart areal. Tabell 66 viser endring i BRA avhengig av hvilken yttervegg som bygges, type leilighetsskille og om man bygger et felles teknisk rom. Forutsetningen er at BYA er maksimalt utnyttet.

Ytterveggene bygges da ”innover” og arealet som brukes til felles tekniske rom må tas av BRA som ellers kunne blitt solgt. Om lag halvparten av underetasjen har yttervegg i betong, så dette gjelder kun yttervegg som bygges med bindingsverk. Hvis man har et felles teknisk rom kan man i de fleste systemer erstatte alle leilighetenes separate varmtvannsberedere med en felles som plasseres i det tekniske rommet. Da frigjør man altså plass i leilighetene, så tapt bruksareal kan ses i sammenheng med vunnet areal knyttet til dette.

**TABELL 66: ENDRING I BRUKSAREAL (BRA) ETTER ENDRING AV VEGGTYKKELSE OG FELLES TEKNISK ROM I TRESTAKKVEIEN**

	Dagens leilighetsskille 408 mm		200 mm betongvegger som leilighetsskille - tiltak 10.4.2 - I	
	Hele bygget (1092 m <sup>2</sup> )	Per leilighet (156 m <sup>2</sup> )	Hele bygget (1092 m <sup>2</sup> )	Per leilighet (156 m <sup>2</sup> )
<b>Yttervegg 200 mm (som i dag)</b>	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>	+ 28,3 m <sup>2</sup>	+ 4,0 m <sup>2</sup>
<b>Yttervegg 250 mm</b>	- 15,2 m <sup>2</sup>	- 2,2 m <sup>2</sup>	+13,1 m <sup>2</sup>	+1,9 m <sup>2</sup>
<b>Yttervegg 300 mm</b>	- 30,4 m <sup>2</sup>	- 4,3 m <sup>2</sup>	- 2,1 m <sup>2</sup>	- 0,3 m <sup>2</sup>
<b>Yttervegg 300 mm + 5 m<sup>2</sup> felles teknisk rom (som tiltakspakker)</b>	- 35,4 m <sup>2</sup>	- 5,1 m <sup>2</sup>	- 7,1 m <sup>2</sup>	- 1,0 m <sup>2</sup>
<b>Yttervegg 350 mm</b>	- 45,6 m <sup>2</sup>	- 6,5 m <sup>2</sup>	- 17,3 m <sup>2</sup>	- 2,5 m <sup>2</sup>

Det er altså svært utslagsgivende for utbygger om man må bygge tykkere vegger hvis det bebygde arealet er maksimalt utnyttet. Med en salgspris på om lag kr 28 000,- per kvadratmeter er det mye penger å spare. Hvert prosjekt må vurderes etter situasjonen. Er BYA maksimalt utnyttet kan det være svært lønnsomt å bygge med enklere geometri, slik at ytterveggen kan være enklest mulig. Samtidig kan man om mulig velge energiforsyningssystem som ikke forutsetter et felles teknisk rom. Leilighetsskille i betong gir mye tilleggsareal og bør vurderes når tykkere bindingsverksvegger må til. Er ikke bebygd areal et relevant tema kan man bygge med mer komplisert geometri og stå friere til å velge løsninger med teknisk rom.

## 12.5 FEILKILDER

### 12.5.1 GEOMETRI

Under gjennomgangen av aktuelle veggtyper til de ulike tiltakene er det forutsatt at statikken blir lik som på det opprinnelige bygget, som har 48 mm stenderverk og mye bærende trevirke i veggene. Geometrien på østveggen drar opp treandelen mye i forhold til om veggen hadde vært rett. Derfor får veggene også en dårligere U-verdi. Det er derfor trolig at en annen bæring, som limtresøyler i hjørnene, hadde vært å foretrekke i overgangen til passiv- eller nullhus. Da en eventuell ny statisk kontroll krever mye arbeid, som hadde gått på bekostning av andre deler av oppgaven, er dette ikke gjort. Det blir likevel kommentert her, da dette er et mulig avvik fra den mest optimale måten å bygge passiv- og nullhusene på.

### 12.5.2 FORENKLINGER

Denne oppgaven har omfattet et stort tema, og arbeidet har derfor blitt spisset inn mot de største utfordringene knyttet til problemstillingen. Dette gjelder særlig energiforsyning/produksjon, økonomi og de største postene på varmetapsregnskapet (vegger og vinduer). Siden bygget er bygget i bindingsverk og ikke har store avbrudd av isolasjonssjiktet har arbeidet med kuldebroene vært nedprioritert. Det var ikke dette som ville avgjøre resultatet av oppgaven. Løsningen har vært å bruke kuldebroverdier fra SINTEF Byggforsk sitt atlas. De skriver selv at man oppnår en unøyaktighet på  $\pm 20\%$  i forhold til en tidkrevende, elementbasert beregningsmetode. På det opprinnelige prosjektet lå romoppvarmingen og ventilasjonsvarmen på 49% av totalt netto energibehov. Av varmetapet stod kuldebroene alene for 8 %. Forenklingen av kuldebroene gir da en usikkerhet på  $\pm 0,8\%$  av netto energibehov for det eksisterende bygget. For å ligge på sikker side med tiltakspakkene har oppgaven derfor ikke brukt normaliserte kuldebroverdier lavere enn  $0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

De andre forenklingene som er gjort i beregningen av energibruk og tiltakspakker er diskutert i neste kapittel om energisimuleringer i SIMIEN.

### 12.5.3 ENERGISIMULERING I SIMIEN

Valgene som tas gjennom arbeidet med simuleringstabellen kan påvirke resultatene. De største tilpasningene er beskrevet nedenfor. De er valgt etter beste evne for å gi et riktigst mulig bilde av energibruken til de planlagte byggene, eller for å redusere arbeidsmengden. Valgene er ikke gjort for å komme billigst ut eller påvirke resultatene i gunstig favør.

*-Oppbygging av en modell til hver boenhet, i stedet for en felles modell av hele bygget.* Dette valget ble gjort for å få muligheten til å se på resultatene til hver enkelt boenhet. Dette er den eneste måten å få frem forskjellen på sør-, nord- eller midtleilighetene. I tillegg førte det til at filene ble mindre og mer oversiktlige, slik at faren for å legge inn feil verdier ble redusert.

*-Kopiere resultatene fra en gjennomsnittlig midt-leilighet til fem like leiligheter.* For å kunne regne nøyaktig, men tidsoptimalt på kompleks geometri og detaljer, har én av de midtre leilighetene blitt simulert. Resultatet av den er ganget opp i resultatfremstillingen. Da ytterveggarealet varierte noe på de fem midtre leilighetene, ble den med nest mest ytterveggareal valgt.

*-Balansert ventilasjon mellom rom ble til balansert ventilasjon i alle rom.* Simuleringene gir et bra bilde på temperaturforskjeller og strømmer mellom soner, men gir feil verdier når Simien kjører energimerknings- og passivhusevalueringer [86]. Modellene har derfor fått balansert ventilasjon i alle rom, i stedet for tilluft i et rom og avtrekk i et annet. Dette gir et mer riktig bilde av energibruken i leilighetene og bygget, selv om det avviker fra den faktiske ventilasjonsutformingen.

*-Fordelingen mellom ulike energikilder er justert etter areal.* Dette gjelder for det opprinnelige bygget og passivhuspakkene. I de tilfellene der tiltakene kombinerer elektrisk gulvvarme på badene med fornybar romoppvarming i andre rom, må man veie dette etter areal. På grunn av dette blir det ikke et helt riktig bilde av den faktiske bruken eller av andelen fornybar energi. Dette er tatt høyde for ved at andelen fornybar energi i passivhuspakkene ligger godt over kravene i passivhusstandard.

*-På passivhus- og nullhuspakker ble det ikke simulert både nord- og sørleiligheter, slik det ble av det eksisterende bygget.* Siden vinduene mot nord og sør på endeleilighetene ble fjernet, var det ikke lenger så stor geometrisk forskjell på disse. Simien beregner heller ikke varmetilskudd gjennom solutsatte vegger på grunn av lav U-verdi. De beregnede forskjellene på de to endeleilighetene ble derfor svært små (under 1%). Av tidsmessige hensyn ble det derfor bare simulert én midtleilighet og én endeleilighet (mot nord).

#### 12.5.4 PRISER

For å vurdere kostnader i de ulike tiltakene som er beskrevet i kapittel 10 er det innhentet priser fra ulike aktører og bedrifter. I vedlegg H er det referert hvilken kilde som har gitt pris. De fleste av de passive tiltakene har Block Watne kalkulert, og derfor kan disse prisene betraktes som verdier med god relativitet. Noen av de forespurte

bedriftene tar ikke henvendelser fra studenter like høytidelig som andre. Derfor er det ikke sikkert alle tilbudene og estimatene som er mottatt er like gjennomarbeidet av den aktuelle tilbyderen. En bedrift kan når de høre at oppgaven skrives for en større boligutbygger, se sin sjanse til å markedsføre seg selv og derfor gi et tilbud som er meget lavt. Andre kan følge sine listepriiser. Det er derfor et validitetsspørsmål når det gjelder sammenligning av prisen på de ulike tiltakene. Der det har vært muligheter er det forsøkt å forespørre flere bedrifter om samme produkt, og ved å få flere priser til å sammenligne hadde sammenligningsgrunnlaget tiltakene i mellom hvert enda bedre.

Noen av tilbyderne har gitt priser inkludert montering, mens andre ikke kan oppgi hva dette er. I de tilfellene er dette estimert etter skjønn, og i mange av tiltakene er det anslått en monteringspris på 10% av investering knyttet til det materielle. Hadde alle tiltakene inkludert montering kunne sammenligningsgrunnlaget vært styrket. I slike studier er det verdifulle med mest mulig sammenlignbare forutsetninger og å innhente priser fra flere foretak.

#### 12.5.5 ØKONOMI

I beregningene av fremtidige investeringer er det brukt nåverdiberegninger for å diskontere en fremtidig investering til et beløp som kan la seg sammenligne i nåtid. I disse beregningene er det brukt en kalkulasjonsrente på 4%. Denne verdien er valgt på grunnlag av hva Norsk Teknologi bruker i sin TEK-kalkulator, som tidligere er omtalt i kapittel 5.2. Hvilken verdi som brukes i slike sammenhenger avhenger av hvordan økonomien er og hvordan fremtidsprognosene for økonomien ser ut. Det er muligheter for at andre kalkulasjonsrenter er og vil bli gjeldende, men verdien som brukes i oppgaven er den best kvalifiserte antagelsen ut fra forutsetningene.

#### 12.5.6 KLIMAGASSBEREGNINGER

Beregningene gjort i klimagassregnskap.no danner grunnlaget for vurderingen om bygget etter nullhuspakkene er klimanøytrale. Det nettbaserte programmet har siden det ble påbegynt i 2007 stadig vært under utviklingen, og det brukes i stor grad i bransjen til å gjøre klimagassberegninger. Allikevel er det fremdeles mangler og forbedringsmuligheter i programmet. En av hovedpostene knyttet til begrepet "klimanøytralt bygg" er utslipp i rivningsprosessen. Denne modulen er som nevnt i kapittel 6.2.4 under utvikling, så utslipp fra rivning er i denne oppgaven basert på egne innhentede tall fra en rivningsentreprenør. Resultatene av disse viser at man får positiv effekt, klimanytte, av rivning av slike trehus. Om dette er riktige konklusjoner blir spennende å se når klimagassregnskap.no får sitt verktøy operativt. Det er

oppsiktsvekkende at man ved å rive et hus kan oppnå klimanøytralitet hvis man mangler noen CO<sub>2</sub>-ekvivalenter på å være klimanøytralt. Er man klima- og miljøvennlig hvis man river et hus og oppnår nullhusnivå på dette huset og deretter bygger et nytt hus på samme tomten?

I tillegg til usikkerheten rundt tall knyttet til rivning er det mangler i programmet også ved utslippsverdier fra enkelte materialer. Siden verdiene er ukjente, er det ikke medregnet utslipp fra disse materialene. Det skal presiseres at dette ikke gjelder de største komponentene, men i et bygg kan det være vesentlige mengder med innvendig panel eller sponplater som er to av bygningsdelene det ikke foreligger verdier for i programmet.

I beregningene inngår heller ikke utslipp fra tekniske anlegg. Dette er ikke et tilvalg i programmet, men i produksjon av komponenter til for eksempel ventilasjonsanlegg er det utslipp. Siden dette ikke inkluderes er det reelle utslippet fra materialer brukt i bygget høyere enn det som presenteres i oppgaven. De ulike tiltakene som oppgaven belyser har også ulike mengder utslipp som ikke inkluderes. Et solcellepanelanlegg som dekker hele byggets takflate har muligens større utslipp ved produksjon enn det tekkingsmaterialet som det erstatter har.

Klimagassregnskap.no er et godt verktøy som kan brukes til å gi innblikk i klimautslippene fra et bygg, og dette vil det i fremtiden bli enda større fokus på. Det er derfor viktig at dette verktøyet blir fullendt i langt større grad enn det er i dag. At et slikt verktøy er på plass er nødvendig for at Norge skal kunne strekke seg etter å bygge som nullhus.

## 12.6 PASSIVHUS – NS3700:2010 FULLKOMMEN?

Gjennom arbeidet med denne oppgaven har passivhusstandarden, NS 3700:2010, vært et verktøy for å vite at målet i oppgaven oppnås. Disse reglene har bare vært i bruk i underkant av to år, og det har derfor vært spennende å se hvordan standarden fungerer, siden det kan medfølge "barnesykdommer" når slike regelverk innføres i et nytt miljø og klima.

Kravet som er nedfelt i standardens kapittel 4.3, som angir høyeste tillatte netto energibehov til oppvarming, skapte noe forundring under simuleringene av passivhusene. Sørums og Sola kommune får på grunn av ulike årsmiddeltemperaturer ulike krav når formelen for oppvarmet BRA over 250 m<sup>2</sup> er benyttet. Verdiene blir henholdsvis 17,1 kWh/(m<sup>2</sup>år) og 15 kWh/(m<sup>2</sup>år), men det var langt mer utfordrende å

klare kravet i Sørumsdal. Selv om kravet altså er justert etter denne formelen og kravet i Sørumsdal er redusert må det altså flere isoleringstiltak i tillegg til lavere infiltrasjon til i Sørumsdal. Dette kan selvfølgelig begrunnes med at i et kaldere klima må det mer til for å bygge passivhus og forbruke mindre energi, men 2,1 gradene i differanse i årsmiddeltemperatur gjorde overraskende stort utslag. Ved bruk av formelen for mindre oppvarmet BRA enn 250 m<sup>2</sup> hadde alle leilighetene isolert sett, som vist i Tabell 30, klart kravet til energibehov til oppvarming. Grunnen til dette er at alle leilighetene kun har enten to eller tre yttervegger. Oppgavens observasjon og oppfølgende spørsmål i denne sammenheng er om ikke formelen knyttet til årsmiddeltemperatur reduserer kravet for lite i kalde klimaer som for eksempel Sørumsdal?

I TEK10 betraktes rekkehus som småhus, og i standarden gjelder kravene for begrepet boligbygning, som er definert som en bygning med én eller flere boliger. Dette tolkes slik at i et rekkehus er det hele bygget som skal tilfredsstille passivhuskravene gitt i NS 3700:2010. I enkelte tilfeller kan dette resultere i at en kjøper investerer i en hjørneleilighet i et passivhusprosjekt, men at vedkommendes leilighet isolert sett ikke har lavt nok oppvarmingsbehov eller godt nok infiltrasjonstall. Er dette en svakhet i reglene eller er det en følge man må ta når man kjøper en endeleilighet, som kanskje er mest avskjermet og har best beliggenhet?

I standardens kapittel 4.2 står det klart at mekanisk kjøling ikke er tillatt i passivhus. Under utarbeidelsen av passivhuspakkene dukket det opp store vanskeligheter med overoppheting i enkelte soner av bygget. Dette problemet kan i de fleste passivhusprosjekter føre til store tilleggsinvesteringer knyttet til solavskjermingstiltak. Selv om man kan lufte ved å åpne vinduene, er ikke dette alltid mulig eller tilstrekkelig. I tilfeller der luft-luft varmepumper er installert burde det kanskje vært muligheter for å bruke denne installasjonen til kjøling. Selv om ikke energien som brukes nødvendigvis er fornybar så vil kostnadene til dette i mange tilfeller være lavere enn investeringer til solavskjermingstiltak. Et solcellepanel ville kunnet forsyne et kjøleanlegg på sommeren, da solcellene er mest effektive. Mye av motbøren som passivhus møter er knyttet til overoppheting og for varme boliger i sommermånedene, og det hadde kanskje gagnet passivhusbegrepet og fjernet noen myter om temaet hvis enkelte mekaniske installasjoner kunne brukes til kjøling. Kanskje er varmere boliger prisen å betale for spare både miljøet og egne driftsutgifter? Bransjen må uansett finne løsninger slik at ikke negative virkninger som overoppheting forhindrer folk i å bygge passivhus.

## 12.7 NULLHUS – HVILKE KRAV?

Som skrevet i kapittel 3.4.1 er det stor begrepsforvirring når det gjelder nullhus og nullenergihus. Slik denne oppgaven definerer dette produserer et nullhus like mye energi som det forbruker i tillegg til å være klimanøytralt.

I tiltakspakkene som er foreslått til å oppnå nullhus ser man at det må anlegg som produserer elektrisitet til. Dette må til for å veie opp for den delen av energien som brukes som går til direkte elektrisitet, det vil si alle små apparater og installasjoner som bruker elektrisitet. Solenergien som er utnyttet i denne oppgavens tiltakspakker, er svært varierende etter hvor man befinner seg i landet. Spørsmålet man kan stille seg på grunnlag av dette er om slik elektrisitetsproduksjon er realistisk å få til i hele landet? I nordlige deler av landet er solinnstrålingen lav i store deler av året, og derfor vil ikke slike installasjoner være fornuftig å investere i. I enkelte deler av landet er vindkraft et alternativ, men dette er en ressurs som ikke er aktuell i de fleste områder i Norge. På forespørsel om større vindturbinanlegg for rekkehusbebyggelse gir teknisk leder i Getek, Helge Engebø, følgende svar: *"Løsningene kan ikke konkurrere på pris med kraft levert av Everket. Derfor har jeg ikke tenkt over problemstillingen"* [87]. Anlegg oppføres der nett er utilgjengelig og det investeres av idealistiske grunner, men utover dette er ikke vindkraft utbredt i privatmarkedet. Anlegg som produserer fornybar elektrisk energi er altså ikke gunstig eller er mulig overalt, så både ny teknologi og redusert forbruk av elektrisitet kan vise seg å være helt nødvendig for at nullhus kan bli en realitet over hele landet.

Få prosjekter vil ha nok areal til at solcellepaneler kan dekke både elektrisitetsforbruk og oppvarmingsforbruk. Derfor må andre anlegg som kan dekke oppvarmingsbehov tas i bruk. Oppgaven viser et solfangeranlegg kan med nøkterne investeringer dekke store deler av tappevannsbehovet i Trestakkveien. Bedriftene som har foreslått løsning presiserer at dette bygget ikke er spesielt egnet til solfangeranlegg på grunn av mangelen på sørvendt areal. Siden så lite areal er disponibelt og solcelleanlegg må til for å produsere elektrisitet kan man stille seg spørsmål om det er mulig å bygge nullhus i alle tilfeller? Vi vet at sørvendt areal er meget verdifullt, og dette betyr kanskje at slike rekkehus, som har lite ytterareal per m<sup>2</sup> BRA, er ekstra lite egnet til å bygge som nullhus?

Begrepet klimanøytralitet omhandler i følge definisjonen ikke utslipp knyttet beboernes transportvaner og følgelig ikke hvor bygget er plassert i forhold til annen bebyggelse og kollektivtrafikk. Hensikten med å innføre nullhusstandard i norsk byggekultur må jo

være å nedjustere totale utslipp og ha et fokus på miljøvennlighet. Derfor bør det jo tas i betraktning hvilke utslipp man slipper ut på grunn av beliggenhet også i det man forlater huset. Som vist i tabell 18 i kapittel 9.1.2 utgjør transport i driftsfasen i Trestakkveien om lag halvparten av alle utslipp i løpet av en 60 års periode. Er det da riktig å kalle seg en "nullhusbeboer" hvis man slipper ut store mengder knyttet til transport hvis man har bosatt seg i gressgrente strøk? Beregningsverktøyet klimagassregnskap.no inkluderer beregninger knyttet til dette, og dette brukes i planlegging av større kontorbygg ved å granske kollektivmuligheter og nærhet til de som skal bruke bygget.

Det virker som den politiske viljen er der, og dette omtales mer i kapittel 14.1. For at målsetningene skal defineres er det viktig at begrepet er entydig og alle aktører snakker om det samme.

## 12.8 MARKED FOR KJØPER ELLER UTBYGGER?

Denne oppgaven viser at det å bygge rekkehuset i Trestakkveien ikke krever for stor tilleggsinvestering for utbyggeren. Kostnaden må ses i sammenheng med hvilken pris markedet er villig til å gi for dette. I 2012 selger Block Watne sine første passivhus, så denne erfaringen vil hjelpe å avgjøre hvor stor kjøpegruppe og hvilken markedspris som gjelder for slike passivhus. De neste års utvikling i bygningspolitikken vil raskt påvirke om de som vil flytte inn i ny bolig velger passivhus. Blir dette standard fra 2015 vil nok passivhusbyggingen eksplodere i løpet av de neste årene, også før reglene trer i kraft. Siden tilleggsinvesteringen blir mindre jo større bygget er, vil nok mange kontorbygg og større boligbygninger bygges passive i fremtiden.

Nullhus, som de norske myndighetene ønsker å innføre som standard i løpet av neste tiår, er etter hva denne oppgaven erfarer vanskelig å innføre som normal boligstandard over hele landet. Siden energiproduksjonen krever areal, mye tilpasning og store investeringer virker det langt frem til at dette blir et stort marked for vanlige norske boliger. Boliger laget som nullhus er nok foreløpig forbeholdt idealister, og disse ønsker nok fortrinnsvis eneboliger.

Boligprisene er høye i Norge, og det er i 2012 stadig vekst og god kjøpekraft. Allikevel kan man spørre seg om de allerede høye prisene gjør at mange som ønsker å bygge eller kjøpe bolig ikke tar seg råd til å kjøpe energieffektive hus. Passivhus har kommet for å bli, og etterspørselen vil nok stige i løpet av kort tid som en følge av myndighetenes



målsetning. Merkostnaden for utbygger behøver ikke være altfor stor. Alle boliger som nullhus er et djervt mål, og markedet er nok begrenset.

## 12.9 HELSE OG BOMILJØ

Noe av kritikken passivhus har fått så langt dreier seg om det helsemessige aspektet ved å leve i slike boliger. Flere retter fokus mot hva byggfukt og for tette konstruksjoner kan føre til. Blir det fuktighet ved lekkasjer eller fra byggfukt kan dette føre til fuktskader, som igjen kan forårsake luftveisinfeksjoner, astma og allergier. Overlege i Arbeidstilsynet, Jan Vilhelm Bakke, uttalte i januar 2011 til Aftenposten at han mener myndighetene må være sikre på hvilke regler som innføres før man har dokumenterte resultat på at dette ikke er noe problem i passivhus. SINTEF Byggforsk mener imidlertid at prinsippene for passivhus er godt nok dokumenterte, og at man heller ikke kan regne med at alle problem er løst i tilknytning til passivhus [88]. Bakkes synspunkt blir støttet av administrerende direktør i Boligprodusentene, Per Jæger, som den 3.mai 2012 uttaler seg i Teknisk Ukeblad etter at regjeringens mål om krav til passivhus i 2015 er offentliggjort. Han mener kommune og stat må ta den offentlige risikoen knyttet til passivhus og påpeker at det ikke er gitt midler til hvordan passivhus virker på inneklimate [89].

World Health Organisation (WHO) la i 2011 frem helseeffekter fra klimatiltak. Dette bygget på FNs klimapanel sitt arbeide, og det ble blant annet funnet ut at hjertesykdom, slag og luftveissykdommer kan fremprovoseres av for mye mugg og fukt. Dette taler jo ikke for passivhusenes sak hvis det viser seg at passivhus har lettere for å bli angrepet av dette. Samtidig vil reduisering av eksponering av sterk kulde og varme være positivt for de samme plagene. Dette vil være bedre i et passivhus hvis man klarer å unngå overoppheting. God ventilasjon og stabil oppvarming vil også gi gunstig virkning, ifølge WHO [90].

Det er mange meninger om temaet, men lite dokumenterte resultater. Kanskje er det på tide med en bred undersøkelse av de passivhusene og lavenergiboligene som er bygget. Over fem år har gått siden det første passivhuset stod klart i Norge, og det er nå på tide at fremtidens løsninger blir allment godtatt og en veldokumentert vitenskap.

## 13 KONKLUSJON

Denne oppgavens målsetning var å presentere en alternativ løsning til rekkehuset i Trestakkeveien i Sørum, slik at bygget kunne tilfredsstilt passivhus- og nullhusstandard.

Tiltakspakkene som er foreslått til bruk i passivhus i Sørum og Sola oppfyller kravene gitt i NS 3700:2010 *Kriterier for passivhus og lavenergihus. Boligbygninger*. Mange tiltak er simulert, evaluert og presentert i kapittel 10. Det er på grunn av lavere årsmiddeltemperatur i Sørum brukt enkelte tiltak med lavere varmegjennomgangskoeffesient enn de som er valgt i Sola. Tiltakspakkene er valgt ut fra vurderinger knyttet til økonomi, realisme og energiøkonomisk virkning. Merkostnad i byggeåret vil for Block Watne være kr 828,- og kr 696,- pr m<sup>2</sup> BRA for hhv. Sørum og Sola. Dette utgjør for en leilighet på 156 m<sup>2</sup> ca. kr 129 000,- i Sørum og ca. kr 109 000 i Sola.

Tiltakspakkene som er foreslått til bruk i nullhus i Sørum og Sola oppfyller ikke kravene gitt i Enovas definisjon av nullhus. Byggene produserer all elektrisitet selv, men hovedoppvarmingskilden, en pelletskjel, må forsynes med biopellets. Tolkes definisjonen dithen at bioenergi kan regnes som produsert energi, er dette nullhus. Tiltakene er like i Sørum og Sola, med unntak av solavskjerming. Byggene blir ved kjøp av 374 og 399 klimakvoter klimanøytale for hhv. Sørum og Sola. Merkostnad i byggeåret vil for Block Watne være kr 3 669,- pr m<sup>2</sup> BRA i Sørum og kr 3 425,- pr m<sup>2</sup> BRA i Sola. Dette utgjør for en leilighet på 156 m<sup>2</sup> ca. kr 572 000,- i Sørum og ca. kr 534 000 i Sola.

Tiltakspakkene for passivhus og nullhus er vist i Tabell 65 i kapittel 11.5. Tiltakene er nærmere beskrevet i kapittel 10 og 11.

## 14 VIDERE ARBEID

### 14.1 POLITIKK FOR NULLENERGIHUS - ET REALISTISK MÅL I 2020?

Den 25.04.12 offentliggjorde regjeringen det de kaller en "offensiv klimamelding" [91]. I tillegg til tiltak som nytt klima- og energifond, økt CO<sub>2</sub>-avgift på sokkelen og satsning på kollektivtrafikk ble det lagt frem djerve mål knyttet til byggesektoren. Målet er å redusere energibruk i byggesektoren vesentlig innen 2020, og det står blant annet at: *"Energikravene i byggforskriften skal skjerpes til passivhusnivå i 2015 og nesten nullenerginivå i 2020"* [91]. Her er begrepet nullenerginivå brukt, og dette indikerer, hvis begrepet er bevisst valgt, at klimanøytralitet ikke er et absolutt mål.

Målene i klimameldingen er forventet å bli konkretisert i en stortingsmelding om bygningspolitikk før sommeren 2012, og da vil det forhåpentligvis gå klarere frem hva som menes med "nesten nullenerginivå". Skal nullenerginivå nås må det produseres like mye energi som det forbrukes, og det er i tillegg et spørsmål om denne energien kan produseres i form av bioenergi. At alle boliger skal kunne produsere nok fornybar energi til både direkte elektrisitet og oppvarming er etter hva denne oppgaven erfarer et urealistisk mål. Hvis oppvarmingsbehovet kan dekkes av bioenergi, slik det er i nullhuspakkene i denne oppgaven, er dette mulig i langt større grad, til og med i nordlige deler av landet. I disse tilfellene er all energi fornybar, og det produseres mer elektrisitet enn det som blir forbrukt. Kan ikke denne definisjonen kalles et nullhus? Begrepene og forutsetningene må være konsise, og vi trenger politikere som vet hva kravene de setter betyr. Først da kan myndighetene komme med denne modige bygningspolitikken.

På byggenæringens bransjedag, Byggedagene, den 21.mars 2012, holdt kommunal- og regionalminister, Liv Signe Navarsete, et innlegg der miljøløft i byggesektoren var det viktigste temaet. Hun sa blant annet: *"De som bygger passiv- og plusshus spiller på lag med fremtiden og de tenker at fremtidige leietagere og kjøpere vil etterspørre miljøvennlige energiløsninger"* [92]. Politikerne er opptatt av temaet, og jamfør forrige avsnitt vil det i fremtiden fremlegges flere nye tekniske krav og endringer av forskriftene. Er det riktig at politikere, som ofte ikke har bakgrunn i næringen, skal endre forskrifter før næringen har bevist at det er mulig? Kanskje må byggebransjen gå foran og løse myndigheter gjennom alternativene fremfor at bransjen må slite og omgå mål som allerede er vedtatt?

På de allerede nevnte Byggedagene fortalte administrerende direktør i Entra Eiendom, Kyrre Olav Johansen, om deres arbeid i byggingen av "powerhouse" sammen med Snøhetta. Han mente at teknologien finnes for å skape nullhus og plusshus i større bygg. For at teknologien skal komme til sin rett må *"form følge miljø, og ikke det tradisjonelle at form følger funksjon"* [93]. Dette er et viktig prinsipp som myndigheter så vel som utbyggere og arkitekter må ta til seg.

## 14.2 ENERGILEVERING I FREMTIDEN

I Norge er det som nevnt i kapittel 3.7 mulig for små produsenter å levere strøm til lavspenningsnettet. Allikevel er det ikke lett å gjøre store penger ved å produsere og levere strøm til nett i perioder der man overproduserer. Nettselskapene får kjøpt denne elektrisiteten til spotpris, og når man kjøper tilbake strøm er det for markedspris.

I Danmark er det, som tidligere nevnt, innført en ny lov som gir eiere av vindmøller store fordeler. Denne nettoavregningsordningen gjør at man i vindstille perioder får kjøpt tilbake strøm for samme pris som man solgte den for. Mange hundre dansker sto i februar 2012 i kø for etablere egen strømproduksjon [21].

Bygningspolitikken strekker seg etter å oppnå nullhus i boliger innen 2020. For at en husbygger skal kunne vurdere investering i energiproduserende tiltak må tilsvarende ordning som i Danmark også på plass i Norge. Skal politikere vedta målsetninger som påtvinger utbyggere og kjøpere store investeringer, må det tilrettelegges for dette. Skal Norge bygge nullhus så er det kanskje ikke nok at mulighetene er tilstede, men det må i stor grad oppfordres til og gis støtteordninger til produksjon og levering av egenprodusert elektrisitet.

## 15 REFERANSER

1. Standard.no. *Energi- og miljøpolitikken*. 2012 26.04.12]; Available from: <http://www.standard.no/no/Nyheter-og-produkter/Nyhetsarkiv/Elektro/Hoyspenning/Energi--og-miljopolitikken/>.
2. Passivhaus Institut. *Passive House Buildings*. 2012 26.04.12]; Available from: <http://www.passivhausprojekte.de/projekte.php?lang=en&detail=1060>.
3. Watne, B. *En ledende boligbygger*. 2012 26.04.12]; Available from: <http://www.blockwatne.no/Om-Block-Watne/En-ledende-boligbygger>.
4. Direktoratet for byggkvalitet DiBK, *TEK10 §1-1*, 2010.
5. Direktoratet for byggkvalitet DiBK, *TEK10 §2-2*, 2010.
6. Direktoratet for byggkvalitet DiBK, *Veiledning om tekniske krav til byggverk*. 2011: p. 299.
7. Standard Norge, *Beregning av bygningers energiytelse: metode og data2007*, Lysaker: Standard Norge. 69 bl.
8. Direktoratet for byggkvalitet DiBK, *TEK10 §14-7*, 2010.
9. Husbanken. *Hva er et passivhus?* 2011 25.01.11]; Available from: [http://www.husbanken.no/miljo-energi/hva\\_er\\_et\\_passivhus](http://www.husbanken.no/miljo-energi/hva_er_et_passivhus).
10. Standard Norge, *NS 3700: Kriterier for passivhus og lavenergihus: boligbygginger2010*, Lysaker: Standard Norge. 12 s.
11. Devon, F., *Norges første nullhus*. Teknisk Ukeblad, 2012: p. 95.
12. Enova. *Dagens standard og fremtidens boliger*. 2012 25.04.12]; Available from: <http://www.enova.no/radgivning/privat/rad-for-din-bolig/fremtidens-bolig/nullhus-plusshus-og-passivhus/174/0>.
13. Kalbakken, S. *Hvem er klimanøytral?* 2008 24.01.12]; Available from: <http://www.cicero.uio.no/sporsmal/detail.aspx?faqid=170>.
14. Regjeringen - Framtidens byer. *Bygningsenergidirektivet*. 2012 25.04.12]; Available from: <http://www.regjeringen.no/nb/sub/framtidsbyer/Fagstoff-og-regelverk/Fagstoff-og-regelverk---Energi-i-bygg/-2/lover-og-forskrifter/bygningsenergidirektivet-.html?id=548183>.
15. Klima- og forurensningsdirektoratet. *Slik fungerer kvotesystemet*. 2012 09.02.12]; Available from: <http://co2.klif.no/en/-HOVEDMENY-/Om-Kvotesystemet/>.
16. NVE Energimerking.no. *Om energimerkeordningen*. 2012 25.01.12]; Available from: <http://www.energimerking.no/no/Energimerking-Bygg/Om-energimerkesystemet-og-regelverket/>.
17. Passivhaus Institut. 2012; Available from: <http://passiv.de/>.
18. Siste.no. *Passivhus tar av*. 2012 25.04.12]; Available from: <http://www.siste.no/boligmagasinet/article5450061.ece>.
19. Passivhuscentrum. *svensk kravspecifikation for passivhus*. 2012 25.04.12]; Available from: [http://www.passivhuscentrum.se/sites/default/files/svensk\\_kravspecifikation\\_for\\_passivhus.pdf](http://www.passivhuscentrum.se/sites/default/files/svensk_kravspecifikation_for_passivhus.pdf).
20. Zero - Kaja Nordby, *Plusshus*. 2009: p. 52.
21. Teknisk Ukeblad. *Får strømmåleren til å gå baklengs*. 2012 08.03.12]; Available from: <http://www.tu.no/energi/article297604.ece>.
22. NVE Norges vassdrags- og energidirektorat. *Nettleie forbrukskunder*. 2012 04.05.12]; Available from: <http://www.nve.no/no/Kraftmarked/Nettleie/Om-nettleie-/>.
23. Asle Selfors, *Konsesjon til levering av strøm*, 2012, E-post.
24. Espedal, K.J., *Bygningsfysikk2010*, Lillestrøm: Byggenæringens Forlag AS. 222.
25. SINTEF Byggforsk, *Kuldebroer – Beregning, kulde- broverdier og innvirkning på energibruk, Prosjektrapport 25*. 2008: p. 93.

26. SINTEF Byggforsk, *Byggdetalj 571.954: Isolerruter; Lys- og varmetekniske egenskaper*. Byggforskserien2001: SINTEF Byggforsk.
27. SINTEF Byggforsk, *Byggdetalj 421.625: Dagslysinfall og sparepotensial for belysningsenergi*. Byggforskserien2004: SINTEF Byggforsk.
28. Matusiak, B., *Lighting systems in smart energy efficient buildings: a state-of-the-art*. SINTEF rapport. Vol. STF22 A04504. 2004, Trondheim: SINTEF. 26 s.
29. SINTEF Byggforsk, *Byggdetalj 222.220: Brukerkrav; planlegging av boliger med lavt energibehov*. Byggforskserien1999: SINTEF Byggforsk.
30. SINTEF Byggforsk, *Byggdetalj 552.103: Oppvarming av boliger Energiforbruk og kostnader*. Byggforskserien1990: SINTEF Byggforsk.
31. NVE Norges vassdrags- og energidirektorat. *Sluttbrukermarkedet*. 2012 02.02.12]; Available from: <http://www.nve.no/no/Kraftmarked/Sluttbrukermarkedet/Varedeklarasjon1/Varedeklarasjon-2010/>.
32. Store Norske Leksikon, *Varmepumpe*. 13.03.12.
33. SINTEF Byggforsk, *552.403 Varmepumper i bygninger Funksjonsbeskrivelse*. 2009: p. 8.
34. Ramstad, R.K. *Grunnvarme i Norge - Kartlegging av økonomisk potensial*. Asplan Viak på oppdrag for Norges vassdrags- og energidirektorat, 2011.
35. Novema, *Varmepumpe brukt mot energibrønn (Hentet fra novemakulde.no)*. 02.03.12: p. 9.
36. Store Norske Leksikon, *Bioenergi (av Knut A. Rosvold)*. 2012.
37. SINTEF Byggforsk, *Byggdetalj 421.625: Energibesparende tiltak i boliger*. Byggforskserien2004: SINTEF Byggforsk.
38. Boligenøk. *HELHETLIG REHABILITERING - SLIK GÅR DU FREM*. 2012 10.02.12]; Available from: [boligenok.no/pyramide/velg-varmekilde/bioenergi](http://boligenok.no/pyramide/velg-varmekilde/bioenergi).
39. Mandelid, G. *Biomasse*. 2003 [cited 2012 3.03.2012]; Artikkel om ulike typer biomasse og bruken av de i Norge]. Available from: <http://www.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=493>.
40. Store Norske Leksikon. *Fossilt brensel*. 2012 13.03.12; Available from: <http://www.snl.no>.
41. SINTEF Byggforsk, *552.455 Væskebaserte solfangere Funksjon og energiutbytte*. 2011: p. 8.
42. NVE og Enova, *Fornybar energi 2007*. 2007: p. 182.
43. Mandelid, G. *Produksjon av elektrisitet fra sol*. 2003 28.02.2012]; Artikkel produsert for Enova]. Available from: <http://www.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=526>.
44. Store Norske Leksikon. *Solcelle*. 2012 13.03.12; Available from: <http://www.snl.no>.
45. NVE, E.o. *Solceller*. 2012 05.05.12]; Available from: <http://fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1670>.
46. KanEnergi og SINTEF *Mulighetsstudie solenergi i Norge*. 2011. 77.
47. Getek AS. *Getek - vindgenerator*. 2012 15.02.12]; Available from: <http://www.getek.no/vindgenerator.html>.
48. Bellona. *Inn med badevannet*. 2012 15.02.12]; Available from: <http://101-solutions.org/norwegian/bygg-for-fremtiden/inn-med-badevannet.html>.
49. Husbanken. *Husby Amfi*. 2011 15.02.12]; Available from: <http://www.husbanken.no/forbildeprosjekter/prosjekt/?id=85429>.
50. Norsk Varehandel. *Miljødusj*. 2012 27.03.12]; Available from: <http://www.miljodusj.no/nor>.
51. SINTEF Byggforsk, *Byggdetalj 552.335 Prosjektering av energieffektive ventilasjonsanlegg*. Byggforskserien2000: SINTEF Byggforsk.
52. SINTEF Byggforsk, *Byggdetalj 552.340 Varmegjenvinnere i ventilasjonsanlegg*. Byggforskserien2002: SINTEF Byggforsk.

53. Flexit. *Passivhus*. [Telefon med Sven Erik Solbrekke] 2012 10.04.12 03.03.12]; Available from: <http://www.flexit.no/Passivhus/Passivhus/%5D>.
54. Powerclean. *Ventilasjonsanlegg og manglende vedlikehold*. 2012 26.01.12]; Norsk bedrift som er spesialist på rensing av vent.anlegg]. Available from: <http://www.powerclean.no/content/pages/news/showpage.asp?pid=69>.
55. Enova. *Ventilasjon*. 2012 26.01.12]; Available from: <http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3183>.
56. Byggforsk, S., *Byggdetalj 222.220: Brukerkrav; planlegging av boliger med lavt energibehov*. Byggforskserien1999: SINTEF Byggforsk.
57. Hoff, K.G., *Bedriftens økonomi*. 6.utgave ed2005: Universitetsforlaget. 544.
58. Oddbjørn Sjøvold, G.F., *Økonomi knyttet til bygging og drifting av passivhus*, 2010. p. 85.
59. Norsk Teknologi. *Tek-kalkulator*. 2012 01.03.12]; Available from: <http://kalkulatorer.norskteknologi.no/tekkalk/>.
60. Lavenergiprogrammet. *Støtteordninger*. 2012 05.05.12]; Available from: <http://lavenergiprogrammet.no/stoetteordninger/category144.html>.
61. Enova. *Tilskuddsordningen for husholdninger*. 2012 01.03.12]; Available from: <https://tilskudd2006.enova.no/default.aspx>.
62. Altinn. *Søknad om konsesjon for omsetning av elektrisk kraft*. 2012 02.03.12]; Available from: <https://http://www.altinn.no/no/Forms-and-services/Etater/Norges-vassdrags--og-energidirektorat-NVE/Soknad-om-omsetningskonsesjon/-S5>.
63. Nordic Energy. 2012 02.03.12]; Available from: <http://www.nordicenergy.net/section.cfm?id=1-0&path=19,130>.
64. Olje- og energidepartementet. *Lov om elsertifikater på høring*. 2010 08.03.12]; Available from: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/aktuelt/nyheter/2010/lov-om-elsertifikater-pa-horing.html?id=627393>.
65. Nationen. *Historiens første grønne sertifikat utdelt*. 2012 08.03.12]; Available from: [http://www.nationen.no/2012/02/08/naring/statnett/kraftverk/energi/fornybar\\_energi/7240390/](http://www.nationen.no/2012/02/08/naring/statnett/kraftverk/energi/fornybar_energi/7240390/).
66. Programbyggerne. *Programbyggerne*. 2012 05.05.12]; Available from: <http://programbyggerne.no/>.
67. klimagassregnskap.no. *Beregningsverktøy for klimagassutslipp fra byggeprosjekter*. 2012 01.02.12]; Available from: <http://www.klimagassregnskap.no/versjon3/portal16/>.
68. Velux. *About Velux Visualizer 2*. 2012 24.04.12]; Available from: [http://viz.velux.com/daylight\\_visualizer/about](http://viz.velux.com/daylight_visualizer/about).
69. Meteorologisk-intstitutt. *Hvor vanlig er dette været?* 2012 [cited 2012 15.02.2012]; Værtabeller for gjennomsnittlig antal dager med ulike værtyper i perioden 1971-2000. Inneholder temperatur, nedbør, vind og snødybder.]. Available from: [http://met.no/Klima/Klimastatistikk/Vanlig\\_var/](http://met.no/Klima/Klimastatistikk/Vanlig_var/).
70. Eliassen, T., *Klimautslipp fra riveprosess*, 2012, Norsk Gjenvinning Entreprenør.
71. Veolia Miljø, *Miljørapport, Miljøsanering og riving av tre bygninger ved Tangenåsen skole*, 2010. p. 9.
72. Unikus/Nordbhus, *Passiv typehus*. 2008: p. 29.
73. Elhandel.no. *Elhandel.no*. 2012; Available from: <http://www.elhandel.no>.
74. AS, W. *wimpel.no*. 2012; Available from: <http://www.wimpel.no>.
75. Quadra-Fire, *Brukerhåndbok Edge602009*, 04.05.09: Quadra-Fire.
76. Limi, K., *Pelletsovn data - e-post til Torbjørn H. Løve*, 12.03.2012.
77. Grønn Varme. *Priser for boligoppvarming*. 2008 07.03.12]; Available from: <http://www.gronnvarme.no/fast/priser.html>.

78. Jøtul. *Vedkalkulator*. 2012 07.03.12]; Available from: <http://www.jotul.com/no/wwwjotulno/Verktoy-og-tjenester/Vedkalkulator/>.
79. Janfire. *Pellets heating - so easy*. 2012 05.05.12]; Available from: <http://www.janfire.com/eng/index.htm>.
80. Getek AS. *Getek - lang erfaring*. 2012 26.03.12]; Available from: [http://www.getek.no/om\\_getek.html](http://www.getek.no/om_getek.html).
81. Heide, V., *Passiv gjenvinning av vrme fra avløpsvann*, 2010. p. 19.
82. Engholm, A., *Priser og info på varmepumper til Block Watne - e-post til Torbjørn H. Løve*, 19.03.2012, EcoConsult.
83. Block Watne. *Passivhus Figgjo*. 2012 22.03.12]; Available from: <http://www.blockwatne.no/bw/Media/Images/Passivhus-Figgjo>.
84. Norsol. *Norsol - Riktig solskjerming*. 2012 22.03.12]; Available from: <http://www.norsol.no>.
85. Flexit, *Telefon med Sven Erik Solbrekke*, 2012.
86. Kjell Arild Dokka, *Telefonsamtale med utvikleren av Simien*. 18.04.12.
87. Engebø, H., *Prisoverslag på vindgenerator*, 2012.
88. Sjøberg, J., *Varsler om helserisiko med passivhus*. Aftenposten, 19.01.11.
89. Teknisk Ukeblad, *Passivhus i 2015 splitter næringen - artikkel 03.05.12*. 2012.
90. Grindahl, S. *Riktig valg av tiltak mot klimaendringer kan også fremme helse!* 02.05.12]; Available from: <http://www.vvsforum.no/artikkel/5087/riktig-valg-av-tiltak-mot-klimaendringer-kan-ogsaa-fremme-helse-.html>.
91. Statsministerens kontor. *Pressemelding, Nr.: 53/2012*. 03.05.12]; Available from: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/smk/pressesteder/pressemeldinger/2012/offensiv-klimamelding.html?id=679419>.
92. Navarsete, L.S., *Foredrag om bygningspolitikk*, Byggedagene.
93. Johansen, K.O., *Entra Eiendom*, Byggedagene.



## 16 TRYKT VEDLEGGSLISTE

- A Inndata til energisimuleringer
- B Resultater av energisimuleringer av Trestakkveien
- C Inndata til klimagassberegninger
- D Beregning av rivningsutslipp
- E Resultat av klimagassberegninger
- F Beregning av U-verdier
- G Beregning av treandel
- H Tiltakenes priser og referanser
- I Sammenstilling av vinduspakker
- J Beregning av normalisert kuldebroverdi
- K Fyringskostnader biobrensel
- L Beregninger av varmpumper
- M Dagslyssimuleringer
- N Forutsetninger og kommentarer, energiltak
- O Tegninger

## 17 ELEKTRONISK VEDLEGGSLISTE

- |   |  |            |
|---|--|------------|
| P | Simuleringer og resultater av eksisterende bygg          | .smi, .pdf |
| Q | Simuleringer av enkelttiltak                             | .smi       |
| R | Resultatfiler av enkelttiltak i Sørumsund                | .pdf       |
| S | Resultatfiler av enkelttiltak i Sola                     | .pdf       |
| T | Sammenstilling av enkelttiltakenes effekt og priser      | .xlsx      |
| U | Simuleringsfiler og resultater, passivhuspakke Sørumsund | .smi, .pdf |
| V | Simuleringsfiler og resultater, passivhuspakke Sola      | .smi, .pdf |
| W | Simuleringsfiler og resultater, nullhuspakke Sørumsund   | .smi, .pdf |
| X | Simuleringsfiler og resultater, nullhuspakke Sola        | .smi, .pdf |
| Y | Sammenstilling av tiltakspakkenes resultater             | .xlsx      |
| Z | Beregninger av U-verdier og normalisert kuldebroverdi    | .xlsx      |

### PROGRAMVARE NØDVENDIG FOR Å LESE VEDLEGGENE:

- |                            |       |
|----------------------------|-------|
| Programvarebyggerne Simien | .smi  |
| Adobe Acrobat Reader       | .pdf  |
| Microsoft Excel            | .xlsx |



## VEDLEGG A – INNDATA TIL ENERGISIMULERINGENE

## INNDATA TIL TEK07 SIMULERINGER AV TRESTAKKVEIEN

Dokumentasjon av sentrale inndata	Leilighet 1	Leilighet 2-6	Leilighet 7	Hele bygget
Beskrivelse	Verdi	Verdi	Verdi	Total verdi
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ):	143	95	137	755
Areal tak [m <sup>2</sup> ):	52	52	52	364
Areal gulv [m <sup>2</sup> ):	47	44	47	314
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ):	31	28	32	203,0
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ):	156	156	156	1092,0
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ):	354	354	354	2478,0
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,2	0,2	0,20	0,20
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,1	0,1	0,10	0,10
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	0,11	0,13	0,12
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	1,16	1,16	1,16	1,16
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	19,8	18,3	20,90	18,89
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,05	0,05	0,05	0,05
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	45	48	51	48,0
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,9	1,9	1,9	1,9
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	83	83	83	83,0
Virkningsgrad, justert for frostsikring	83	83	83	83,0
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,35	1,35	1,35	1,4
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,4	1,4	1,4	1,4
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,4	1,4	1,4	1,4
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,89	0,9	0,89	0,9
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ):	135	135	135	135,0
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	20,3	20,3	20,3
Systemeffektfaktor kjøling:	2,5	0,1	2,5	0,8
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0	0	0	0,0
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ):	0	0	0	0,0
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0	0	0	0,0
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0	0	0	0,0
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0	0	0	0,0
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0	0	0	0,0
Driftstid oppvarming (timer)	16	16	16	16,0
Driftstid kjøling (timer)	0	0	0	0,0
Driftstid ventilasjon (timer)	24	24	24	24,0
Driftstid belysning (timer)	16	16	16	16,0
Driftstid utstyr (timer)	16	16	16	16,0
Oppholdstid personer (timer)	24	24	24	24,0
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	1,95	1,95	2,0
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	1,95	1,95	2,0
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	3	3	3	3,0
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,8	1,8	1,8	1,8
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	3,4	3,4	3,4	3,4
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0	0	0	0,0
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,5	1,5	1,5	1,5
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,45	0,45	0,45	0,5
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,18	0,19	0,18	0,2
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	0,60	0,56	0,58	0,6

## Inndata klima

Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Gardermoen
Breddegrad	60° 13'
Lengdegrad	11° 3'
Tidssone	GMT 1
Årsmiddeltemperatur	5,3 °C
Midlere solstråling horisontal flate	106 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	2,8 m/s

## INNDATA TIL PASSIVHUSSIMULERINGER, SØRUM

Dokumentasjon av sentrale inndata	Leilighet 1	Leilighet 2-6	Hele bygget
Beskrivelse	Verdi	Verdi	Total verdi
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	147	97	779
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	52	52	364
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	47	44	314
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	27	27	189
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	156	156	1092
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	354	354	2478
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	0,12	0,12
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,07	0,07	0,07
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,1	0,1	0,10
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,79	0,79	0,79
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	17,3	17,3	17,30
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,02	0,02	0,02
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	45	49	47,86
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,5	0,5	0,5
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	89	89	89
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	89	89	89
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,3	1,3	1,3
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,2	1,2	1,2
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,2	1,2	1,2
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	2,29	2,36	2,34
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	60	60	60,00
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	20,3	20,30
Systemeffektfaktor kjøling:	2,5	0,1	0,79
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0	0	0,00
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	0	0,00
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0	0	0,00
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0	0	0,00
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0	0	0,00
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0	0	0,00
Driftstid oppvarming (timer)	16	16	16,00
Driftstid kjøling (timer)	0	0	0,00
Driftstid ventilasjon (timer)	24	24	24,00
Driftstid belysning (timer)	16	16	16,00
Driftstid utstyr (timer)	16	16	16,00
Oppholdstid personer (timer)	24	24	24,00
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	1,95	1,95
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	1,95	1,95
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	3	3	3,00
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,8	1,8	1,80
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	3,4	3,4	3,40
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0	0	0,00
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,5	1,5	1,50
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,14	0,15	0,15
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,19	0,19	0,19
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	0,57	0,57	0,57

## INNDATA TIL PASSIVHUSSIMULERINGER, SOLA

Dokumentasjon av sentrale inndata	Endeleilighet	Midleilighet	Hele bygget
Beskrivelse	Verdi	Verdi	Total verdi
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	170	97	825
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	52	52	364
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	47	44	314
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	27	27	189
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	156	156	1092
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	359	359	2513
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	0,12	0,12
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,08	0,08	0,08
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	0,12	0,12
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,79	0,79	0,79
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	17,3	17,3	17,30
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,02	0,02	0,02
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	46	49	48,14
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,6	0,6	0,6
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	89	89	89
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	89	89	89
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,3	1,3	1,3
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,2	1,2	1,2
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,2	1,2	1,2
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	3,25	2,13	2,45
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	60	60	60,00
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	20,3	20,30
Systemeffektfaktor kjøling:	2,5	0,1	0,79
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0	22	15,71
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	0	0,00
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0	0	0,00
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0	0	0,00
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0	0	0,00
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0	0	0,00
Driftstid oppvarming (timer)	16	16	16,00
Driftstid kjøling (timer)	0	0	0,00
Driftstid ventilasjon (timer)	24	24	24,00
Driftstid belysning (timer)	16	16	16,00
Driftstid utstyr (timer)	16	16	16,00
Oppholdstid personer (timer)	24	24	24,00
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	1,95	1,95
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	1,95	1,95
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	3	3	3,00
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,8	1,8	1,80
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	3,4	3,4	3,40
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0	0	0,00
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,5	1,5	1,50
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,32	0,32	0,32
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,19	0,19	0,19
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	0,5	0,48	0,49

## INNDATA TIL NULLHUSBREGNINGER, SØRUM

<b>Dokumentasjon av sentrale inndata</b>	<b>Leilighet 1 og 7</b>	<b>Leilighet 2-6</b>	<b>Hele bygget</b>
Beskrivelse	Verdi	Verdi	Total verdi
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ):	149	99	793
Areal tak [m <sup>2</sup> ):	52	52	364
Areal gulv [m <sup>2</sup> ):	47	44	314
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ):	24	24	168
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ):	156	156	1092
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ):	354	354	2478
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	0,12	0,12
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,07	0,07	0,07
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,09	0,09	0,09
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,78	0,78	0,78
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	15,6	15,6	15,60
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,02	0,02	0,02
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	45	49	47,86
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,5	0,5	0,5
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	89	89	89
Virkn.grad justert for frostsikring [%]:	89	89	89
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,3	1,3	1,3
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,2	1,2	1,2
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,2	1,2	1,2
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,84	0,85	0,85
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ):	51	51	51,00
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	20,3	20,30
Systemeffektfaktor kjøling:	2,5	0,1	0,79
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0	0	0,00
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ):	0	0	0,00
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,5	0,5	0,50
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0	0	0,00
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,5	0,5	0,50
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0	0	0,00
Driftstid oppvarming (timer)	16	16	16,00
Driftstid kjøling (timer)	0	0	0,00
Driftstid ventilasjon (timer)	24	24	24,00
Driftstid belysning (timer)	16	16	16,00
Driftstid utstyr (timer)	16	16	16,00
Oppholdstid personer (timer)	24	24	24,00
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	1,95	1,95
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	1,95	1,95
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	3	3	3,00
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,8	1,8	1,80
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	3,4	3,4	3,40
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0	0	0,00
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,5	1,5	1,50
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,13	0,13	0,13
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,19	0,19	0,19
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	0,52	0,52	0,52

## INNDATA TIL NULLHUSBREGNINGER, SOLA

Dokumentasjon av sentrale inndata	Leilighet 1 og 7	Leilighet 2-6	Hele bygget
Beskrivelse	Verdi	Verdi	Total verdi
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	149	99	793
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	52	52	364
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	47	44	314
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	24	24	168
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	156	156	1092
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	354	354	2478
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	0,12	0,12
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,07	0,07	0,07
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,09	0,09	0,09
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,78	0,78	0,78
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	15,6	15,6	15,60
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,02	0,02	0,02
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	45	49	47,86
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,5	0,5	0,5
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	89	89	89
Virkn.grad justert for frostsikring [%]:	89	89	89
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,3	1,3	1,3
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,2	1,2	1,2
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	1,2	1,2	1,2
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,86	0,88	0,87
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	51	51	51,00
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	20,3	20,30
Systemeffektfaktor kjøling:	2,5	0,1	0,79
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0	0	0,00
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	0	0	0,00
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,5	0,5	0,50
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0	0	0,00
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,5	0,5	0,50
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0	0	0,00
Driftstid oppvarming (timer)	16	16	16,00
Driftstid kjøling (timer)	0	0	0,00
Driftstid ventilasjon (timer)	24	24	24,00
Driftstid belysning (timer)	16	16	16,00
Driftstid utstyr (timer)	16	16	16,00
Oppholdstid personer (timer)	24	24	24,00
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	1,95	1,95
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,95	1,95	1,95
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	3	3	3,00
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,8	1,8	1,80
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	3,4	3,4	3,40
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0	0	0,00
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	1,5	1,5	1,50
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,27	0,31	0,30
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,19	0,19	0,19
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	0,43	0,43	0,43





# VEDLEGG B – RESULTATER FRA ENERGISIMULERING AV TRESTAKKVEIEN

Denne oversikten viser resultatene av energisimuleringen av det eksisterende bygget:

Energibudsjet	Leilighet 1		Leilighet 2-6		Leilighet7		Totalt	
	Energibehov [kWh]	Spesifikt energiebehov [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energibehov [kWh]	Spesifikt energiebehov [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energibehov [kWh]	Spesifikt energiebehov [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energibehov [kWh]	Spesifikt energiebehov [kWh/m <sup>2</sup> ]
1a Romoppvarming	7869	50,6	6560	42,2	7545	48,8	48214	44,3
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	2558	16,4	2359	15,2	2464	15,8	16817	15,5
2 Varmtvann (tappevann)	4634	29,8	4634	29,8	4634	29,8	32438	29,8
3a Vifter	707	4,5	707	4,5	707	4,5	4949	4,5
3b Pumper	0	0	0	0	0	0	0	0,0
4 Belysning	1772	11,4	1772	11,4	1772	11,4	12404	11,4
5 Teknisk utstyr	2726	17,5	2726	17,5	2726	17,5	19082	17,5
6a Romkjøling	0	0	0	0	0	0	0	0,0
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0	0	0	0	0	0	0	0,0
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>20264</b>	<b>130,2</b>	<b>18757</b>	<b>120,5</b>	<b>19848</b>	<b>127,6</b>	<b>133897</b>	<b>122,9</b>

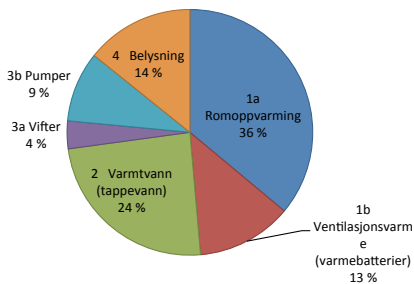
	Leilighet 1	Leilighet 2-6	Leilighet7	Totalt
<b>Årlig CO2 utslipp</b>	5703 kg/år	5498 kg/år	5635 kg/år	38828 kg/år

Levert energi til bygningen (beregnet)	Leilighet 1		Leilighet 2-6		Leilighet7		Totalt	
	[kWh]	%	[kWh]	%	[kWh]	%	[kWh]	%
1a Direkte el.	14148	63,4	13678	66,7	13987	64,1	96525	65,8
1b El. Varmepumpe	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1c El. solenergi	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
2 Olje	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
3 Gass	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
4 Fjernvarme	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
5 Biobrensel	8175	36,6	6816	33,3	7839	35,9	50094	34,2
6. Annen ()	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<b>Totalt levert energi, sum 1-6</b>	<b>22324</b>		<b>20494</b>		<b>21826</b>		<b>146620</b>	

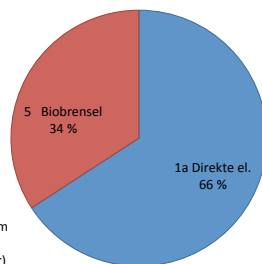
Varmetapsbudsjet (varmetapstall)	Leilighet 1		Leilighet 2-6		Leilighet7		Totalt	
	[W/m <sup>2</sup> K]	%	[W/m <sup>2</sup> K]	%	[W/m <sup>2</sup> K]	%	[W/m <sup>2</sup> K]	%
yttervegger	0,19	26,0	0,12	18,8	0,18	24,3	0,14	20,8
tak	0,03	4,1	0,03	4,7	0,03	4,1	0,03	4,5
gulv på grunn/mot det fri	0,04	5,5	0,03	4,7	0,04	5,4	0,03	4,9
glass/vinduer/dører	0,23	31,5	0,21	32,8	0,24	32,4	0,22	32,5
kuldebroer	0,05	6,8	0,05	7,8	0,05	6,8	0,05	7,5
infiltrasjon	0,05	6,8	0,05	7,8	0,05	6,8	0,05	7,5
ventilasjon	0,14	19,2	0,14	21,9	0,14	18,9	0,14	21,0
<b>Totalt varmetapstall</b>	<b>0,73</b>		<b>0,64</b>		<b>0,74</b>		<b>0,67</b>	

Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	Leilighet 1		Leilighet 2-6		Leilighet7	
	Effekt (dekning)	Dekningsgrad energibruk [%]	Effekt (dekning)	Dekningsgrad energibruk [%]	Effekt (dekning)	Dekningsgrad energibruk [%]
	5,3 kW (90 %)	100	4,8 kW (90 %)	100	5,2 kW (90 %)	100
	4,7 kW (80 %)	100	4,3 kW (80 %)	100	4,6 kW (80 %)	100
	4,1 kW (70 %)	99	3,8 kW (70 %)	99	4,1 kW (70 %)	99
	3,5 kW (60 %)	98	3,2 kW (60 %)	98	3,5 kW (60 %)	98
	2,9 kW (50 %)	95	2,7 kW (50 %)	95	2,9 kW (50 %)	94
	2,3 kW (40 %)	87	2,1 kW (40 %)	88	2,3 kW (40 %)	87
	1,8 kW (30 %)	75	1,6 kW (30 %)	77	1,7 kW (30 %)	75
	1,2 kW (20 %)	56	1,1 kW (20 %)	59	1,2 kW (20 %)	56
	0,6 kW (10 %)	32	0,5 kW (10 %)	34	0,6 kW (10 %)	33

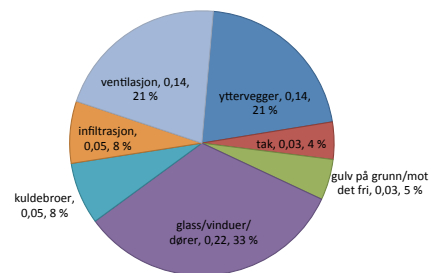
Totalt netto energibehov



Levert energi til bygningen



Varmetapsbudsjet (Varmetapstall)





## VEDLEGG C – INNDATA TIL KLIMAGASSBEREGNINGER:

Viser inndata av geometriske data fra materialbrukmodulen:

### 2. Geometriske data

**19. Rekkehus u/kjeller, normal standard**

BYA (beskrivelse)	<input type="text" value="469.7"/>	m2
BTA (beskrivelse)	<input type="text" value="1245.4"/>	m2
BTK (beskrivelse)	<input type="text" value="235"/>	m2

Avledede størrelser:

INV	Innervegger	<input type="text" value="1083"/>	m2
YUM	Yttervegger under mark	<input type="text" value="183"/>	m2
YOM	Yttervegger over mark	<input type="text" value="1392"/>	m2
BTA_OM	BTA over mark	<input type="text" value="1010"/>	m2

Viser valg av materialer angående yttervegg:

### 3. Tilpassing av utførelse

#### 19. Rekkehus u/kjeller, normal standard

Tilpassinger på nivå 1: Andeler og levetider for elementer i gruppen.

**Yttervegg**

	Referanse			Tilpasset		
	Under mark	Over mark	Levetid	Under mark	Over mark	Levetid
Klimavegg	<input type="text" value="0"/> *YUM	<input type="text" value="0.79"/> *YOM	<input type="text" value="60"/>	<input type="text" value="0"/> *YUM	<input type="text" value="0.81"/> *YOM	<input type="text" value="60"/>
ISO-blokk-vegg	<input type="text" value="0.95"/> *YUM	<input type="text" value="0"/> *YOM	<input type="text" value="60"/>	<input type="text" value="1"/> *YUM	<input type="text" value="0"/> *YOM	<input type="text" value="60"/>
Betong-vegg	<input type="text" value="0"/> *YUM	<input type="text" value="0"/> *YOM	<input type="text" value="60"/>	<input type="text" value="0"/> *YUM	<input type="text" value="0"/> *YOM	<input type="text" value="60"/>
Vindu	<input type="text" value="0.05"/> *YUM	<input type="text" value="0.14"/> *YOM	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="1"/> *YUM	<input type="text" value="0.14"/> *YOM	<input type="text" value="30"/>
Dør	<input type="text" value="0"/> *YUM	<input type="text" value="0.07"/> *YOM	<input type="text" value="25"/>	<input type="text" value="0"/> *YUM	<input type="text" value="0.05"/> *YOM	<input type="text" value="25"/>
Tegl	<input type="text" value="0"/> *YUM	<input type="text" value="0.1"/> *YOM	<input type="text" value="60"/>	<input type="text" value="0"/> *YUM	<input type="text" value="0"/> *YOM	<input type="text" value="60"/>
Panel	<input type="text" value="0"/> *YUM	<input type="text" value="0.69"/> *YOM	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="0"/> *YUM	<input type="text" value="0.81"/> *YOM	<input type="text" value="30"/>
Puss	<input type="text" value="0.95"/> *YUM	<input type="text" value="0"/> *YOM	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="1"/> *YUM	<input type="text" value="0"/> *YOM	<input type="text" value="30"/>
Sum	<input type="text" value="1.95"/>	<input type="text" value="1.79"/>		<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="1.81"/>	

Forkortelser: **BTA** = Bruttoareal **BYA** = Bebygd areal **BTK** = Bruttoareal kjeller **YUM** = Yttervegg under mark/terreng **YOM** = Yttervegg over mark/terreng  
**INV** = Innervegsareal **BTA\_OM** = BTA-BTK

Viser inndata for energibehov og fordeling:

## Nytt bygg - Energibehov og fordeling

<a href="#">Legg inn tall for Boliger, småhus (1092 m2)</a>	13461 kg/år	12 kg/år*m2
Sum stasjonær energi	13461 kg/år	12 kg/år*m2

### Boliger, småhus

Energibehov	<input type="text" value="128"/>	kWh/m2
Andel el.spesifikt	<input type="text" value="27"/>	%
Fordeling på energivare (ikke el.spesifikt)		
		Beregnet utslipp for energibærer
Upri el	<input type="text" value="0"/>	0 kg/år
Pri el	<input type="text" value="65"/>	13461 kg/år (utslipp her er inkl el.spesifikt)
Fyringsolje	<input type="text" value="0"/>	0 kg/år
Propan	<input type="text" value="0"/>	0 kg/år
Naturgass	<input type="text" value="0"/>	0 kg/år
Bioenergi	<input type="text" value="35"/>	0 kg/år
Varmepumpe	<input type="text" value="0"/>	0 kg/år
Sol	<input type="text" value="0"/>	0 kg/år
Vind	<input type="text" value="0"/>	0 kg/år
Fjernvarme	<input type="text" value=""/>	0 kg/år
Sum kontroll	100 %	13461 kg/år

[Angi detaljer for fjernvarme](#)

Viser inndata for turproduksjon per person:

### Turproduksjon

**Turproduksjon pr person**

	Bolig (tr1) Turer/døgn*bosatt	Kontor (tr2) Turer/døgn*ansatt	Handel (tr3) Turer/døgn*ansatt
Arbeid	<input type="text" value="0.8"/>	<input type="text" value="1.6"/>	<input type="text" value="1.6"/>
Tjeneste	<input type="text" value="0.1"/>	<input type="text" value="0.6"/>	<input type="text" value="0.2"/>
Innkjøp og service	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0.4"/>	<input type="text" value="30"/>
Annet	<input type="text" value="1.7"/>	<input type="text" value="0.3"/>	<input type="text" value="0.5"/>
Varetransport	<input type="text" value="0.1"/>	<input type="text" value="0.2"/>	<input type="text" value="1"/>

Viser inndata for reisemiddelfordelingen:

### Reisemiddelfordeling og andre forutsetninger

Du har valgt forutsetninger som tar utgangspunkt i 2 Omegn til Oslo (eventuelt med egne modifikasjoner).

**Reisemiddelfordeling**

	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Arbeid	<input type="text" value="9"/> %	<input type="text" value="16"/> %	<input type="text" value="75"/> %
Tjeneste	<input type="text" value="17"/> %	<input type="text" value="10"/> %	<input type="text" value="73"/> %
Innkjøp og service	<input type="text" value="21"/> %	<input type="text" value="5"/> %	<input type="text" value="74"/> %
Annet	<input type="text" value="25"/> %	<input type="text" value="4"/> %	<input type="text" value="71"/> %

**Kjørehastighet i vegnett**

% under 50 km/t

% over 50 km/t

**Gjennomsnittlig reiselengde**

bil (km)

kollektivt (km)

**Bil- og bussbelegg**

bilbelegg (gj.sn. ant. personer pr bil)

bussbelegg (gj.sn. ant. personer pr buss)

**Andel skinnegående kollektivtransport**

% av personkm



## VEDLEGG D – BEREGNING AV RIVINGSUTSLIPP

## KLIMANYTTE AV CO2-EKVIVALENTER I TRESTAKKVEGEN I RIVNINGSAFASEN

Utarbeidet for å komplimentere klimagassberegningene fra klimagassregnskap.no

<b>Referansebygg:</b> Enebolig (trehus), byggeår 1910, 140 m <sup>2</sup>		<b>Kilde:</b> Avfallsplan og sluttrapport fra Veolia Miljø Entreprenør AS (2010) se neste side	
<b>Avfallstype</b>	<b>Mengde [t]</b>	<b>Mengder korrigert til Trestakkvegen (1092 m<sup>2</sup>) [t]</b>	
Trevirke (ikke impregnert)	27,36	213,4	
Glass	0,2	1,56	
Jern og andre metaller	0,87	6,786	
Betong og andre tunge mater.	15	117	
Forurenset betong og tegl	5,94	46,33	
EE-avfall	0,097	0,757	

<b>Referanse, utslipp:</b> Miljørapport Tangenåsen skole, Nesodden, 1700 m <sup>2</sup>		<b>Kilde:</b> Veolia Miljø (2010) , se to sider videre	
<b>Aktivitet</b>	<b>Klimagassutslipp [Tonn CO2-ekvivalenter]</b>		
Forbruk fossile kilder ifm. Rivingsaktivitet	16		
Forbruk fossile kilder ifm. Avfallstransport	16		
Strømforbruk	0		
<b>Avfallstype</b>	<b>Utslippsfaktor</b>		
Betong og andre tunge mater. (ikke redegjort)	0,1*		
EE-avfall (ikke redegjort)	0,1**		
<b>Positive bidrag gjenvinning (klimanytte)</b>	<b>Gjenvinningsfaktor</b>		
Glass	0,29		
Avfallsbasert brensel (SRF)	0,52		
Jernholdig metall	1,5		
* Antagelse: Nasjonal behandlingsplan for bygg- og anleggsavfall 2007-2012 beskrev i 2007 et mål om å gjenvinne 90 % av alt generert betong- og teglavfall			
** Antagelse: Nasjonal behandlingsplan for bygg- og anleggsavfall 2007-2012 beskrev i 2007 et mål om å materialgjenvinne 90% og energiutnytte 5% av alt EE-avfall			

Rivningsutslipp Trestakkvegen	Mengde[t]	Utslippsfaktor	CO2-ekvivalenter
Trevirke (ikke impregnert)	213,4	0,52	110,97
Glass	1,56	0,29	0,45
Jern og andre metaller	6,786	1,5	10,18
Betong (ren/forur.)	163,33	0,1	-16,33
EE-avfall	0,757	0,1	-0,08
Forbruk fossile kilder ifm. rivingsaktivitet (basert på areal)			-10,28
Forbruk fossile kilder ifm. avfallstransport (basert på areal)			-10,28
Klimanytte ved gjenvinning, Trestakkvegen			84,63

Avfallsplan og sluttrapport fra Veolia Miljø Entreprenør (2010):

Avfallsplan og sluttrapport		Veiledning: www.sft.no		Kommunens saksnr.:	10/551	
<p>Gjelder tiltak som overskrider 300 m<sup>2</sup> bruksareal (nybygg/påbygg), 100 m<sup>2</sup> (rehab./rivning) eller 10 tonn avfall (fra bygging/rivning av konstruksjoner og anlegg) - også tiltak som ikke krever søknad og tilatelse etter plan- og bygningsloven</p>				Kommunens navn:		
				Siljan		
Planen gjelder						
<b>Eiendom/ byggested</b>						
Gnr.	Bnr.	Festnr.	Seksjonsnr.	Byggeår	Eventuelt tidligere rehabiliteringsår	
4	27			1910	1980	
Adresse			Postnr.	Poststed		
Opdalsveien 707			3748	Siljan		
<b>Tiltaket gjelder:</b>						
<input type="checkbox"/> Nybygg, påbygg mv. <input type="checkbox"/> Rehabilitering <input checked="" type="checkbox"/> Rivning						
140	m <sup>2</sup> berørt BRA	11 Enebolig	Bygningstype (GAB)	Tre	Konstruksjonstype	
<b>Kort beskrivelse av prosjektet og avfallshåndteringen:</b>		Bygget skal totalrives. Byggeavfallet vil bli kildesortert og levert godkjent mottak. Tungmassene fra bygget vil bli benyttet som fyllmasser til gjenfylling på tomt.				
Detaljert avfallsplan						
Planen omfatter ikke disponering av gravemasser fra byggevirksomhet. Forurenset masse må håndteres i henhold til forurensningsforskriftens kapittel 2.						
<input type="checkbox"/> Tiltaksplan for opprydding i forurenset grunn ved bygge- og gravearbeider er laget						
Ordinært avfall	PLAN	SLUTTRAPPORT (Dokumentasjon skal vedlegges)				
Type avfall	Beregnet mengde (tonn)	Faktisk mengde (tonn)	Avvik (tonn)	Disponeringsmåte (Angi mengde og leveringssted)		
Avfallstyper som forventes å oppstå i tiltaket.	Fraksjoner som skal kildesorteres	Fraksjoner som er kildesortert	Redegjør for vesentlige avvik på eget ark.	Mengde levert til godkjent avfallsanlegg	Mengde til ombruk eller direkte til gjenvinning	Leveringssted
Trevirke, ikke kreosot- og CCA-impregneret	16,000	27,360	11,360	27,360		Veolia Miljø AS
Papir, papp og kartong			0,000			
Glass	0,200	0,200	0,000		0,200	Se redegjørelse
Jern og andre metaller	0,700	0,870	0,170	0,870		Veolia Miljø AS
Gipsbaserte materialer			0,000			
Plast			0,000			
Betong, tegl, Leca og andre tunge bygningsmaterialer	15,000	15,000	0,000		15,000	Se redegjørelse
Forurenset betong og tegl (under grensen for farlig avfall)	6,000	5,940	-0,060	5,940		Veolia Miljø AS
Annet ordinært avfall						
			0,000			
			0,000			
EE-avfall	0,200	0,097	-0,103	0,097		Veolia Miljø AS
Sum sortert ordinært avfall	38,100	49,467	11,367	34,267	15,200	
Blandet avfall/ restavfall	6,000	11,100	5,100	11,100		Veolia Miljø AS
Sum ordinært avfall	44,100	60,567	16,467	45,367	15,200	
Asfalt (inngår ikke i totalmengde)			0,000			



## Klimagassutslipp fra Tangenåsen skole, Veolia Miljø Entreprenør (2010)



## Forenklet beregning av klimabalanse

## 1. Direkte klimagassutslipp (eget forbruk av fossil energi):

	Faktor [tCO <sub>2</sub> /l el. MWh]	MWh	Liter	Tonn CO <sub>2</sub> e
<b>1.1. Forbruk fossile kilder ifm. rivningsaktiviteten:</b>				
Gass [MWh]	0,2052	0		0
Fyringsolje/target diesel (gravemaskiner) [l]	0,0025229		6396	16
<b>1.2. Forbruk fossile kilder ifm. avfallstransport:</b>				
Dieselforbruk transport til Lindum/Drammen [l]	0,002694		1708	5
Dieselforbruk transport til Lindum/Oredalen [l]	0,002694		1383	4
Dieselforbruk transport til gjenbruk Ski [l]	0,002694		1750	5
Dieselforbruk transport gjenbruk på stedet [l]:	0,002694		0	0
Dieselforbruk avfallstransport (VMG) [l]:	0,002694		977	3
<b>1.3. Forbruk fossile kilder ifm. avfallsbehandling:</b>				
Gass [MWh]	0,2052	0		0
Fyringsolje/target diesel [l]	0,0025229		244	1
<b>Totale direkte klimagassutslipp [tCO<sub>2</sub>e]:</b>				<b>32</b>

## 2. Indirekte klimagassutslipp (innkjøpt elektrisitet):

	Faktor [tCO <sub>2</sub> /MWh]	MWh	Tonn CO <sub>2</sub> e
<b>Strømforsbruk</b>			
Strømforsbruk ifm. rivningsaktiviteten	0,006	1	0
Strømforsbruk ifm. avfallsbehandling:	0,006	3	0
<b>Totale indirekte klimagassutslipp [tCO<sub>2</sub>e]:</b>			<b>0</b>

## 3. Klimanytte ifm. material- og energigjenvinning

	Faktor [tCO <sub>2</sub> /t]	Kg	Tonn	Tonn CO <sub>2</sub> e
<b>Gjenvinningsfraksjon:</b>				
Glass:	0,290	2740	3	1
Plast:	1,1	0	0	0
Papir/papp:	0,4	0	0	0
Jernholdig metall (jern og stål):	1,5	35540	36	53
Ikke-jernholdig metall:	8,8	0	0	0
Avfallsbasert brensel (SRF):	0,52	66770	67	35
<b>Total klimanytte [t CO<sub>2</sub>e]:</b>			<b>105</b>	<b>89</b>

## Informasjon og antagelser:

Dieselforbruk VME er beregnet ut i fra kjøreoppdrag og ikke tonnasje transportert.

Her er det kun tatt med transport til deponi (forutsetter altså annen nyttelast tilbake)

Gjenbruk er ikke inkludert, til tross for betydelig positivt klimabidrag.

Klimanytte for byggmasser ikke inkludert pga manglende data.

Det er benyttet gjennomsnittlige 2009-tall for Veolia Miljø for avfallstransport og -behandling i Veolia-systemet.

## Kommentarer:

Basert på beregningsfaktorer som i dag benyttes i Veolia-konsernets klimaberegningsverktøy (e-report og GHG-tracker).

Transport til sluttbehandling og klimagassutslipp ifm sluttbehandling er inkludert i gjenvinningsfaktorene.

Utslipp ifm. forbrenning og deponi inngår ikke her da det ikke er Veolias direkte utslipp (til denne beregning benyttes GHG-tracker).

Utslipp ifm. forbehandling og evt. omlastetrafikk inngår ikke her (til denne beregning benyttes GHG-tracker)

## Referanser:

Kilder til faktorene er angitt i dokumentet "Measurement and Reporting Protocol" Version 02/Exercise 2009

Vedr. EE er fordeling estimert ut i fra tall for sluttbehandling (Environment AS, 2008) og fordeling materialer (DEFRA-rapport, 2006)



## VEDLEGG E – RESULTATER AV KLIMAGASSBEREGNINGER

Dette vedlegget inneholder klimagassberegningene til både det eksisterende bygget i Trestakkveien og de to planlagte nullhusene i Sørums og Sola. Resultatene er presentert i den rekkefølgen.

### SAMMENDRAG AV BEREGNINGENE TIL DET EKSISTERENDE BYGGET I TRESTAKKVEIEN:

#### Utslipp - Samlet og fordelt på moduler

Modul	Tonn CO <sub>2</sub> -	Tonn CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	
	ekv/livsløp	ekv/år	ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	ekv/m <sup>2</sup> /år	
Modul 6132 - Anleggsfase - Anleggsfase		42	0,7	38,597	0,643
Modul 6098 - Materialbruk - Tidligfase - Materialbruk		410	6,8	375,53	6,259
Modul 6102 - Stasjonær energi - Nytt bygg - Energiregnskap		808	13,5	739,64	12,327
Modul 6103 - Transport - Transport		1212	20,2	1110,32	18,505
Sum		2472	41,2	2264,09	37,735

#### Detaljer for: Modul 6132 - Anleggsfase - Anleggsfase

	Tonn CO <sub>2</sub> -	Tonn CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	
	ekv/livsløp	ekv/år	ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	ekv/m <sup>2</sup> /år	
Transport		1,3	0	1,206	0,02
Anleggsmaskiner		5,6	0,1	5,084	0,085
Stasjonært energiforbruk		35,3	0,6	32,307	0,538
Sum		42,1	0,7	38,597	0,643

#### Detaljer for: Modul 6098 - Materialbruk - Tidligfase - Materialbruk

Gruppe	Tonn CO <sub>2</sub> -	Tonn CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	
	ekv/livsløp	ekv/år	ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	ekv/m <sup>2</sup> /år	
1 Grunn og fundamenter		21,3	0,4	17,09	0,285
2 Bæresystemer		0,3	0	0,21	0,004
3 Yttervegg		98,9	1,6	79,43	1,324
4 Innervegg		134,8	2,2	108,24	1,804
5 Dekker		141,3	2,4	113,53	1,892
6 Yttertak		39,1	0,7	31,4	0,523
7 Trapper og balkonger		1	0	0,81	0,014
8 Malerarbeider		7,9	0,1	6,33	0,106
Sum		444,5	7,4	357,06	5,95

**Detaljer for: Modul 6102 - Stasjonær energi - Nytt bygg - Energiregnskap**

	Tonn CO <sub>2</sub> - ekv/livsløp	Tonn CO <sub>2</sub> - ekv/år	Kg CO <sub>2</sub> - ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	Kg CO <sub>2</sub> - ekv/m <sup>2</sup> /år
Upri el	0	0	0	0
Pri el	807,7	13,5	739,64	12,327
Fyringsolje	0	0	0	0
Propan	0	0	0	0
Naturgass	0	0	0	0
Bioenergi	0	0	0	0
Varmepumpe	0	0	0	0
Sol	0	0	0	0
Vind	0	0	0	0
Fjernvarme	0	0	0	0
Sum				

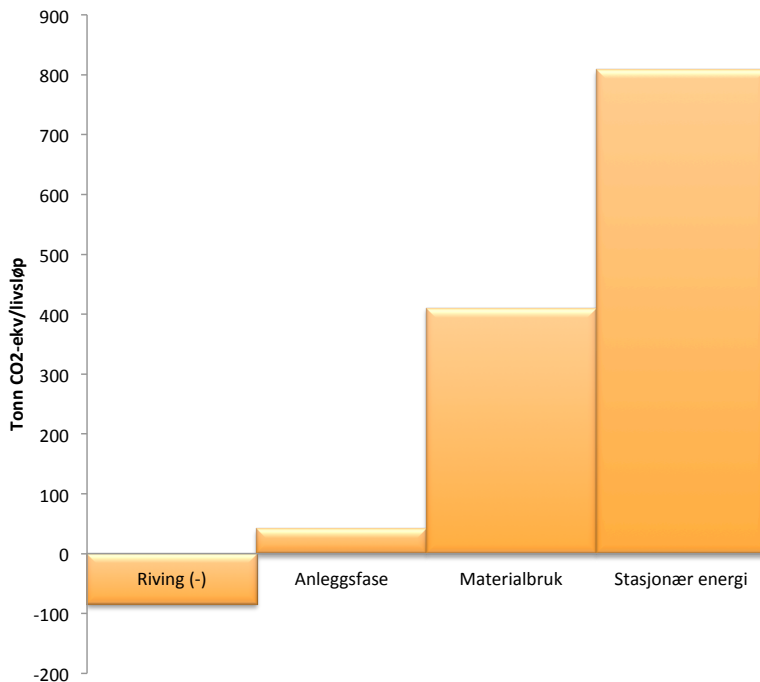
**Detaljer for: Modul 6103 - Transport - Transport**

	Tonn CO <sub>2</sub> - ekv/livsløp	Tonn CO <sub>2</sub> - ekv/år	Kg CO <sub>2</sub> - ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	Kg CO <sub>2</sub> - ekv/m <sup>2</sup> /år
Bil	1002,5	16,7	918,078	15,301
Kollektivtransport - buss	64,7	1,1	59,205	0,987
Kollektivtransport - skinnegående	0	0	0	0
Varetransport	145,3	2,4	133,04	2,217
Sum	1212,5	20,21	1110,32	18,505

**Utslipp og klimanytte - Samlet og fordelt på moduler**

Modul	Tonn CO <sub>2</sub> - ekv/livsløp	Tonn CO <sub>2</sub> - ekv/år	Kg CO <sub>2</sub> - ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	Kg CO <sub>2</sub> - ekv/m <sup>2</sup> /år
Riving (-)	-85	-1,41	-72,6	-1,21
Anleggsfase	42	0,7	38,597	0,643
Materialbruk	410	6,8	375,53	6,259
Stasjonær energi	808	13,5	739,64	12,327
<b>Sum</b>	<b>1175</b>	<b>19,6</b>	<b>1081,2</b>	<b>18,0</b>
Transport i drift	1212	20,2	1110,32	18,505

**Utslipp og klimanytte - Samlet og fordelt på moduler**



## SAMMENDRAG AV BEREGNINGENE TIL NULLHUSET I SØRUM:

## Utslipp - Samlet og fordelt på moduler

Modul	Tonn CO <sub>2</sub> -	Tonn CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	
	ekv/livsløp	ekv/år	ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	ekv/m <sup>2</sup> /år	
Modul 6132 - Anleggsfase - Anleggsfase		42	0,7	38,597	0,643
Modul 6098 - Materialbruk - Tidligfase - Materialbruk		410	6,8	375,53	6,259
Modul 6102 - Stasjonær energi - Nytt bygg - Energiregnskap		808	13,5	739,64	12,327
Modul 6103 - Transport - Transport		1212	20,2	1110,32	18,505
Sum		2472	41,2	2264,09	37,735

## Detaljer for: Modul 6132 - Anleggsfase - Anleggsfase

	Tonn CO <sub>2</sub> -	Tonn CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	
	ekv/livsløp	ekv/år	ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	ekv/m <sup>2</sup> /år	
Transport		1,3	0	1,206	0,02
Anleggsmaskiner		5,6	0,1	5,084	0,085
Stasjonært energiforbruk		35,3	0,6	32,307	0,538
Sum		42,1	0,7	38,597	0,643

## Detaljer for: Modul 6098 - Materialbruk - Tidligfase - Materialbruk

Gruppe	Tonn CO <sub>2</sub> -	Tonn CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	
	ekv/livsløp	ekv/år	ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	ekv/m <sup>2</sup> /år	
1 Grunn og fundamenter		21,3	0,4	17,09	0,285
2 Bæresystemer		0,3	0	0,21	0,004
3 Yttervegg		98,9	1,6	79,43	1,324
4 Innervegg		134,8	2,2	108,24	1,804
5 Dekker		141,3	2,4	113,53	1,892
6 Yttertak		39,1	0,7	31,4	0,523
7 Trapper og balkonger		1	0	0,81	0,014
8 Malerarbeider		7,9	0,1	6,33	0,106
Sum		444,5	7,4	357,06	5,95

## Detaljer for: Modul 6102 - Stasjonær energi - Nytt bygg - Energiregnskap

	Tonn CO <sub>2</sub> -	Tonn CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	
	ekv/livsløp	ekv/år	ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	ekv/m <sup>2</sup> /år	
Upri el		0	0	0	0
Pri el		807,7	13,5	739,64	12,327
Fyringsolje		0	0	0	0
Propan		0	0	0	0
Naturgass		0	0	0	0
Bioenergi		0	0	0	0
Varmepumpe		0	0	0	0
Sol		0	0	0	0
Vind		0	0	0	0
Fjernvarme		0	0	0	0
Sum					

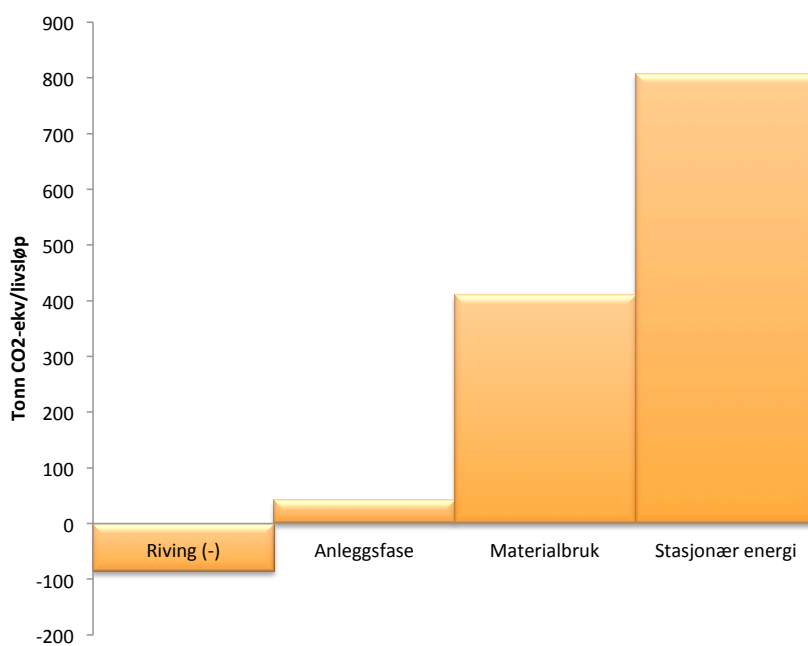
## Detaljer for: Modul 6103 - Transport - Transport

	Tonn CO <sub>2</sub> -	Tonn CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	
	ekv/livsløp	ekv/år	ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	ekv/m <sup>2</sup> /år	
Bil		1002,5	16,7	918,078	15,301
Kollektivtransport - buss		64,7	1,1	59,205	0,987
Kollektivtransport - skinnegående		0	0	0	0
Varetransport		145,3	2,4	133,04	2,217
Sum		1212,5	20,21	1110,32	18,505

### Utslipp og klimanytte - Samlet og fordelt på moduler

Modul	Tonn CO <sub>2</sub> -	Tonn CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -
	ekv/livsløp	ekv/år	ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	ekv/m <sup>2</sup> /år
Riving (-)	-85	-1,41	-72,6	-1,21
Anleggsfase	42	0,7	38,597	0,643
Materialbruk	410	6,8	375,53	6,259
Stasjonær energi	808	13,5	739,64	12,327
<b>Sum</b>	<b>1175</b>	<b>19,6</b>	<b>1081,2</b>	<b>18,0</b>
Transport i drift	1212	20,2	1110,32	18,505

### Utslipp og klimanytte - Samlet og fordelt på moduler



## SAMMENDRAG AV BEREGNINGENE TIL NULLHUSET I SOLA:

### Utslipp - Samlet og fordelt på moduler

Modul	Tonn CO <sub>2</sub> -	Tonn CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -
	ekv/livsløp	ekv/år	ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	ekv/m <sup>2</sup> /år
Modul 6132 - Anleggsfase - Anleggsfase	42	0,7	38,597	0,643
Modul 6098 - Materialbruk - Tidligfase - Materialbruk	410	6,8	375,53	6,259
Modul 6102 - Stasjonær energi - Nytt bygg - Energiregnskap	808	13,5	739,64	12,327
Modul 6103 - Transport - Transport	1212	20,2	1110,32	18,505
Sum	2472	41,2	2264,09	37,735

### Detaljer for: Modul 6132 - Anleggsfase - Anleggsfase

	Tonn CO <sub>2</sub> -	Tonn CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -
	ekv/livsløp	ekv/år	ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	ekv/m <sup>2</sup> /år
Transport	1,3	0	1,206	0,02
Anleggsmaskiner	5,6	0,1	5,084	0,085
Stasjonært energiforbruk	35,3	0,6	32,307	0,538
Sum	42,1	0,7	38,597	0,643

### Detaljer for: Modul 6098 - Materialbruk - Tidligfase - Materialbruk

Gruppe	Tonn CO <sub>2</sub> -	Tonn CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -
	ekv/livsløp	ekv/år	ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	ekv/m <sup>2</sup> /år
1 Grunn og fundamenter	21,3	0,4	17,09	0,285
2 Bæresystemer	0,3	0	0,21	0,004
3 Yttervegg	98,9	1,6	79,43	1,324
4 Innervegg	134,8	2,2	108,24	1,804
5 Dekker	141,3	2,4	113,53	1,892
6 Yttertak	39,1	0,7	31,4	0,523
7 Trapper og balkonger	1	0	0,81	0,014
8 Malerarbeider	7,9	0,1	6,33	0,106
Sum	444,5	7,4	357,06	5,95

### Detaljer for: Modul 6102 - Stasjonær energi - Nytt bygg - Energiregnskap

	Tonn CO <sub>2</sub> -	Tonn CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -
	ekv/livsløp	ekv/år	ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	ekv/m <sup>2</sup> /år
Upri el	0	0	0	0
Pri el	807,7	13,5	739,64	12,327
Fyringsolje	0	0	0	0
Propan	0	0	0	0
Naturgass	0	0	0	0
Bioenergi	0	0	0	0
Varmepumpe	0	0	0	0
Sol	0	0	0	0
Vind	0	0	0	0
Fjernvarme	0	0	0	0
Sum				

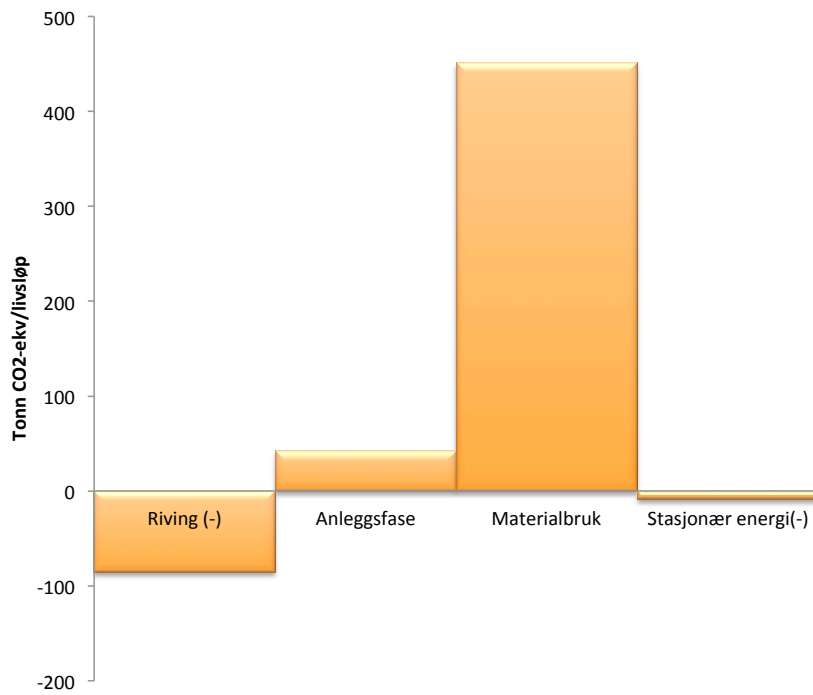
### Detaljer for: Modul 6103 - Transport - Transport

	Tonn CO <sub>2</sub> -	Tonn CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -
	ekv/livsløp	ekv/år	ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	ekv/m <sup>2</sup> /år
Bil	1002,5	16,7	918,078	15,301
Kollektivtransport - buss	64,7	1,1	59,205	0,987
Kollektivtransport - skinnegående	0	0	0	0
Varetransport	145,3	2,4	133,04	2,217
Sum	1212,5	20,21	1110,32	18,505

**Utslipp og klimanytte - Samlet og fordelt på moduler**

Modul	Tonn CO <sub>2</sub> -	Tonn CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -	Kg CO <sub>2</sub> -
	ekv/livsløp	ekv/år	ekv/m <sup>2</sup> /livsløp	ekv/m <sup>2</sup> /år
Riving (-)	-85	-1,41	-72,6	-1,21
Anleggsfase	42	0,7	38,597	0,643
Materialbruk	451	7,5	412,81	6,88
Stasjonær energi(-)	-9	-0,15	-8,24	-0,137
<b>Sum</b>	<b>399</b>	<b>6,6</b>	<b>370,6</b>	<b>6,2</b>
Transport i drift	1212	20,2	1110,32	18,505

**Utslipp og klimanytte - Samlet og fordelt på moduler**





## VEDLEGG F – BEREGNING AV U-VERDIER

I de følgende beregningene brukes metoden "øvre- og nedre- grenseverdi" for å finne varmegjennomgangen på de ulike konstruksjonsdelene vi vurderer i oppgaven. Denne metoden regnes (ifølge bi-veileder Tormod Aurlien og byggdetalj 471.008) for å være konservativ, men er forholdsvis nøyaktig på enkle konstruksjoner, som ikke har gjennomgående betong eller stål.

U-verdien finnes ved å regne ut to grenseverdier som den faktiske varmestrømmen må ligge mellom. U-verdien blir fastsatt som gjennomsnittet av disse to verdiene. Konstruksjonen deles opp i materialsjikt, enten homogene eller sammensatte. De sammensatte blir vektet etter hvor stor del av veggen de opptar. Fordelingen av stendere og isolasjon er beregnet spesielt for dette bygget, da den komplekse geometrien og utveksling rundt mange vinduer drar opp treandelen. Iso-stenderen beregnet som to sjikt, siden varmegjennomgangskoeffisienten på treverket og polyuretanskummet er svært ulikt.

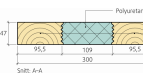
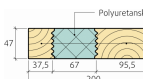
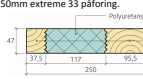
Alle beregningene er utført i et regneark som er vedlagt nedenfor. Inndata er hentet fra SINTEF's byggdetaljblad 471.008 "Beregning av U-verdier", SINTEF Byggforsk håndbok 53 "Trehusboken", eller direkte fra produktens tekniske godkjenninger.

### U-verdi på vegger:

#### Varmetap gjennom konstruksjonsdeler

Konstruksjonsdel		Grenseverdi	Sjikt	Tykkelse d [m]	Varmemotstand R <sub>s</sub> /λ	Motstand i felt Isolasjon	Andel Bindingsverk [%]	Kommentar	Kilde																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
*Trendel i vegg er oppjustert på grunn av isolheter rundt vinduer og kryssløking ved innvendig påføring. Se egen utregning.		U = 1/R <sub>s</sub> +ΔU = [W/(m <sup>2</sup> K)]																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Trendel		22,85 %	R <sub>i</sub> = (Øvre grenseverdi + Nedre grenseverdi) / 2 = (R <sub>i</sub> ' + R <sub>i</sub> ') / 2 = [m <sup>2</sup> K/W]																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Konstruksjonsdel</th> <th>Grenseverdi</th> <th>Sjikt</th> <th>Tykkelse d [m]</th> <th>Varmemotstand R<sub>s</sub>/λ</th> <th>Motstand i felt Isolasjon</th> <th>Andel Bindingsverk [%]</th> <th>Kommentar</th> <th>Kilde</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="10"><b>Veggforslag 1</b></td> </tr> <tr> <td rowspan="15"> </td> <td rowspan="2">R<sub>i</sub>'</td> <td>Utvendig overgangsmotstand</td> <td>-</td> <td>R<sub>se</sub></td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100 %</td> <td>Ser bort i fra varmemotstanden til</td> <td rowspan="15">SINTEF Byggforsk 471.008</td> </tr> <tr> <td>Utvendig kledning, 19mm</td> <td>0,019</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100 %</td> <td>godt ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.</td> </tr> <tr> <td>Ventilert hulrom, 20mm</td> <td>0,020</td> <td>R<sub>s</sub> = R<sub>se</sub></td> <td>0,13</td> <td>0,13</td> <td>100 %</td> <td>I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R<sub>se</sub></td> </tr> <tr> <td>Vindspærreduk</td> <td>0,020</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>0,03</td> <td>0,03</td> <td>100 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>GU-platte, 9,5mm</td> <td>0,095</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>0,03</td> <td>0,026</td> <td>100 %</td> <td>GU-X</td> </tr> <tr> <td>Isostender, 200mm (PUR 67mm)</td> <td>0,067</td> <td>R<sub>s</sub> = 0,067/0,030</td> <td>-</td> <td>1,117</td> <td>22,9 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Isostender, 200mm (tredel 133mm)</td> <td>0,133</td> <td>R<sub>s</sub> = 0,133/0,12</td> <td>-</td> <td>1,108</td> <td>22,9 %</td> <td>Iso3 200mm, Moelven</td> </tr> <tr> <td>Mineralull, 200mm</td> <td>0,200</td> <td>R<sub>s</sub> = 0,20/0,035</td> <td>5,71</td> <td>-</td> <td>77,1 %</td> <td>Glava prof 35</td> </tr> <tr> <td>Dampsperre</td> <td>0,001</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>0,03</td> <td>0,03</td> <td>100 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mineralull 50mm</td> <td>0,050</td> <td>R<sub>s</sub> = 0,050/0,035</td> <td>1,43</td> <td>1,43</td> <td>100 %</td> <td>Glava prof 35, lektre 36*48mm er inkludert*</td> </tr> <tr> <td>Gips, 13mm</td> <td>0,013</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>0,13</td> <td>0,13</td> <td>100 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Innvendig overgangsmotstand</td> <td>-</td> <td>R<sub>si</sub></td> <td>0,13</td> <td>0,13</td> <td>100 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total varmemotstand i felt</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>7,62</td> <td>4,13</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Øvre grenseverdi, R<sub>i</sub>'</td> <td></td> <td></td> <td>6,386</td> <td>[m<sup>2</sup>K/W]</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"><b>R<sub>i</sub>'</b></td> </tr> <tr> <td>Utvendig overgangsmotstand</td> <td>-</td> <td>R<sub>se</sub></td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100 %</td> <td>Ser bort i fra varmemotstanden til</td> </tr> <tr> <td>Utvendig kledning, 19mm</td> <td>0,019</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100 %</td> <td>ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.</td> </tr> <tr> <td>Ventilert hulrom, 20mm</td> <td>0,020</td> <td>R<sub>s</sub> = R<sub>se</sub></td> <td>0,13</td> <td>0,13</td> <td>100 %</td> <td>I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R<sub>se</sub></td> </tr> <tr> <td>Vindspærreduk</td> <td>0,020</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>0,03</td> <td>0,03</td> <td>100 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>GU-platte, 9,5mm</td> <td>0,095</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>0,03</td> <td>0,03</td> <td>100 %</td> <td>GU-X</td> </tr> <tr> <td>Legering (mineralull/iso-stender)</td> <td>0,200</td> <td>R<sub>s</sub> = 0,200/0,041</td> <td>4,21</td> <td>-</td> <td>100 %</td> <td>λ = A1*λ1 + A2*λ2 = 0,7715*0,035 + 0,2285*[(133/200*0,12)+(67/200*0,030)] = 0,048</td> </tr> <tr> <td>Dampsperre</td> <td>0,001</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>0,03</td> <td>0,03</td> <td>100 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mineralull 50mm</td> <td>0,050</td> <td>R<sub>s</sub> = 0,050/0,035</td> <td>1,43</td> <td>1,43</td> <td>100 %</td> <td>Glava prof 35</td> </tr> <tr> <td>Gips, 13mm</td> <td>0,013</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>0,13</td> <td>0,13</td> <td>100 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Innvendig overgangsmotstand</td> <td>-</td> <td>R<sub>si</sub></td> <td>0,13</td> <td>0,13</td> <td>100 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nedre grenseverdi, R<sub>i</sub>'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>6,11</td> <td>[m<sup>2</sup>K/W]</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10">U = (R<sub>i</sub>' + R<sub>i</sub>')/2 + ΔU**</td> </tr> <tr> <td colspan="10">** Setter ΔU = 0 etteranvisninger i tabell 42 i SINTEF Byggforsk 471.008</td> </tr> <tr> <td colspan="4">U-verdi veggforslag 1</td> <td colspan="6">0,160 [W/(m<sup>2</sup>K)]</td> </tr> <tr> <td colspan="10"><b>Veggforslag 2</b></td> </tr> <tr> <td rowspan="15"> </td> <td rowspan="2">R<sub>i</sub>'</td> <td>Utvendig overgangsmotstand</td> <td>-</td> <td>R<sub>se</sub></td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100 %</td> <td>Ser bort i fra varmemotstanden til</td> <td rowspan="15">SINTEF Byggforsk 471.008</td> </tr> <tr> <td>Utvendig kledning, 19mm</td> <td>0,019</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100 %</td> <td>ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.</td> </tr> <tr> <td>Ventilert hulrom, 20mm</td> <td>0,020</td> <td>R<sub>s</sub> = R<sub>se</sub></td> <td>0,13</td> <td>0,13</td> <td>100 %</td> <td>I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R<sub>se</sub></td> </tr> <tr> <td>Vindspærreduk</td> <td>0,020</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>0,03</td> <td>0,03</td> <td>100 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>GU-platte, 9,5mm</td> <td>0,095</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>0,03</td> <td>0,026</td> <td>100 %</td> <td>GU-X</td> </tr> <tr> <td>Isostender, 250mm (PUR 117mm)</td> <td>0,117</td> <td>R<sub>s</sub> = 0,117/0,030</td> <td>-</td> <td>3,900</td> <td>22,9 %</td> <td>Iso3 250mm, Moelven</td> </tr> <tr> <td>Isostender, 250mm (tredel 133mm)</td> <td>0,133</td> <td>R<sub>s</sub> = 0,133/0,12</td> <td>-</td> <td>1,108</td> <td>22,9 %</td> <td>Iso3 250mm, Moelven</td> </tr> <tr> <td>Mineralull, 250mm</td> <td>0,250</td> <td>R<sub>s</sub> = 0,250/0,035</td> <td>7,14</td> <td>-</td> <td>77,1 %</td> <td>Glava prof 35</td> </tr> <tr> <td>Dampsperre</td> <td>0,001</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>0,03</td> <td>0,03</td> <td>100 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mineralull 50mm</td> <td>0,050</td> <td>R<sub>s</sub> = 0,050/0,035</td> <td>1,43</td> <td>1,43</td> <td>100 %</td> <td>Glava prof 35, lektre 36*48mm er inkludert*</td> </tr> <tr> <td>Gips, 13mm</td> <td>0,013</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>0,13</td> <td>0,13</td> <td>100 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Innvendig overgangsmotstand</td> <td>-</td> <td>R<sub>si</sub></td> <td>0,13</td> <td>0,13</td> <td>100 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total varmemotstand i felt</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>9,05</td> <td>6,91</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Øvre grenseverdi, R<sub>i</sub>'</td> <td></td> <td></td> <td>8,452</td> <td>[m<sup>2</sup>K/W]</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"><b>R<sub>i</sub>'</b></td> </tr> <tr> <td>Utvendig overgangsmotstand</td> <td>-</td> <td>R<sub>se</sub></td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100 %</td> <td>Ser bort i fra varmemotstanden til</td> </tr> <tr> <td>Utvendig kledning, 19mm</td> <td>0,019</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100 %</td> <td>ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.</td> </tr> <tr> <td>Ventilert hulrom, 20mm</td> <td>0,020</td> <td>R<sub>s</sub> = R<sub>se</sub></td> <td>0,13</td> <td>0,13</td> <td>100 %</td> <td>I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R<sub>se</sub></td> </tr> <tr> <td>Vindspærreduk</td> <td>0,020</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>0,03</td> <td>0,03</td> <td>100 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>GU-platte, 9,5mm</td> <td>0,095</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>0,03</td> <td>0,03</td> <td>100 %</td> <td>GU-X</td> </tr> <tr> <td>Legering (mineralull/iso-stender)</td> <td>0,250</td> <td>R<sub>s</sub> = 0,250/0,043</td> <td>5,58</td> <td>-</td> <td>100 %</td> <td>λ = A1*λ1 + A2*λ2 = 0,7715*0,035 + 0,2285*[(133/250*0,12)+(117/250*0,030)] = 0,045</td> </tr> <tr> <td>Dampsperre</td> <td>0,001</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>0,03</td> <td>0,03</td> <td>100 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mineralull 50mm</td> <td>0,050</td> <td>R<sub>s</sub> = 0,050/0,035</td> <td>1,43</td> <td>1,43</td> <td>100 %</td> <td>Glava prof 35</td> </tr> <tr> <td>Gips, 13mm</td> <td>0,013</td> <td>R<sub>s</sub></td> <td>0,13</td> <td>0,13</td> <td>100 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Innvendig overgangsmotstand</td> <td>-</td> <td>R<sub>si</sub></td> <td>0,13</td> <td>0,13</td> <td>100 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nedre grenseverdi, R<sub>i</sub>'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>7,49</td> <td>[m<sup>2</sup>K/W]</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10">U = (R<sub>i</sub>' + R<sub>i</sub>')/2 + ΔU**</td> </tr> <tr> <td colspan="10">** Setter ΔU = 0 etteranvisninger i tabell 42 i SINTEF Byggforsk 471.008</td> </tr> <tr> <td colspan="4">U-verdi veggforslag 2</td> <td colspan="6">0,125 [W/(m<sup>2</sup>K)]</td> </tr> </tbody> </table>										Konstruksjonsdel	Grenseverdi	Sjikt	Tykkelse d [m]	Varmemotstand R <sub>s</sub> /λ	Motstand i felt Isolasjon	Andel Bindingsverk [%]	Kommentar	Kilde	<b>Veggforslag 1</b>											R <sub>i</sub> '	Utvendig overgangsmotstand	-	R <sub>se</sub>	-	-	100 %	Ser bort i fra varmemotstanden til	SINTEF Byggforsk 471.008	Utvendig kledning, 19mm	0,019	R <sub>s</sub>	-	-	100 %	godt ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.	Ventilert hulrom, 20mm	0,020	R <sub>s</sub> = R <sub>se</sub>	0,13	0,13	100 %	I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R <sub>se</sub>	Vindspærreduk	0,020	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %		GU-platte, 9,5mm	0,095	R <sub>s</sub>	0,03	0,026	100 %	GU-X	Isostender, 200mm (PUR 67mm)	0,067	R <sub>s</sub> = 0,067/0,030	-	1,117	22,9 %		Isostender, 200mm (tredel 133mm)	0,133	R <sub>s</sub> = 0,133/0,12	-	1,108	22,9 %	Iso3 200mm, Moelven	Mineralull, 200mm	0,200	R <sub>s</sub> = 0,20/0,035	5,71	-	77,1 %	Glava prof 35	Dampsperre	0,001	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %		Mineralull 50mm	0,050	R <sub>s</sub> = 0,050/0,035	1,43	1,43	100 %	Glava prof 35, lektre 36*48mm er inkludert*	Gips, 13mm	0,013	R <sub>s</sub>	0,13	0,13	100 %		Innvendig overgangsmotstand	-	R <sub>si</sub>	0,13	0,13	100 %		Total varmemotstand i felt				7,62	4,13			Øvre grenseverdi, R <sub>i</sub> '			6,386	[m <sup>2</sup> K/W]				<b>R<sub>i</sub>'</b>										Utvendig overgangsmotstand	-	R <sub>se</sub>	-	-	-	-	100 %	Ser bort i fra varmemotstanden til	Utvendig kledning, 19mm	0,019	R <sub>s</sub>	-	-	-	-	100 %	ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.	Ventilert hulrom, 20mm	0,020	R <sub>s</sub> = R <sub>se</sub>	0,13	0,13	100 %	I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R <sub>se</sub>	Vindspærreduk	0,020	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %		GU-platte, 9,5mm	0,095	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %	GU-X	Legering (mineralull/iso-stender)	0,200	R <sub>s</sub> = 0,200/0,041	4,21	-	100 %	λ = A1*λ1 + A2*λ2 = 0,7715*0,035 + 0,2285*[(133/200*0,12)+(67/200*0,030)] = 0,048	Dampsperre	0,001	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %		Mineralull 50mm	0,050	R <sub>s</sub> = 0,050/0,035	1,43	1,43	100 %	Glava prof 35	Gips, 13mm	0,013	R <sub>s</sub>	0,13	0,13	100 %		Innvendig overgangsmotstand	-	R <sub>si</sub>	0,13	0,13	100 %		Nedre grenseverdi, R <sub>i</sub> '				6,11	[m <sup>2</sup> K/W]			U = (R <sub>i</sub> ' + R <sub>i</sub> ')/2 + ΔU**										** Setter ΔU = 0 etteranvisninger i tabell 42 i SINTEF Byggforsk 471.008										U-verdi veggforslag 1				0,160 [W/(m <sup>2</sup> K)]						<b>Veggforslag 2</b>											R <sub>i</sub> '	Utvendig overgangsmotstand	-	R <sub>se</sub>	-	-	100 %	Ser bort i fra varmemotstanden til	SINTEF Byggforsk 471.008	Utvendig kledning, 19mm	0,019	R <sub>s</sub>	-	-	-	100 %	ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.	Ventilert hulrom, 20mm	0,020	R <sub>s</sub> = R <sub>se</sub>	0,13	0,13	100 %	I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R <sub>se</sub>	Vindspærreduk	0,020	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %		GU-platte, 9,5mm	0,095	R <sub>s</sub>	0,03	0,026	100 %	GU-X	Isostender, 250mm (PUR 117mm)	0,117	R <sub>s</sub> = 0,117/0,030	-	3,900	22,9 %	Iso3 250mm, Moelven	Isostender, 250mm (tredel 133mm)	0,133	R <sub>s</sub> = 0,133/0,12	-	1,108	22,9 %	Iso3 250mm, Moelven	Mineralull, 250mm	0,250	R <sub>s</sub> = 0,250/0,035	7,14	-	77,1 %	Glava prof 35	Dampsperre	0,001	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %		Mineralull 50mm	0,050	R <sub>s</sub> = 0,050/0,035	1,43	1,43	100 %	Glava prof 35, lektre 36*48mm er inkludert*	Gips, 13mm	0,013	R <sub>s</sub>	0,13	0,13	100 %		Innvendig overgangsmotstand	-	R <sub>si</sub>	0,13	0,13	100 %		Total varmemotstand i felt				9,05	6,91			Øvre grenseverdi, R <sub>i</sub> '			8,452	[m <sup>2</sup> K/W]				<b>R<sub>i</sub>'</b>										Utvendig overgangsmotstand	-	R <sub>se</sub>	-	-	-	-	100 %	Ser bort i fra varmemotstanden til	Utvendig kledning, 19mm	0,019	R <sub>s</sub>	-	-	-	-	100 %	ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.	Ventilert hulrom, 20mm	0,020	R <sub>s</sub> = R <sub>se</sub>	0,13	0,13	100 %	I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R <sub>se</sub>	Vindspærreduk	0,020	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %		GU-platte, 9,5mm	0,095	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %	GU-X	Legering (mineralull/iso-stender)	0,250	R <sub>s</sub> = 0,250/0,043	5,58	-	100 %	λ = A1*λ1 + A2*λ2 = 0,7715*0,035 + 0,2285*[(133/250*0,12)+(117/250*0,030)] = 0,045	Dampsperre	0,001	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %		Mineralull 50mm	0,050	R <sub>s</sub> = 0,050/0,035	1,43	1,43	100 %	Glava prof 35	Gips, 13mm	0,013	R <sub>s</sub>	0,13	0,13	100 %		Innvendig overgangsmotstand	-	R <sub>si</sub>	0,13	0,13	100 %		Nedre grenseverdi, R <sub>i</sub> '				7,49	[m <sup>2</sup> K/W]			U = (R <sub>i</sub> ' + R <sub>i</sub> ')/2 + ΔU**										** Setter ΔU = 0 etteranvisninger i tabell 42 i SINTEF Byggforsk 471.008										U-verdi veggforslag 2				0,125 [W/(m <sup>2</sup> K)]					
Konstruksjonsdel	Grenseverdi	Sjikt	Tykkelse d [m]	Varmemotstand R <sub>s</sub> /λ	Motstand i felt Isolasjon	Andel Bindingsverk [%]	Kommentar	Kilde																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<b>Veggforslag 1</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	R <sub>i</sub> '	Utvendig overgangsmotstand	-	R <sub>se</sub>	-	-	100 %	Ser bort i fra varmemotstanden til	SINTEF Byggforsk 471.008																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		Utvendig kledning, 19mm	0,019	R <sub>s</sub>	-	-	100 %	godt ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	Ventilert hulrom, 20mm	0,020	R <sub>s</sub> = R <sub>se</sub>	0,13	0,13	100 %	I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R <sub>se</sub>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Vindspærreduk	0,020	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	GU-platte, 9,5mm	0,095	R <sub>s</sub>	0,03	0,026	100 %	GU-X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Isostender, 200mm (PUR 67mm)	0,067	R <sub>s</sub> = 0,067/0,030	-	1,117	22,9 %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	Isostender, 200mm (tredel 133mm)	0,133	R <sub>s</sub> = 0,133/0,12	-	1,108	22,9 %	Iso3 200mm, Moelven																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Mineralull, 200mm	0,200	R <sub>s</sub> = 0,20/0,035	5,71	-	77,1 %	Glava prof 35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Dampsperre	0,001	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	Mineralull 50mm	0,050	R <sub>s</sub> = 0,050/0,035	1,43	1,43	100 %	Glava prof 35, lektre 36*48mm er inkludert*																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Gips, 13mm	0,013	R <sub>s</sub>	0,13	0,13	100 %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	Innvendig overgangsmotstand	-	R <sub>si</sub>	0,13	0,13	100 %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	Total varmemotstand i felt				7,62	4,13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	Øvre grenseverdi, R <sub>i</sub> '			6,386	[m <sup>2</sup> K/W]																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	<b>R<sub>i</sub>'</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Utvendig overgangsmotstand	-	R <sub>se</sub>	-	-	-	-	100 %	Ser bort i fra varmemotstanden til																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Utvendig kledning, 19mm	0,019	R <sub>s</sub>	-	-	-	-	100 %	ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Ventilert hulrom, 20mm	0,020	R <sub>s</sub> = R <sub>se</sub>	0,13	0,13	100 %	I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R <sub>se</sub>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Vindspærreduk	0,020	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
GU-platte, 9,5mm	0,095	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %	GU-X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Legering (mineralull/iso-stender)	0,200	R <sub>s</sub> = 0,200/0,041	4,21	-	100 %	λ = A1*λ1 + A2*λ2 = 0,7715*0,035 + 0,2285*[(133/200*0,12)+(67/200*0,030)] = 0,048																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Dampsperre	0,001	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Mineralull 50mm	0,050	R <sub>s</sub> = 0,050/0,035	1,43	1,43	100 %	Glava prof 35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Gips, 13mm	0,013	R <sub>s</sub>	0,13	0,13	100 %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Innvendig overgangsmotstand	-	R <sub>si</sub>	0,13	0,13	100 %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Nedre grenseverdi, R <sub>i</sub> '				6,11	[m <sup>2</sup> K/W]																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
U = (R <sub>i</sub> ' + R <sub>i</sub> ')/2 + ΔU**																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
** Setter ΔU = 0 etteranvisninger i tabell 42 i SINTEF Byggforsk 471.008																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
U-verdi veggforslag 1				0,160 [W/(m <sup>2</sup> K)]																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
<b>Veggforslag 2</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	R <sub>i</sub> '	Utvendig overgangsmotstand	-	R <sub>se</sub>	-	-	100 %	Ser bort i fra varmemotstanden til	SINTEF Byggforsk 471.008																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		Utvendig kledning, 19mm	0,019	R <sub>s</sub>	-	-	-	100 %		ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	Ventilert hulrom, 20mm	0,020	R <sub>s</sub> = R <sub>se</sub>	0,13	0,13	100 %	I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R <sub>se</sub>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Vindspærreduk	0,020	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	GU-platte, 9,5mm	0,095	R <sub>s</sub>	0,03	0,026	100 %	GU-X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Isostender, 250mm (PUR 117mm)	0,117	R <sub>s</sub> = 0,117/0,030	-	3,900	22,9 %	Iso3 250mm, Moelven																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Isostender, 250mm (tredel 133mm)	0,133	R <sub>s</sub> = 0,133/0,12	-	1,108	22,9 %	Iso3 250mm, Moelven																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Mineralull, 250mm	0,250	R <sub>s</sub> = 0,250/0,035	7,14	-	77,1 %	Glava prof 35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Dampsperre	0,001	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	Mineralull 50mm	0,050	R <sub>s</sub> = 0,050/0,035	1,43	1,43	100 %	Glava prof 35, lektre 36*48mm er inkludert*																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Gips, 13mm	0,013	R <sub>s</sub>	0,13	0,13	100 %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	Innvendig overgangsmotstand	-	R <sub>si</sub>	0,13	0,13	100 %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	Total varmemotstand i felt				9,05	6,91																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	Øvre grenseverdi, R <sub>i</sub> '			8,452	[m <sup>2</sup> K/W]																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	<b>R<sub>i</sub>'</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Utvendig overgangsmotstand	-	R <sub>se</sub>	-	-	-	-	100 %	Ser bort i fra varmemotstanden til																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Utvendig kledning, 19mm	0,019	R <sub>s</sub>	-	-	-	-	100 %	ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Ventilert hulrom, 20mm	0,020	R <sub>s</sub> = R <sub>se</sub>	0,13	0,13	100 %	I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R <sub>se</sub>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Vindspærreduk	0,020	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
GU-platte, 9,5mm	0,095	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %	GU-X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Legering (mineralull/iso-stender)	0,250	R <sub>s</sub> = 0,250/0,043	5,58	-	100 %	λ = A1*λ1 + A2*λ2 = 0,7715*0,035 + 0,2285*[(133/250*0,12)+(117/250*0,030)] = 0,045																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Dampsperre	0,001	R <sub>s</sub>	0,03	0,03	100 %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Mineralull 50mm	0,050	R <sub>s</sub> = 0,050/0,035	1,43	1,43	100 %	Glava prof 35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Gips, 13mm	0,013	R <sub>s</sub>	0,13	0,13	100 %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Innvendig overgangsmotstand	-	R <sub>si</sub>	0,13	0,13	100 %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Nedre grenseverdi, R <sub>i</sub> '				7,49	[m <sup>2</sup> K/W]																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
U = (R <sub>i</sub> ' + R <sub>i</sub> ')/2 + ΔU**																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
** Setter ΔU = 0 etteranvisninger i tabell 42 i SINTEF Byggforsk 471.008																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
U-verdi veggforslag 2				0,125 [W/(m <sup>2</sup> K)]																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

# Vedlegg F – Beregning av U-verdier

Konstruksjonsdel	Grenseverdi	Sjikt	Tykkelse d (m)	Varmemotstand R <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> ·K/W)	Motstand i felt Isolasjon	Andel [%]	Andel [%]	Andel [%]	Andel [%]	Kommentar	Kilde
Veggforslag 3 350mm isolasjon, Iso3 300mm og 50mm påføring 	R <sub>v</sub> <sup>1</sup>	Utvendig overgangsmotstand	-	R <sub>v</sub>	-	-	100 %	Ser bort i fra varmemottstanden til			
		Utvendig kledding, 19mm	0,019	R <sub>v</sub>	-	-	100 %	ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.		SINTEF Byggeforsk 471.008	
		Ventiliert hulrom, 20mm	0,020	R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %	I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R <sub>v</sub>		SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		Vindspærreduk	0,020	R <sub>v</sub>	0,03	0,03	100 %			Teknisk godkjenning nr.2418	
		GU-plate, 9,5mm	0,095	R <sub>v</sub>	0,03	0,026	100 %	GU-X		Teknisk godkjenning nr.2610	
		Isostender, 300mm (PUR 109mm)	0,109	R <sub>v</sub> = 0,109/0,030	-	3,633	22,9 %	Iso3 300mm, Moelven		Teknisk godkjenning nr.2610	
		Isostender, 300mm (tredele 191mm)	0,191	R <sub>v</sub> = 0,191/0,12	-	1,592	22,9 %	Iso3 300mm, Moelven		Teknisk godkjenning nr.2610	
		Mineralull, 300mm	0,300	R <sub>v</sub> = 0,300/0,035	8,57	-	77,1 %	Glava proff 35		Glava.no	
		Dampsperre	0,001	R <sub>v</sub>	0,03	0,03	100 %			SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		Mineralull 50mm	0,050	R <sub>v</sub> = 0,050/0,035	1,43	1,43	100 %	Glava proff 35, lektre 36*98mm er inkludert*			
	Gips, 13mm	0,013	R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %					
	Innvendig overgangsmotstand	-	R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %					
	Total varmemotstand i felt			10,48	7,13						
	Øvre grenseverdi, R <sub>v</sub> <sup>1</sup>			9,461	[m <sup>2</sup> ·K/W]						
	R <sub>v</sub> <sup>2</sup>	Utvendig overgangsmotstand	-	R <sub>v</sub>	-	-	100 %	Ser bort i fra varmemottstanden til			
		Utvendig kledding, 19mm	0,019	R <sub>v</sub>	-	-	100 %	ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.		SINTEF Byggeforsk 471.008	
		Ventiliert hulrom, 20mm	0,020	R <sub>v</sub> = R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %	I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R <sub>v</sub>		SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		Vindspærreduk	0,020	R <sub>v</sub>	0,03	0,03	100 %			SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		GU-plate, 9,5mm	0,095	R <sub>v</sub>	0,03	0,026	100 %	GU-X		Teknisk godkjenning nr.2418	
		Legering (mineralull/iso-stender)	0,300	R <sub>v</sub> = 0,300/0,043	6,99	100 %	A = A1*A1 + A2*A2 = 0,7715*0,035 + 0,2285*[(191/300)*0,12] + (109/300*0,030) = 0,047		SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5		
Dampsperre		0,001	R <sub>v</sub>	0,03	0,03	100 %			SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5		
Mineralull 50mm		0,050	R <sub>v</sub> = 0,050/0,035	1,43	1,43	100 %	Glava proff 35				
Gips, 13mm		0,013	R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %					
Innvendig overgangsmotstand		-	R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %					
Nedre grenseverdi, R <sub>v</sub> <sup>2</sup>			8,29	[m <sup>2</sup> ·K/W]							
			U = (RT <sup>1</sup> + RT <sup>2</sup> )/2 + ΔU**						** Setter ΔU = 0 etteranvisninger i tabell 42 i SINTEF Byggeforsk 471.008		
U-verdi veggforslag 3			0,113			[W/(m <sup>2</sup> ·K)]					
Veggforslag 4 Som vegg 1, men med bedre isolasjonskvalitet	R <sub>v</sub> <sup>1</sup>	Utvendig overgangsmotstand	-	R <sub>v</sub>	-	-	100 %	Ser bort i fra varmemottstanden til			
		Utvendig kledding, 19mm	0,019	R <sub>v</sub>	-	-	100 %	ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.		SINTEF Byggeforsk 471.008	
		Ventiliert hulrom, 20mm	0,020	R <sub>v</sub> = R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %	I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R <sub>v</sub>		SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		Vindspærreduk	0,020	R <sub>v</sub>	0,03	0,03	100 %			SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		GU-plate, 9,5mm	0,095	R <sub>v</sub>	0,03	0,026	100 %	GU-X		Teknisk godkjenning nr.2418	
		Isostender, 250mm (PUR 117mm)	0,067	R <sub>v</sub> = 0,067/0,030	0,03	0,026	100 %	GU-X		Teknisk godkjenning nr.2418	
		Isostender, 250mm (tredele 133mm)	0,133	R <sub>v</sub> = 0,133/0,12	-	1,108	22,9 %	Iso3 200mm, Moelven		Teknisk godkjenning nr.2610	
		Mineralull, 250mm	0,200	R <sub>v</sub> = 0,200/0,033	6,06	-	77,1 %	Glava Extreme 33		Glava.no	
		Dampsperre	0,001	R <sub>v</sub>	0,03	0,03	100 %			SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		Mineralull 50mm	0,050	R <sub>v</sub> = 0,050/0,033	1,52	1,52	100 %	Glava Extreme 33, lektre 36*48mm er inkludert*			
	Gips, 13mm	0,013	R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %					
	Innvendig overgangsmotstand	-	R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %					
	Total varmemotstand i felt			8,05	5,33						
	Øvre grenseverdi, R <sub>v</sub> <sup>1</sup>			7,212	[m <sup>2</sup> ·K/W]						
	R <sub>v</sub> <sup>2</sup>	Utvendig overgangsmotstand	-	R <sub>v</sub>	-	-	100 %	Ser bort i fra varmemottstanden til			
		Utvendig kledding, 19mm	0,019	R <sub>v</sub>	-	-	100 %	ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.		SINTEF Byggeforsk 471.008	
		Ventiliert hulrom, 20mm	0,020	R <sub>v</sub> = R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %	I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R <sub>v</sub>		SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		Vindspærreduk	0,020	R <sub>v</sub>	0,03	0,03	100 %			SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		GU-plate, 9,5mm	0,095	R <sub>v</sub>	0,03	0,026	100 %	GU-X		Teknisk godkjenning nr.2418	
		Legering (mineralull/iso-stender)	0,200	R <sub>v</sub> = 0,200/0,046	4,35	100 %	A = A1*A1 + A2*A2 = 0,7715*0,033 + 0,2285*[(133/200)*0,12] + (67/200*0,030) = 0,046		SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5		
Dampsperre		0,001	R <sub>v</sub>	0,03	0,03	100 %			SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5		
Mineralull 50mm		0,050	R <sub>v</sub> = 0,050/0,033	1,52	1,52	100 %	Glava Extreme 33				
Gips, 13mm		0,013	R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %					
Innvendig overgangsmotstand		-	R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %					
Nedre grenseverdi, R <sub>v</sub> <sup>2</sup>			6,34	[m <sup>2</sup> ·K/W]							
			U = (RT <sup>1</sup> + RT <sup>2</sup> )/2 + ΔU**						** Setter ΔU = 0 etteranvisninger i tabell 42 i SINTEF Byggeforsk 471.008		
U-verdi veggforslag 4			0,148			[W/(m <sup>2</sup> ·K)]					
Veggforslag 5 250mm isolasjon, Iso3 200mm og 50mm extreme 33 påføring 	R <sub>v</sub> <sup>1</sup>	Utvendig overgangsmotstand	-	R <sub>v</sub>	-	-	100 %	Ser bort i fra varmemottstanden til			
		Utvendig kledding, 19mm	0,019	R <sub>v</sub>	-	-	100 %	godt ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.		SINTEF Byggeforsk 471.008	
		Ventiliert hulrom, 20mm	0,020	R <sub>v</sub> = R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %	I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R <sub>v</sub>		SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		Vindspærreduk	0,020	R <sub>v</sub>	0,03	0,03	100 %			SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		GU-plate, 9,5mm	0,095	R <sub>v</sub>	0,03	0,026	100 %	GU-X		Teknisk godkjenning nr.2418	
		Isostender, 200mm (PUR 67mm)	0,067	R <sub>v</sub> = 0,067/0,030	0,03	0,026	100 %	GU-X		Teknisk godkjenning nr.2418	
		Isostender, 200mm (tredele 133mm)	0,133	R <sub>v</sub> = 0,133/0,12	-	1,108	22,9 %	Iso3 200mm, Moelven		Teknisk godkjenning nr.2610	
		Mineralull, 200mm	0,200	R <sub>v</sub> = 0,20 /0,035	5,71	-	77 %	Glava proff 35		Glava.no	
		Dampsperre	0,001	R <sub>v</sub>	0,03	0,03	100 %			SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		Mineralull 50mm	0,050	R <sub>v</sub> = 0,050/0,033	1,52	1,52	100 %	Glava extreme 33, lektre 36*48mm er inkludert*		Glava.no	
	Gips, 13mm	0,013	R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %					
	Innvendig overgangsmotstand	-	R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %					
	Total varmemotstand i felt			7,71	4,22						
	Øvre grenseverdi, R <sub>v</sub> <sup>1</sup>			6,480	[m <sup>2</sup> ·K/W]						
	R <sub>v</sub> <sup>2</sup>	Utvendig overgangsmotstand	-	R <sub>v</sub>	-	-	100 %	Ser bort i fra varmemottstanden til			
		Utvendig kledding, 19mm	0,019	R <sub>v</sub>	-	-	100 %	ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.		SINTEF Byggeforsk 471.008	
		Ventiliert hulrom, 20mm	0,020	R <sub>v</sub> = R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %	I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R <sub>v</sub>		SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		Vindspærreduk	0,020	R <sub>v</sub>	0,03	0,03	100 %			SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		GU-plate, 9,5mm	0,095	R <sub>v</sub>	0,03	0,026	100 %	GU-X		Teknisk godkjenning nr.2418	
		Legering (mineralull/iso-stender)	0,200	R <sub>v</sub> = 0,200/0,041	4,21	100 %	A = A1*A1 + A2*A2 = 0,7715*0,035 + 0,2285*[(133/200)*0,12] + (67/200*0,030) = 0,048		SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5		
Dampsperre		0,001	R <sub>v</sub>	0,03	0,03	100 %			SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5		
Mineralull 50mm		0,050	R <sub>v</sub> = 0,050/0,033	1,52	1,52	100 %	Glava extreme 33		Glava.no		
Gips, 13mm		0,013	R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %					
Innvendig overgangsmotstand		-	R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %					
Nedre grenseverdi, R <sub>v</sub> <sup>2</sup>			6,20	[m <sup>2</sup> ·K/W]							
			U = (RT <sup>1</sup> + RT <sup>2</sup> )/2 + ΔU**						** Setter ΔU = 0 etteranvisninger i tabell 42 i SINTEF Byggeforsk 471.008		
U-verdi veggforslag 1			0,158			[W/(m <sup>2</sup> ·K)]					
Veggforslag 6 300mm isolasjon (Som veggforslag 2), men med 50mm extreme 33 påføring. 	R <sub>v</sub> <sup>1</sup>	Utvendig overgangsmotstand	-	R <sub>v</sub>	-	-	100 %	Ser bort i fra varmemottstanden til			
		Utvendig kledding, 19mm	0,019	R <sub>v</sub>	-	-	100 %	ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.		SINTEF Byggeforsk 471.008	
		Ventiliert hulrom, 20mm	0,020	R <sub>v</sub> = R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %	I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R <sub>v</sub>		SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		Vindspærreduk	0,020	R <sub>v</sub>	0,03	0,03	100 %			SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		GU-plate, 9,5mm	0,095	R <sub>v</sub>	0,03	0,026	100 %	GU-X		Teknisk godkjenning nr.2418	
		Isostender, 250mm (PUR 117mm)	0,117	R <sub>v</sub> = 0,117/0,030	-	3,900	22,9 %	Iso3 250mm, Moelven		Teknisk godkjenning nr.2610	
		Isostender, 250mm (tredele 133mm)	0,133	R <sub>v</sub> = 0,133/0,12	-	1,108	22,9 %	Iso3 250mm, Moelven		Teknisk godkjenning nr.2610	
		Mineralull, 250mm	0,250	R <sub>v</sub> = 0,250/0,035	7,14	-	77,1 %	Glava proff 35		Glava.no	
		Dampsperre	0,001	R <sub>v</sub>	0,03	0,03	100 %			SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		Mineralull 50mm	0,050	R <sub>v</sub> = 0,050/0,033	1,52	1,52	100 %	Glava extreme 33, lektre 36*48mm er inkludert*			
	Gips, 13mm	0,013	R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %					
	Innvendig overgangsmotstand	-	R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %					
	Total varmemotstand i felt			9,13	7,00						
	Øvre grenseverdi, R <sub>v</sub> <sup>1</sup>			8,539	[m <sup>2</sup> ·K/W]						
	R <sub>v</sub> <sup>2</sup>	Utvendig overgangsmotstand	-	R <sub>v</sub>	-	-	100 %	Ser bort i fra varmemottstanden til			
		Utvendig kledding, 19mm	0,019	R <sub>v</sub>	-	-	100 %	ventilerte hulrom og utenforliggende sjikt.		SINTEF Byggeforsk 471.008	
		Ventiliert hulrom, 20mm	0,020	R <sub>v</sub> = R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %	I stedet brukes innvendig overgangsmotstand R <sub>v</sub>		SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		Vindspærreduk	0,020	R <sub>v</sub>	0,03	0,03	100 %			SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		GU-plate, 9,5mm	0,095	R <sub>v</sub>	0,03	0,026	100 %	GU-X		Teknisk godkjenning nr.2418	
		Legering (mineralull/iso-stender)	0,250	R <sub>v</sub> = 0,250/0,043	5,58	100 %	A = A1*A1 + A2*A2 = 0,7715*0,035 + 0,2285*[(133/250)*0,12] + (117/250*0,030) = 0,045		SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5		
Dampsperre		0,001	R <sub>v</sub>	0,03	0,03	100 %			SINTEF Byggeforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5		
Mineralull 50mm		0,050	R <sub>v</sub> = 0,050/0,033	1,52	1,52	100 %	Glava extreme 33				
Gips, 13mm		0,013	R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %					
Innvendig overgangsmotstand		-	R <sub>v</sub>	0,13	0,13	100 %					
Nedre grenseverdi, R <sub>v</sub> <sup>2</sup>			7,57	[m <sup>2</sup> ·K/W]							

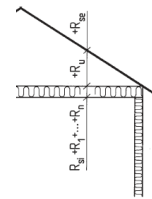
## U-verdi på tak :

Varmetap gjennom takkonstruksjonen

$$U = 1/R_e + \Delta U = [W/(m^2K)]$$

$$R_e = (\text{Øvre grenseverdi} + \text{Nedre grenseverdi}) / 2 = (R_i' + R_i'') / 2 = [m^2K/W]$$

Konstruksjonsdel	Grenseverdi	Sjikt	Tykkelse d [m]	Varmemotstand R=d/λ	Motstand i felt Isolasjon	Andel Bindingsverk [%]	Kommentar	Kilde	
<b>Takforslag 1</b> Som eksisterende, men med til sammen 450mm isolasjon	$R_i'$	Utvendig overgangsmotstand	-	$R_{e,u}$	0,40	0,4	100	SINTEF Byggforsk 471.008 tabell 24	
		Takrom	-	$R_t$	0,20	0,2	100	SINTEF Byggforsk 471.008 tabell 262	
		Mineralull, 150mm	0,150	$R_1$	4,29	4,29	100		
		Takstol, 148mm	0,150	$R_1 = 0,150/0,13$	-	1,15	12		
		Mineralull, 300mm	0,300	$R_1 = 0,300/0,035$	8,57	-	88	Teknisk godkjenning nr.2610	
		Dampsperre	0,002	$R_2$	0,03	0,03	100	Glava.no	
		Hulrom, 36mm	0,036	$R_3$	0,16	0,16	100	SINTEF Byggforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		Gips, 13mm	0,013	$R_4$	0,13	0,13	100	SINTEF Byggforsk 471.008 tabell 252	
		Innvendig overgangsmotstand	-	$R_{e,i}$	0,13	0,13	100		
		Total varmemotstand i felt	-			13,91	6,49		
	Øvre grenseverdi, $R_i'$			12,230 [m <sup>2</sup> K/W]					
	$R_i''$	Utvendig overgangsmotstand	-	$R_{e,u}$	0,40	0,40	100		
		Takrom	-	$R_t$	0,20	0,20	100		
		Mineralull, 100mm	0,300	$R_2$	8,57	100			
		Legering (mineralull/takstol)	0,150	$R_1 = 0,150/0,049$	3,06	100	$\lambda = A1 \cdot \lambda_1 + A2 \cdot \lambda_2 = 0,85 \cdot 0,035 + 0,15 \cdot 0,13 = 0,049$		
		Dampsperre	0,002	$R_3$	0,03	100			
		Hulrom, 36mm	0,036	$R_4$	0,16	100			
		Gips, 13mm	0,013	$R_5$	0,13	100			
		Innvendig overgangsmotstand	-	$R_{e,i}$	0,13	100			
		Nedre grenseverdi, $R_i''$			12,68 [m <sup>2</sup> K/W]				
U = (RT + RT'')/2 + ΔU**						** Setter ΔU = 0 etteranvisninger i tabell 42 i SINTEF Byggforsk 471.008			
U-verdi veggforslag 4			0,080 [W/(m <sup>2</sup> K)]						
<b>Takforslag 2</b> Som eksisterende, men med til sammen 550mm isolasjon	$R_i'$	Utvendig overgangsmotstand	-	$R_{e,u}$	0,40	0,4	100	SINTEF Byggforsk 471.008 tabell 24	
		Takrom	-	$R_t$	0,20	0,2	100	SINTEF Byggforsk 471.008 tabell 262	
		Mineralull, 150mm	0,150	$R_1$	4,29	-	88		
		Takstol, 148mm	0,150	$R_1 = 0,150/0,13$	-	1,15	12		
		Mineralull, 100mm	0,100	$R_1 = 0,100/0,035$	2,86	2,86	100	Teknisk godkjenning nr.2610	
		Mineralull, 250mm	0,250	$R_1 = 0,250/0,035$	7,14	7,14	100	Glava.no	
		Dampsperre	0,002	$R_2$	0,03	0,03	100	SINTEF Byggforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		Hulrom, 36mm	0,036	$R_3$	0,16	0,16	100	SINTEF Byggforsk 471.008 tabell 252	
		Gips, 13mm	0,013	$R_4$	0,13	0,13	100		
		Innvendig overgangsmotstand	-	$R_{e,i}$	0,13	0,13	100		
	Total varmemotstand i felt	-			15,34	12,20			
	Øvre grenseverdi, $R_i'$			13,326 [m <sup>2</sup> K/W]					
	$R_i''$	Utvendig overgangsmotstand	-	$R_{e,u}$	0,40	0,40	100		
		Takrom	-	$R_t$	0,20	0,20	100		
		Legering (mineralull/takstol)	0,150	$R_1 = 0,150/0,049$	3,06	100	$\lambda = A1 \cdot \lambda_1 + A2 \cdot \lambda_2 = 0,85 \cdot 0,035 + 0,15 \cdot 0,13 = 0,049$		
		Mineralull, 100mm	0,100	$R_2$	2,86	100			
		Mineralull, 250mm	0,250	$R_3$	7,14	100			
		Dampsperre	0,002	$R_4$	0,03	100			
		Hulrom, 36mm	0,036	$R_5$	0,16	100			
		Gips, 13mm	0,013	$R_6$	0,13	100			
Innvendig overgangsmotstand		-	$R_{e,i}$	0,13	100				
Nedre grenseverdi, $R_i''$				14,11 [m <sup>2</sup> K/W]					
U = (RT + RT'')/2 + ΔU**					** Setter ΔU = 0 etteranvisninger i tabell 42 i SINTEF Byggforsk 471.008				
U-verdi veggforslag 4			0,073 [W/(m <sup>2</sup> K)]						
<b>Takforslag 3</b> Skrått sperretak av I-profiler med til sammen 500mm isolasjon	$R_i'$	Utvendig overgangsmotstand	-	$R_{e,u}$	-	-	100	Regner med ventilert hulrom, og regner bare	SINTEF Byggforsk 471.008 tabell 24
		Lufting	-	$R_e$	0,04	0,04	100	med utvendig overgangstall	SINTEF Byggforsk 471.008 tabell 262
		Vindsperre	0,010	$R_1$	0,03	0,03	100		
		Mineralull, 250mm	0,250	$R_2$	7,14	7,14	100		
		I-profil, h=500mm, t <sub>sp</sub> =8mm	0,500	$R_1 = 0,500/0,13$	-	3,85	1,3	Ser bare på steget	Teknisk godkjenning nr.2610
		Mineralull, 250mm	0,250	$R_1 = 0,250/0,035$	7,14	-	98,7		
		Dampsperre	0,002	$R_3$	0,03	0,03	100	Glava.no	
		Hulrom, 36mm	0,036	$R_4$	0,16	0,16	100	SINTEF Byggforsk "Trehus" håndbok 53, tabell 4,2,5	
		Gips, 13mm	0,013	$R_5$	0,13	0,13	100	SINTEF Byggforsk 471.008 tabell 252	
		Innvendig overgangsmotstand	-	$R_{e,i}$	0,13	0,13	100		
	Total varmemotstand i felt	-			14,81	11,51			
	Øvre grenseverdi, $R_i'$			14,751 [m <sup>2</sup> K/W]					
	$R_i''$	Utvendig overgangsmotstand	-	$R_{e,u}$	-	-	100		
		Vindsperre	0,010	$R_1$	0,03	0,03	100		
		Takrom	-	$R_t$	0,04	0,04	100		
Legering (mineralull/takstol)		0,500	$R_1 = 0,500/0,049$	10,20	100	$\lambda = A1 \cdot \lambda_1 + A2 \cdot \lambda_2 = 0,85 \cdot 0,035 + 0,15 \cdot 0,13 = 0,049$			
Innvendig overgangsmotstand		-	$R_{e,i}$	0,13	0,13	100			
Nedre grenseverdi, $R_i''$			10,72 [m <sup>2</sup> K/W]						
U = (RT + RT'')/2 + ΔU**					** Setter ΔU = 0 etteranvisninger i tabell 42 i SINTEF Byggforsk 471.008				
U-verdi veggforslag 4			0,079 [W/(m <sup>2</sup> K)]						



## U-verdi på gulv mot grunnen:

Gulvkonstruksjon	Uverdi	Ekvivalent U-verdi*
300mm EPS under betongplate på 80mm	0,12	0,10
350mm EPS under betongplate på 80mm	0,11	0,09
400mm EPS under betongplate på 80mm	0,1	0,08

\*Ekvivalent U-verdi tar høyde for at varmetapet blir redusert for gulv mot grunn i forhold til friluft. Det er denne verdien som brukes ved evaluering mot byggeforskriftene.

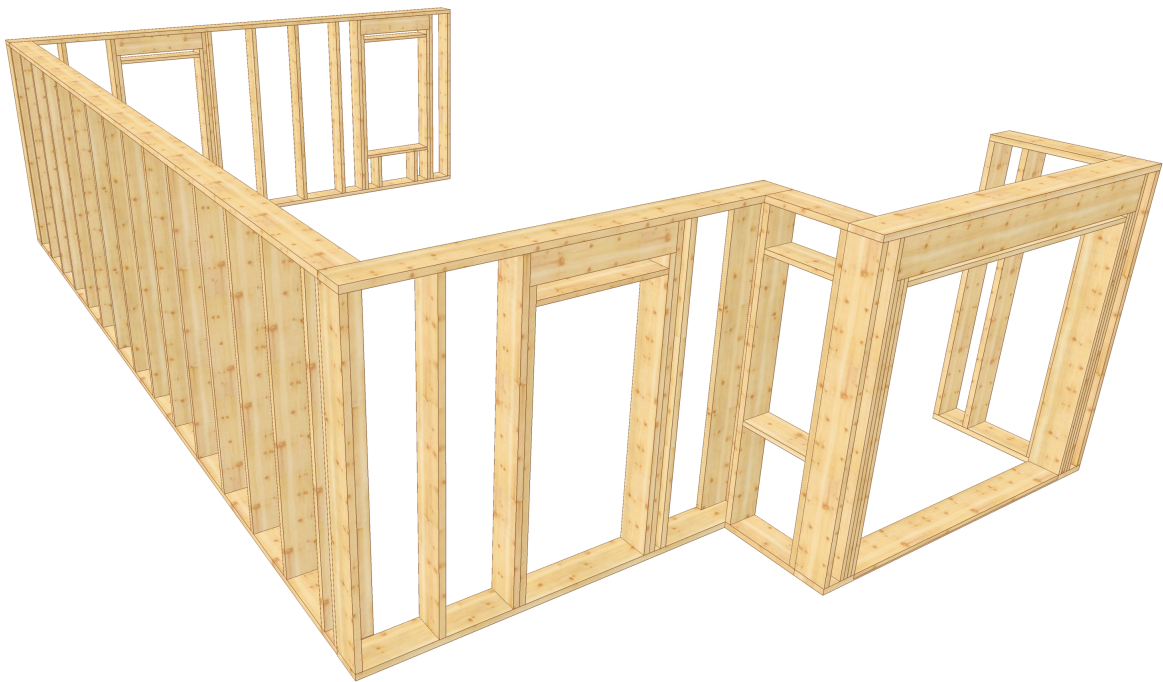


## VEDLEGG G – BEREGNING AV TREANDEL

Beregningene av treandel i veggene nedenfor gjelder veggene i første og andre etasje:

Veggdel	Areal [m2]	Treareal [m2]	Andel tre [%]	Antal vegger	Totalt treareal [m2]	Totalt veggareal [m2]	Total andel tre [%]
Sør/Nord	22,8	2,83	12,41	2	5,66	45,6	12,41 %
Øst 1	7,15	1,73	24,20	7	12,11	50,05	24,20 %
Øst 2	5	1,95	39	7	13,65	35	39,00 %
Vest	11,5	2,404	20,90	7	16,83	80,5	20,90 %
<b>Totalt</b>	<b>46,45</b>	<b>8,914</b>	<b>19,2 %</b>		<b>48,25</b>	<b>211,15</b>	<b>22,85 %</b>

Alle stendere i 48 mm-virke. Andre etasje er brukt til å regne ut treandelen i vegger i 250 mm veggtykkelse. Figurene under er laget for å visualisere treandelen på den sørvendte leiligheten i Trestakkveien.





## VEDLEGG H – TILTAKENES PRISER OG REFERANSER

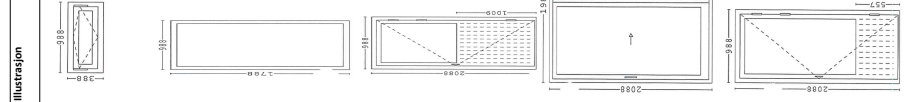
Tiltak	Investerings- kostnad [kr]	Merkostnad pr m2 BRA ift. bygget [kr]	Kilde:	Kommunikasjon og dato:
10.1.1 - I		132	Block Watne: Kalkulator Thore Kristoffersen	e-post mottatt den 27.03.12
10.1.1 - II		186	Block Watne: Kalkulator Thore Kristoffersen	e-post mottatt den 27.03.12
10.1.1 - III		233	Block Watne: Kalkulator Thore Kristoffersen	e-post mottatt den 27.03.12
10.1.1 - IV		152	Block Watne: Kalkulator Thore Kristoffersen	e-post mottatt den 27.03.12
10.1.1 - V		131	Block Watne: Kalkulator Thore Kristoffersen	e-post mottatt den 19.04.12
10.1.1 - VI		191	Block Watne: Kalkulator Thore Kristoffersen	e-post mottatt den 19.04.12
10.1.2 - I		5	Block Watne: Kalkulator Thore Kristoffersen	e-post mottatt den 27.03.12
10.1.2 - II		18	Block Watne: Kalkulator Thore Kristoffersen	e-post mottatt den 27.03.12
10.1.2 - III		285	Block Watne: Kalkulator Thore Kristoffersen	e-post mottatt den 27.03.12
10.1.3 - I		17	Block Watne: Kalkulator Thore Kristoffersen	e-post mottatt den 27.03.12
10.1.3 - II		32	Block Watne: Kalkulator Thore Kristoffersen	e-post mottatt den 27.03.12
10.1.3 - III		52	Block Watne: Kalkulator Thore Kristoffersen	e-post mottatt den 27.03.12
10.1.4 - I	98 872	102	Nordan: salgskonsulent Frank Rasmussen	e-post mottatt den 29.03.12
10.1.6 - I		30	Block Watne: Kalkulator Thore Kristoffersen	e-post mottatt den 27.03.12
10.1.6 - II		57	Block Watne: Kalkulator Thore Kristoffersen	e-post mottatt den 19.04.12
10.1.7 - I		251	Block Watne: Kalkulator Thore Kristoffersen	e-post mottatt den 27.03.12
10.1.7 - II		251	Block Watne: Kalkulator Thore Kristoffersen	e-post mottatt den 27.03.12
10.2.2 - I	140 700	129	Peisselskabet AS: Kjetil Limi	e-post mottatt den 12.03.12
10.2.2 - II	628 960	279	Huse Biovarme: Vidar Huse	e-post mottatt den 12.04.12
10.3.1 - I	179 600	157	Aventa Solar: Konsulent Arne Saugstad	e-post mottatt den 20.04.12
10.3.1 - II	270 000	247	Vaillant: Thomas Bjarnes	e-post mottatt den 21.03.12
10.3.2 - I	250 000	229	Getek: Teknisk leder Helge Engebø	e-post mottatt den 20.02.12
10.3.2 - II	2 200 000	1947	Getek: Teknisk leder Helge Engebø	e-post mottatt den 13.04.12
10.3.3 - I	720 700	363	Vaillant: Thomas Bjarnes	e-post mottatt den 21.03.12
10.3.3 - II	813 500	448	Vaillant: Thomas Bjarnes	e-post mottatt den 21.03.12
10.3.4 - I	450 000	412	Getek: Teknisk leder Helge Enegebø	e-post mottatt den 20.02.12
10.3.5 - I	3 450	51	Norsk Varehandel	www.miljodusj.no den 17.02.12
10.3.6 - I	126 000	-181	EcoConsult: konsulent Atle Engholm	e-post mottatt den 19.03.12
10.3.6 - II	714 960	358	EcoConsult: konsulent Atle Engholm	e-post mottatt den 19.03.12
10.4.1 - I		27	Block Watne: Kalkulator Thore Kristoffersen	e-post mottatt den 27.03.12
10.4.1 - II	369 572	338	Norsol: Markedssjef Krister Nekstad	e-post mottatt den 07.03.12
10.4.1 - III	198 052	181	Norsol: Markedssjef Krister Nekstad	e-post mottatt den 07.03.12
10.4.1 - IV	73 700	67	Norsol: Markedssjef Krister Nekstad	e-post mottatt den 22.03.12
10.4.2 - I	458 081	419	Block Watne: Kalkulator Thore Kristoffersen	e-post mottatt den 19.04.12
10.5.1 - I	21 062	20	Flexit: Svein Erik Solbrekke	e-post mottatt den 11.04.12
10.6.2 - I	85 659	78	Nordan: Frank Rasmussen, Sørvinde: Roger Solheim	e-post mottatt den 13.04.12
10.6.2 - II	25 683	24	Nordan: Frank Rasmussen, Sørvinde: Roger Solheim	e-post mottatt den 13.04.12





10.1.4 – I – Lavenergivinduer, uendret geometri (Levert av Nordan)		10.6.2 – I – Lavenergivinduer, redusert areal (soverom)				10.6.2 – II – Lavenergivinduer, redusert areal (sov + stue)					
Type	U-verdi	Antall	pris pr stk	Miljøavgift	Total pris (eks MVA)	Type	U-verdi	Antall	pris pr stk	Miljøavgift	Total pris (eks MVA)
V8	0,93	14	1 691 kr	15 kr	23 884 kr	ND NTEch Sikkerhetsvindu 105/80-988 x488mm (Redusert antall, Fra 2 i hver leilighet til 1)	0,93	7	1 691 kr	15 kr	11 942 kr
<p>ND NTEch Sikkerhetsvindu 105/80-988 x488mm                      U-verdi produkt: 0,93W/m<sup>2</sup>K                      Vekt 20 kg                      Høyrelengdelet                      Innvendig rammeforsvingende ramme                      Oppbygning 4ES+16G+4+16G+ES4                      Transmisjon LT/ST 58/37</p>											
V9	0,7	7	2 289 kr	15 kr	16 128 kr	ND NTEch Fast karm 105-988 x1788mm	0,7	7	2 289 kr	15 kr	16 128 kr
<p>ND NTEch Fast karm 105-988 x1788mm                      U-verdi produkt: 0,70W/m<sup>2</sup>K                      Vekt 58 kg                      Energ 2s: VS/Ar                      Oppbygning 4ES+16G+4+16G+ES4                      Transmisjon LT/ST 58/37</p>											
V10	0,79	7	4 246 kr	15 kr	29 827 kr	ND NTEch Villa Sikkerhetsdør 988 x2088mm 4 246	0,79	7	4 246 kr	15 kr	29 827 kr
<p>ND NTEch Villa Sikkerhetsdør 988 x2088mm 4 246                      U-verdi produkt: 0,79W/m<sup>2</sup>K                      Vekt 64 kg                      Energ 2s: VS/Ar                      Oppbygning 4ES+16G+4+16G+ES4                      Transmisjon LT/ST 58/37</p>											
V11	1,00	7	9 037 kr	30 kr	63 469 kr	Slyveder fra Veks (2000x2100) med Veks Alpha Line 90 (6 L, 90mm) Profil farge: Hvit med grå pakninger Glass: Energy-saving herdet glass unit 4GRGN-14TGIAR-4-18TGIAR-4GRGN (U=0,5) med varm kant	0,76	7	11 245 kr	30 kr	78 922 kr
<p>ND NTEch Slyveder 1988 x2088mm 9 037                      U-verdi produkt: 1,00W/m<sup>2</sup>K                      Vekt 156 kg                      Energ 2s: VS/Ar                      Oppbygning 4ES+12G+4+12G+ES4                      Transmisjon LT/ST 58/37</p>											
V12	0,81	7	4 364 kr	15 kr	30 653 kr	ND NTEch Villa Sikkerhetsdør 988 x2088mm 4 364	0,81	7	4 364 kr	15 kr	30 653 kr
<p>ND NTEch Villa Sikkerhetsdør 988 x2088mm 4 364                      U-verdi produkt: 0,81W/m<sup>2</sup>K                      Vekt 70 kg                      Energ 2s: VS/Ar                      Oppbygning 4ES+16G+4+16G+ES4                      Transmisjon LT/ST 58/37</p>											
D1	0,8	7	1 858 kr	0 kr	13 003 kr	Ytterdør tilpasset passivhuskrav (kun tilleggspris)	0,8	7	1 858 kr	0 kr	13 003 kr
<p>Ytterdør tilpasset passivhuskrav (kun tilleggspris)                      122 44 746 kr                      105 x7 dører                      105 x7 dører</p>											

Side 2 av tabellen





## VEDLEGG J – BEREGNINGER AV KULDEBROVERDIER OG NORMALISERT KULDEBROVERDI

Tabellene beregning av normalisert kuldebroverdi med dagens balkongoppheng, og med utvendig bæring av balkongene (nederst).

### Kuldebroer

Type	Kuldebro	Verdi [W/mK]	Endeleiligheter løpemeter/antall	Midtleiligheter, løpemeter/antall	Hele bygget løpemeter	Varmetap	Referanse
<b>Bygningstekniske kuldebroer</b>	Vindu/dører mot vegg	0,010	73,3	66,1	477,1	4,771	tabell 82, SINTEF Byggforsk detalj 471.017
(oppgitt vha løpemeter)	Vegg mot gulv på grunn	0,070	10,5	6	51	3,570	tabell 43, SINTEF Byggforsk detalj 471.017
	Vegg mot tak*	0,025	29,6	20,1	159,7	3,993	kuldebruatlas, SINTEF Byggforsks rapport 25
	Vegg mot etasjeskiller	0,000	46,6	27,6	231,2	0,000	pkt.111, SINTEF Byggforsk detalj 471.017
	Vegg mot leilighetsskille	0,000	5,2	10,4	62,4	0,000	Antagelse, pga uavbrutt isolasjonslag
	Vegg mot betongvegg	0,000	5,2	10,4	62,4	0,000	Antagelse, pga uavbrutt isolasjonslag
	Betongvegg mot gulv på grunn	0,120	10,5	7	56	6,720	kuldebruatlas, SINTEF Byggforsks rapport 25
	Balkongoppheng***	0,145	6	6	42	6,080	Fra egne beregninger
<b>Geometrisk kuldebro</b>	Utvendig hjørne	0,030	20,8	15,6	119,6	3,588	tabell 722, SINTEF Byggforsk detalj 471.017
(oppgitt vha løpemeter)	Innvendig hjørne	-0,060	15,6	15,6	109,2	-6,552	tabell 722, SINTEF Byggforsk detalj 471.017
<b>Punktkuldebro</b>	Gjennomføring i tak (pipe)	0,000	1	1	7	0,000	Antagelse etter professor Tormod Aurlien
(oppgitt vha antall)	Gjennomføring i vegg (ventilasjon)	0,000	3	3	21	0,000	Antagelse etter professor Tormod Aurlien

"vegg" er yttervegg av bindingsverk

\*\*inkludert vegg mot "gulv mot det fri"

\*\*\*egne beregninger, tillegg pga økt treandel

		Endeleilighet	Midtleilighet	Totalt
Totalt varmetap	[W/K]	4,025	2,824	22,169
Oppvarmet BRA ( $A_n$ )	[m <sup>2</sup> ]	156,000	156,000	1092,000
Normalisert Kuldebroverdi	[W/(m <sup>2</sup> K)]	0,026	0,018	0,020

### Kuldebroer

=> med utvendig balkongoppheng

Type	Kuldebro	Verdi [W/mK]	Endeleiligheter løpemeter/antall	Midtleiligheter, løpemeter/antall	Hele bygget løpemeter	Varmetap	Referanse
<b>Bygningstekniske kuldebroer</b>	Vindu/dører mot vegg	0,010	73,3	66,1	477,1	4,771	tabell 82, SINTEF Byggforsk detalj 471.017
(oppgitt vha løpemeter)	Vegg mot gulv på grunn	0,070	10,5	6	51	3,570	tabell 43, SINTEF Byggforsk detalj 471.017
	Vegg mot tak*	0,025	29,6	20,1	159,7	3,993	kuldebruatlas, SINTEF Byggforsks rapport 25
	Vegg mot etasjeskiller	0,000	46,6	27,6	231,2	0,000	pkt.111, SINTEF Byggforsk detalj 471.017
	Vegg mot leilighetsskille	0,000	5,2	10,4	62,4	0,000	Antagelse, pga uavbrutt isolasjonslag
	Vegg mot betongvegg	0,000	5,2	10,4	62,4	0,000	Antagelse, pga uavbrutt isolasjonslag
	Betongvegg mot gulv på grunn	0,120	10,5	7	56	6,720	kuldebruatlas, SINTEF Byggforsks rapport 25
	Balkongoppheng***	0,000	6	6	42	0,000	Fra egne beregninger
<b>Geometrisk kuldebro</b>	Utvendig hjørne	0,030	20,8	15,6	119,6	3,588	tabell 722, SINTEF Byggforsk detalj 471.017
(oppgitt vha løpemeter)	Innvendig hjørne	-0,060	15,6	15,6	109,2	-6,552	tabell 722, SINTEF Byggforsk detalj 471.017
<b>Punktkuldebro</b>	Gjennomføring i tak (pipe)	0,000	1	1	7	0,000	Antagelse etter professor Tormod Aurlien
(oppgitt vha antall)	Gjennomføring i vegg (ventilasjon)	0,000	3	3	21	0,000	Antagelse etter professor Tormod Aurlien

"vegg" er yttervegg av bindingsverk

\*\*inkludert vegg mot "gulv mot det fri"

\*\*\*egne beregninger, tillegg pga økt treandel

		Endeleilighet	Midtleilighet	Totalt
Totalt varmetap	[W/K]	3,156	1,956	16,090
Oppvarmet BRA ( $A_n$ )	[m <sup>2</sup> ]	156,000	156,000	1092,000
Normalisert Kuldebroverdi	[W/(m <sup>2</sup> K)]	0,020	0,013	0,015

Kuldebroverdien på dagens balkongoppheng (merket med rødt) er beregnet på neste side. Verdien ble funnet ved å beregne u-verdien på en vegg med og uten gjennomgående bjelkelag. Differansen på de to u-verdiene (multiplisert med høyden) gav kuldebroverdien til balkongoppheng.



## VEDLEGG K – FYRINGSKOSTNADER BIOBRENSEL

Skjerm bilde av Jøtul sin vedkalkulator. Angir pris per kWh ved ulik forbrenning:

### Vedkalkulator

Her kan du finne ut hva kWh er når du fyrer med ved.

- 1 -

**Vedtype**

Bjørk

- 2 -

**Ved kjøpt i**

Hydrosekk 1,5 m<sup>3</sup>

- 3 -

**Pris pr. enhet**

1000

Kalkuler



Vedfyring i et ikke-rentbrennende ildsted oppnår man en energipris på:

**kr 1,93 pr kWh**



Vedfyring i et rentbrennende ildsted oppnår man en energipris på:

**kr 1,03 pr kWh**



## VEDLEGG L – BEREGNINGER AV VARMEPUMPER

Simulering av luft-luft-løsning utført av EcoConsult AS:



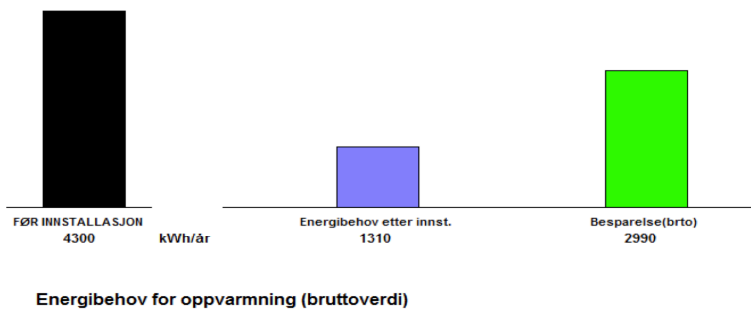
EcoConsult AS

BESPARINGSBERGNING  
120319-0902

BW, , 1400 SKI

Varmepumpe: Panasonic CU-HE9

Ver 4.48



### FORUTSETNINGER

Effektbehov varme netto	kW	1,56
Hvorav for ventilasjon	kW	1
Nettoenergibehov	kWh/år	4300
Varmtvannsforsbruk	kWh/år	0
Varmtv. fra VP maks	%	0
Innetemperatur	°C	21
Årsmiddeltemperatur	°C	5
DUT (Dim. utetemp)	°C	-20
Tur-temp ved DUT	°C	40

### BEREGNINGSRISULTAT

Fra varmepumpe	kWh/år	4300
Til varmepumpe	kWh/år	1310
Tilskuddsenergi fra	°C	-13
Energidekningsgrad	%	100
Årsvarmefaktor (totalt 3,28)		3,28
Tilskudds-el (100 %)	kWh/år	0
Tilskuddseffekt	kW	1,6
Maksimalt effektbehov	kW	1,6

### VARMEKILDE

Uteluft		
Energibesparelse	%	70

Beregningen baseres på oppgitte opplysninger og gjelder under normalår i henhold til offisiell statistikk. Det er ikke noe løfte om at resultatet vil gjelde eksakt.

Simulering av luft-vann-løsning utført av EcoConsult AS:

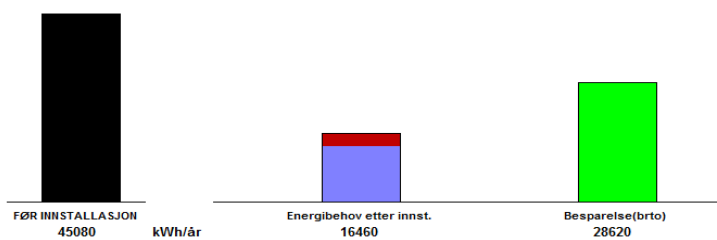


EcoConsult AS

BESPARINGSBERGNING  
120316-1457

BW, , 1400 SKI

Varmepumpe: L/V SXF 12 kW split T-CAP - 35° nominell



Energibehov for oppvarming (bruttoverdi)

#### FORUTSETTNINGER

Effektbehov varme netto	kW	10,92
Hvorav for ventilasjon	kW	1
Nettoenergibehov	kWh/år	45080
Varmtvannsforbruk	kWh/år	15000
Varmtv. fra VP maks	%	80
Effekt Sirk.pumpe etc	W	50
Innetemperatur	°C	21
Årsmiddeltemperatur	°C	5
DUT (Dim. utetemp)	°C	-20
Tur-temp ved DUT	°C	38

#### BEREGNINGSRISULTAT

Fra varmepumpe	kWh/år	42080
Til varmepumpe	kWh/år	13460
Tilskuddsenergi fra	°C	-13
Energidekningsgrad	%	93,3
Årsvarmefaktor (totalt 2,74)		3,13
Tilskudds-el (100%)	kWh/år	3000
Tilskuddseffekt	kW	12,6
Maksimalt effektbehov	kW	12,6

#### VARMEKILDE

Uteluft	
Energibesparelse	%

Beregningen baseres på oppgitte opplysninger og gjelder under normalår i henhold til offisiell statistikk. Det er ikke noe løfte om at resultatet vil gjelde eksakt.



Simulering av bergvarmepumpe utført av Vaillant Group Norge:



Vaillant Group Norge

Thomas Bjanes

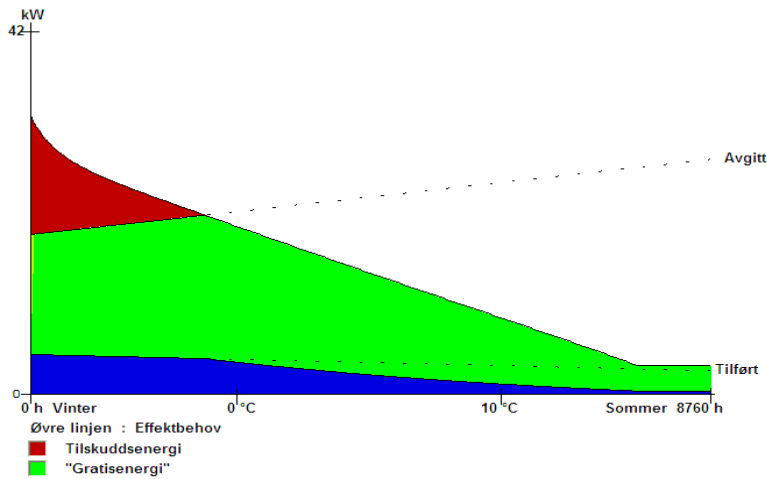
BESPARINGSBERGNING

120321-0920

Lars Erik T eikenes, UMB, 1923 SØRUM  
**Varmepumpe: geoTHERM VWS 220/2**

Ver 5.15

Lic 4001



**FORUTSETNINGER**

Effektbehov varme netto kW	35
Hvorav for ventilasjon kW	0
Nettoenergiebehov kWh/år	128770
Varmtvannsforsbruk kWh/år	33000
Varmtv. fra VP maks %	90
Innetemperatur °C	20
Årsmiddeltemperatur °C	5
DUT (Dim. utetemp) °C	-18
Tur-temp ved DUT °C	40

**BEREGNINGSRISULTAT**

Fra varmepumpe kWh/år	113880
Til varmepumpe kWh/år	30030
Tilskuddsenergi fra °C	-1,2
Energidekningsgrad %	88,4
Årvarmefaktor (totalt 2,87)	3,79
Besparelse(brto) kWh/år	83850
Tilskudds-el (100 %) kWh/år	14890
Tilskuddseffekt kW	20,3
Maksimalt effektbehov kW	38,8

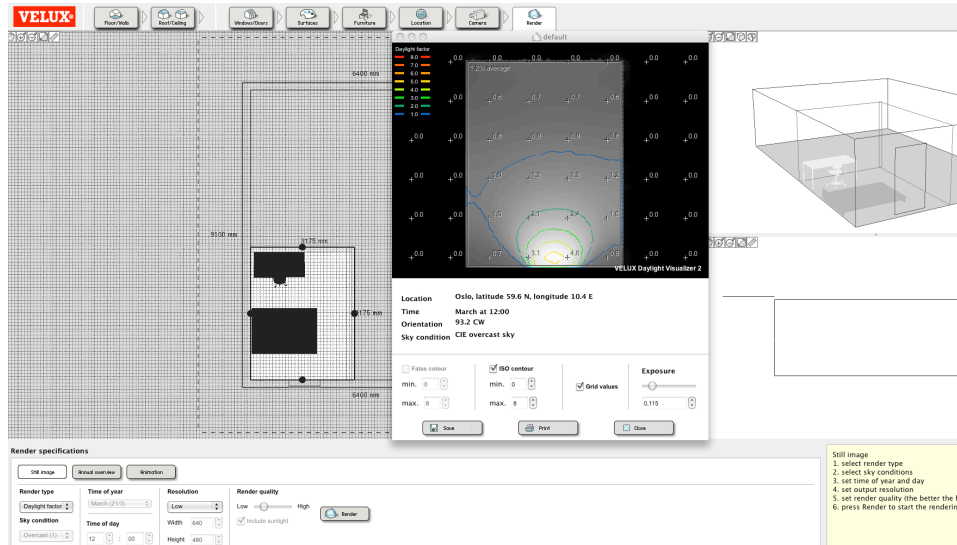
**BERGVARME**

Kuldebærerentemperatur middel °C	0
Kuldebærer-temp ved DUT °C	-4
Lambda berg W/m K	3
Borehulldiameter mm	115
Dyp til berg m	4
Delta brine °C	3
Antal borehull stk	4
Borehulsavstand (C = 20) m	15
Borehulldyp m	148
(fra stabilt grunnvannsnivå)	

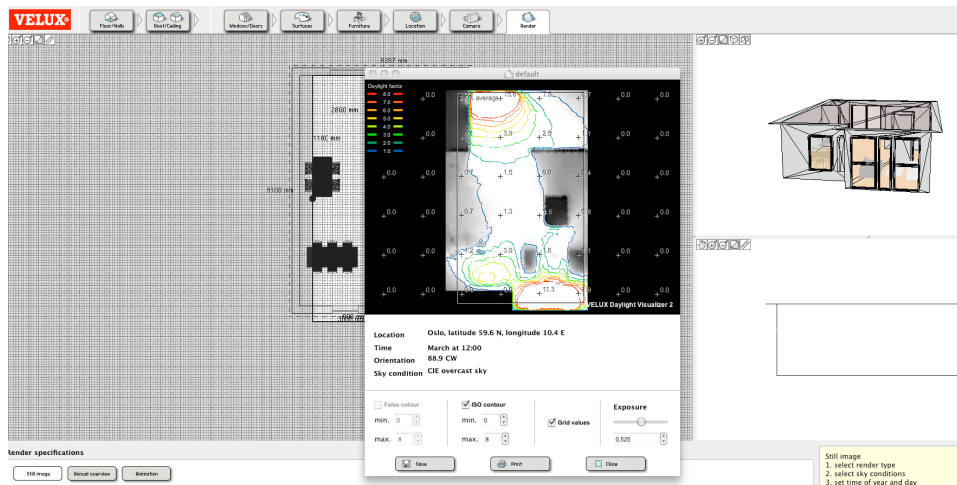
**Beregningen er ingen garanti for at resultatet nøyaktig vil bli sånn da dette er brukeravhengig.**  
 Beregningen bygger på mottatte opplysninger og gjelder for ett normalår iht. NMHI's statistikk.

## VEDLEGG M – DAGSLYSSIMULERINGER

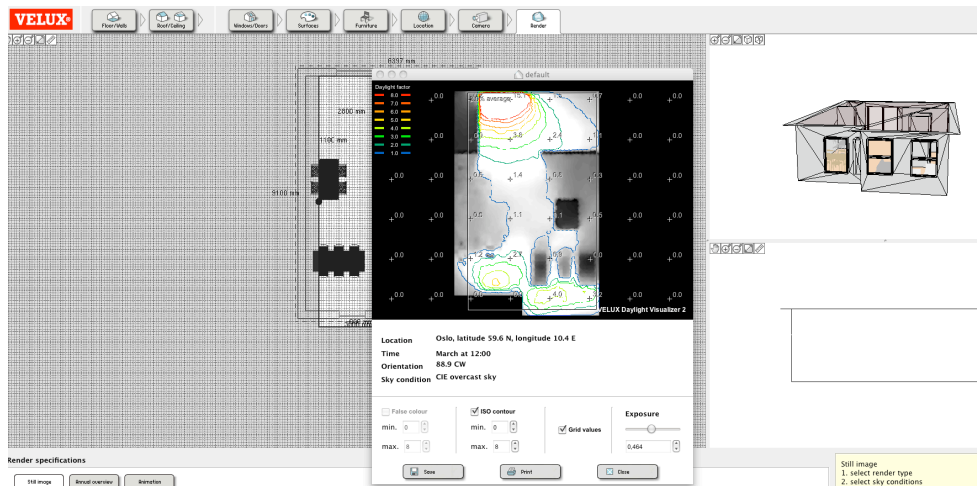
Simulering i Velux Daylight Visualizer 2. Gjesterom i underetasje.



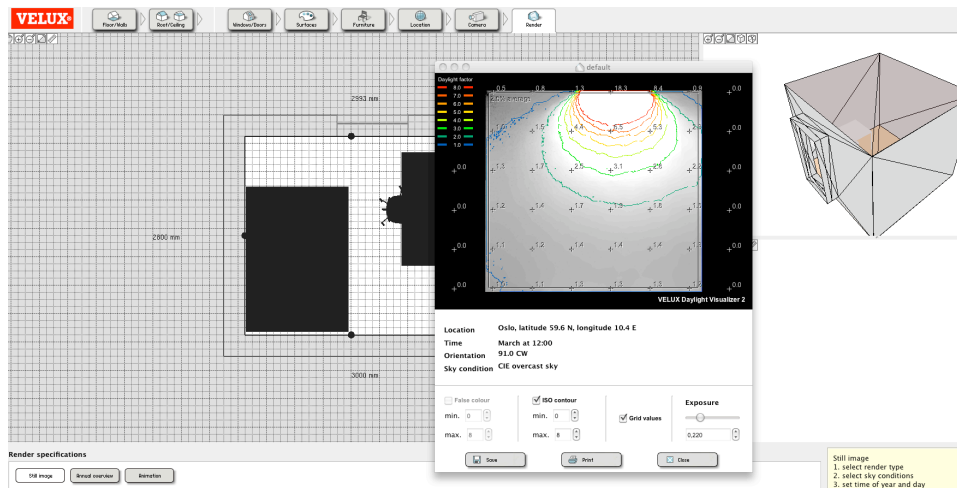
Simulering i Velux Daylight Visualizer 2. Stue og kjøkken.



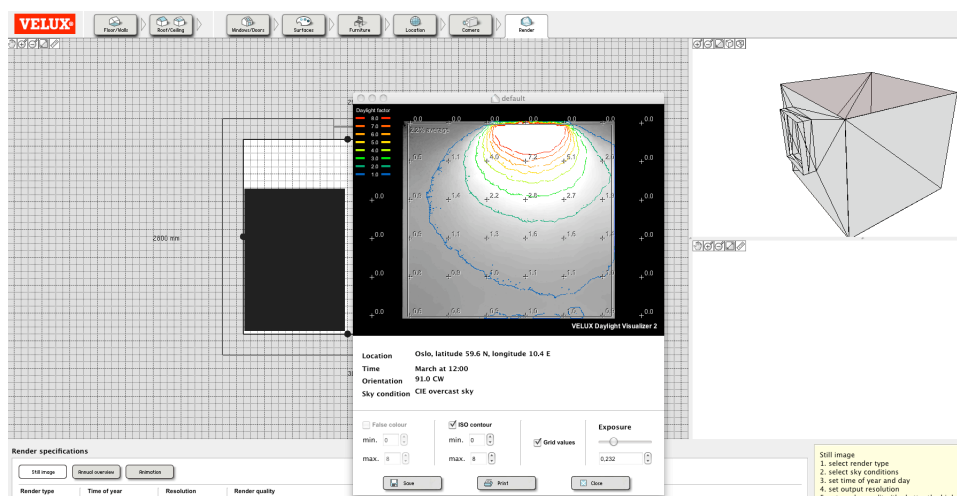
### Simulering i Velux Daylight Visualizer 2. Stue og kjøkken med mindre vindusareal.



### Simulering i Velux Daylight Visualizer 2. Vestvendt soverom i 2. etasje.



### Simulering i Velux Daylight Visualizer 2. Vestvendt soverom i 2. Etasje med mindre vinduareal.





# VEDLEGG N – FORUTSETNINGER OG KOMMENTARER, ENERGITILTAK

Forutsetninger og kommentarer for hvert energitiltak:

Nr.	Tiltak	Kommentar
0	Forenklekt testbygg	Regner ikke med reinvestering i vinduer, da dette ikke er en tilleggskost
10.1.1 - I	Vegg: 250mm isolasjon, iso3 200mm, U=0,160	250mm isolasjon inkludert 50mm påføring (glava proff 35), isostender på 200mm
10.1.1 - II	Vegg: 300mm isolasjon, iso3 250mm, U=0,125	300mm isolasjon inkludert 50mm påføring (glava proff 35), isostender på 250mm
10.1.1 - III	Vegg: 350mm isolasjon, iso3 300mm, U=0,113	350mm isolasjon inkludert 50mm påføring (glava proff 35), isostender på 300mm
10.1.1 - IV	Vegg: 250mm isolasjon, extreme 33 i påføring, U=0,148	250mm isolasjon inkludert 50mm påføring (glava extreme 33), isostender på 200mm
10.1.1 - V	Vegg: 250mm, extreme 33 i påføring, U=0,158	250mm isolasjon inkludert 50mm påføring (glava proff 35 i hovedsjikt og extreme 33 i påføring), isostender på 200mm
10.1.1 - VI	Vegg: 300mm, extreme 33 i påføring, U=0,124	300mm isolasjon inkludert 50mm påføring (glava proff 35 i hovedsjikt og extreme 33 i påføring), isostender på 250mm
10.1.2 - I	Tak: 450mm isolasjon U=0,08	450mm isolasjon, (150+300mm mineralull)
10.1.2 - II	Tak: 550mm isolasjon U=0,073	550mm isolasjon, (150+100+250mm mineralull)
10.1.2 - III	Tak: 500mm i-profil U=0,079	500mm isolert i-profil (250+250mm mineralullplater)
10.1.3 - I	Gulv: 300mm EPS U=0,10	80mm betong, 100+200mm EPS
10.1.3 - II	Gulv: 350mm EPS U=0,09	80mm betong 50+100+200mm EPS
10.1.3 - III	Gulv: 400mm EPS U=0,08	80mm betong, 50+150+200mm EPS
10.1.4 - I	Vinduer, uendret geometri, U-verdi=0,84	Samlet U-verdi (på 122 vinduer og dører) på 0,84 ved bruk av "Nordan ND Tech 0,7-vinduer" og ytterdør med U=0,8. Areal på 206m <sup>2</sup> tilsvarer 18,8% av BRA.
10.1.6 - I	Kuldebrureduksjon 0,05 => 0,02 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Tiltaket kommer som en følge av bedret vegg. Prisen er på endret plassering av vinduer i veggen (35mm inn).
10.1.6 - II	Kuldebrureduksjon 0,05 => 0,01 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Består av tiltak 10.1.6 - I, men har utvendig opphengt balkong.
10.1.7 - I	Infiltrasjon n <sub>50</sub> , 1,9 => 0,6 luftvekslinger/time	Tetteiltak "dobbel vindtetting": Gu-x vindsperrplate i tillegg til sola soft vindsperrduk med tapede skjøter
10.1.7 - II	Infiltrasjon n <sub>50</sub> , 1,9 => 0,5 luftvekslinger/time	Tetteiltak "dobbel vindtetting": Gu-x vindsperrplate i tillegg til sola soft vindsperrduk med tapede skjøter
10.4.1 - I	Utvendig, passiv solavskjerming	skjerm montert på alle solutsatte vinduer (48 løpemer-skjerming): 10 cm over vindu, og stikker 30 cm ut.
10.4.1 - II	Utvendig, aktiv, automatisk solavskjerming	Automatisk skjerming montert på alle vinduer (ikke balkongdører). Utvendig soflux for aktivisering er 175W/m <sup>2</sup> . Lyse persienner med 80mm lameller
10.4.1 - III	Utvendig, aktiv, manuell solavskjerming	Manuell skjerming montert på alle vinduer (ikke balkongdører). Utvendig soflux for aktivisering er 100W/m <sup>2</sup> på vinter og 250 på sommer. Lyse persienner med 80mm lameller
10.4.1 - IV	Innvendig, aktiv, manuell solavskjerming	Manuell skjerming montert på alle vinduer (ikke balkongdører). Utvendig soflux for aktivisering er 100W/m <sup>2</sup> på vinter og 250 på sommer. Lyse persienner med 28mm lameller
10.4.2 - I	Varmelagring, Betongsillevegger	Leilighetskillevegger i betong, T=200mm
10.5.1 - I	Ventilasjonsaggregat (SFP=1,3 og 0,89 temp)	Aggregat med SFP=1,3 og varmegjenvinner med temperaturvirkningsgrad=0,89. Vedlikeholdet blir som før, og er derfor ikke med her.
10.6.2 - I	Vinduer, noe redusert areal U-verdi=0,79	Totalt 105 vinduer og dører, areal på 195m <sup>2</sup> , tilsvarer 17,8% av BRA (før 122 vinduer og 18,8% av BRA)
10.6.2 - II	Vinduer, mer redusert areal U-verdi=0,78	Totalt 105 vinduer og dører, 174m <sup>2</sup> , tilsvarer 15,9% av BRA (før 122 vinduer og 18,8% av BRA)

Nr.	Tiltak	Kommentar
0	Forenklekt testbygg	
10.2.2 - II	Sentral pelletskjel, totalt varmebehov, 23kW (uten pellets)	Pelletskjelen er satt til å dekke 100% av tappevannsbehovet og 80% av romoppvarmingen. Tiltaket krever areal til diffussentral og lagring av pellets - dette er medregnet i prisen.
10.3.1 - I	Solfanger til tappevann, Aventa Solar	Solfangeren på 45m <sup>2</sup> , med 2000l akkumuleringstank dekker 43% av varmtvannsbehovet. Pelletsoven dekker fremdeles 80% av romoppvarmingsbehovet.
10.3.1 - II	Solfanger til tappevann, Vaillant	Som over, men med paneler montert 45 grader på veggen. Anlig, glennomsnittlig stråling i Sola er 79% av Srum. Bruker dette forholdet til å beregne effekten av anlegget i Sola.
10.3.2 - I	Solcellepanel 40m <sup>2</sup> på sørvegg (40° vinkel)	
10.3.2 - II	Solcellepanel 380m <sup>2</sup> , montert på taket (6°)	
10.3.3 - I	Bergvarmepumpe 22kW, tappevann og rom (uten pellets)	Bergvarmepumpen med en effekt på 35kW er levert av Vaillant. Dekker 88% av romoppvarming og tappevann. Levetid 50 år, men kompressor skiftes hvert 20 år og koster 20 000 kr.
10.3.3 - II	Bergvarmepumpe 22kW, totalt varmebehov (uten pellets)	NB: Elektriske varmekabler på badet?
10.3.4 - I	Vindturbin 6kW, Getek	
10.3.5 - I	Kildeparering av avløpsvann	Varmegjenvinneren dekker 40% av tappevann som går til dusj, antatt 50% av alt tappevann => tiltaket reduserer tappevannsbehovet med 6kWh/(m <sup>2</sup> pr år)
10.3.6 - I	Varmepumpe luft-luft 7x1,56kW (uten pellets)	Varmepumpen vil dekke en større del av romoppvarmingen når bygget blir bedre isolert. Pumpene er for små til testbyggets varmetap.
10.3.6 - II	Varmepumpe luft-vann 1x10,91kW (uten pellets)	Strømforsyningen går opp med ca 10% siden installert pelletsovn er fjernet. %-formbar energi vil øke (og kjølt el gå ned) når varmetapet til bygget reduseres. Denne pumpen er for liten til testbygget

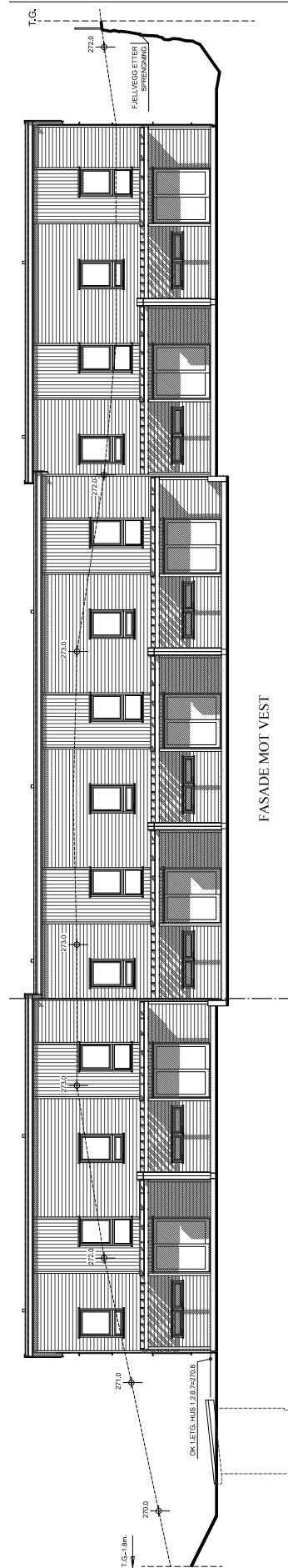
\*antatt realisum inneholder nåverdberegninger med kalkulasjonsrente på 4%



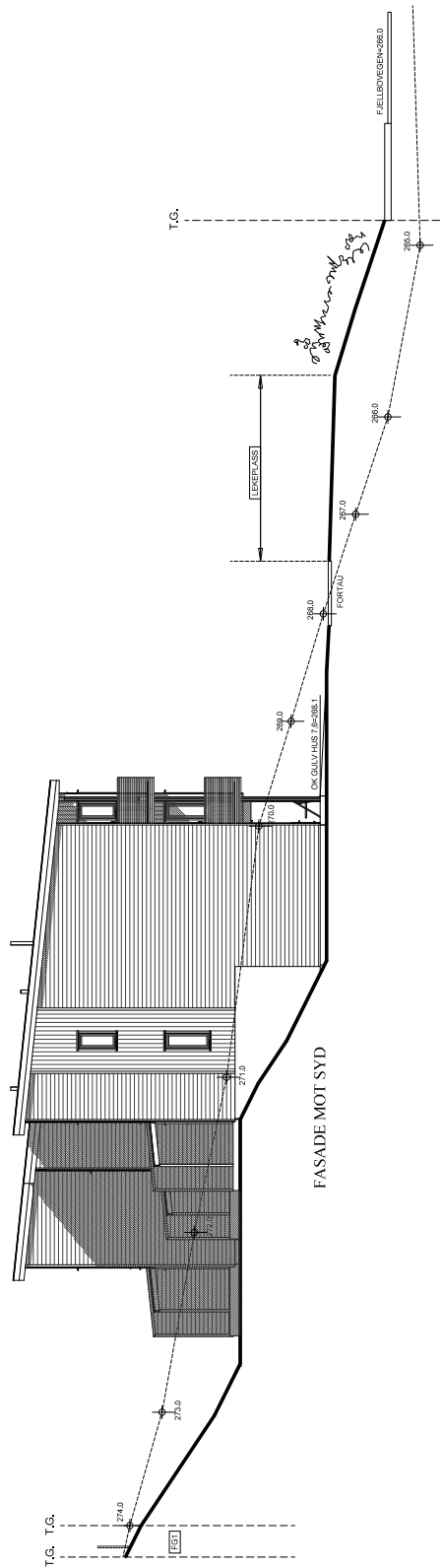
## VEDLEGG O – TEGNINGER

Tegningene på de neste sidene er ikke i målestokk. De er vedlagt for å gi en oversikt over bygget, og for å illustrere den komplekse geometrien (på fasaden mot øst).

1. Fasadetegning vest og sør
2. Fasadetegning øst og nord
3. Plantegning underetasje
4. Plantegning første etasje
5. Plantegning andre etasje
6. Snitt A-A og B-B



FASADE MOT VEST

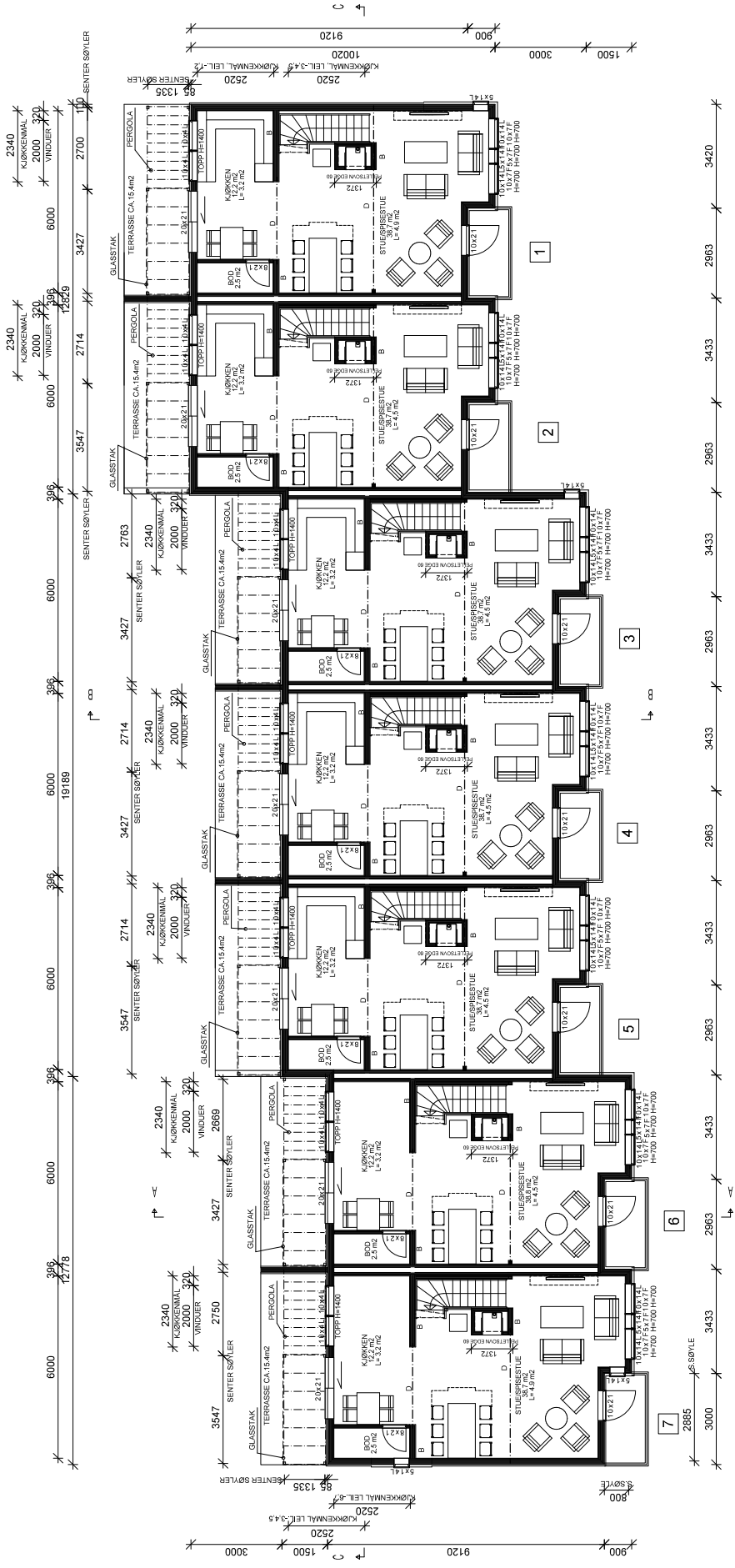


FASADE MOT SYD

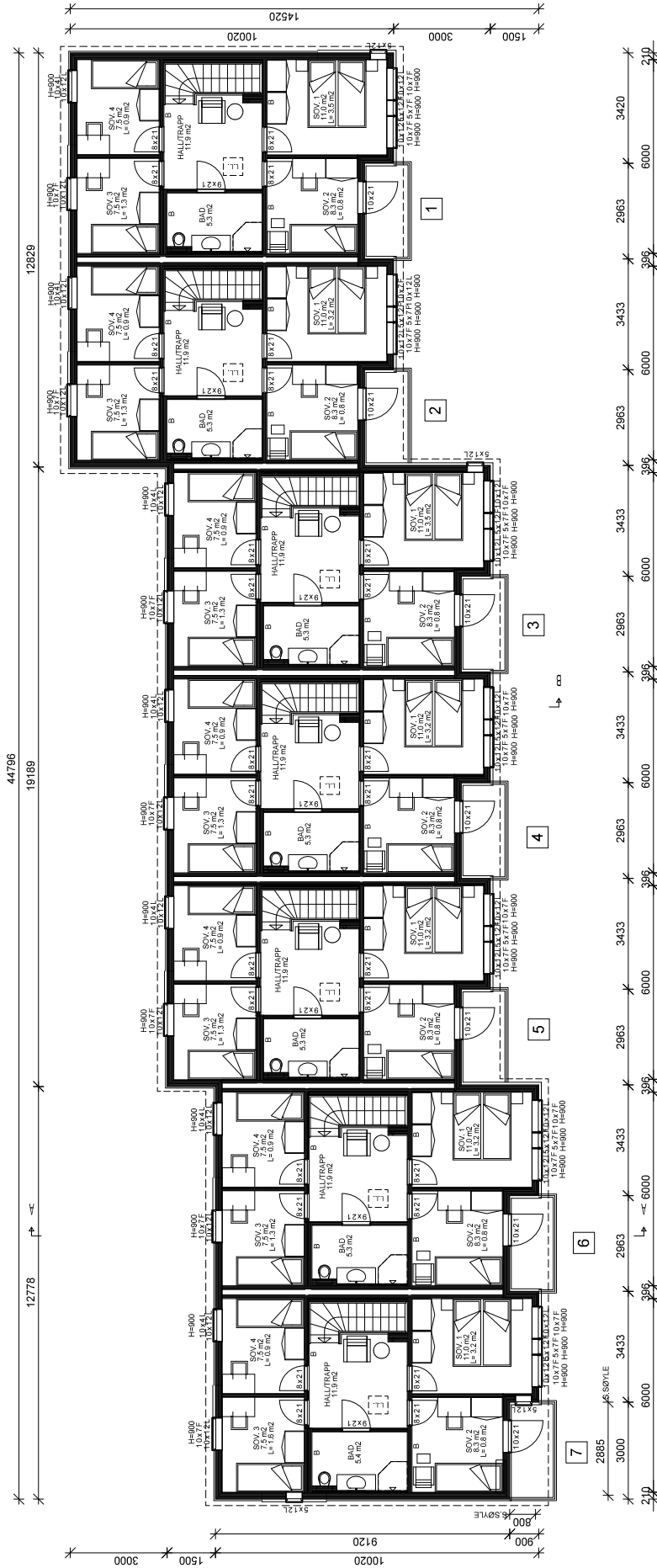








I. ETASJE



2. ETASJE



