



Bråtaveien 3A

Konseptutredning - Zero Emmision Building

Utgave: 3

Dato: 2018-05-30

DOKUMENTINFORMASJON

Oppdragsgiver:	Bråtaveien 3A
Rapporttittel:	Konseptutredning - Zero Emmission Building
Utgave/dato:	3 / 30. mai. 2018
Arkivreferanse:	-
Oppdrag:	P-nr. 613311-01
Oppdragsleder:	Peter Bernhard
Fag:	Energi og miljø
Tema	Plussenergihus
Skrevet av:	Ingrid D. Halderaker, Peter Bernhard
	Vedlegg «Bråtaveien 31 – Klimagassregnskap Elin Enlid, AS Civitas
Kvalitetskontroll:	Liv. B. Rindal
Asplan Viak AS	www.asplanviak.no

INNHALDSFORTEGNELSE**1 Innhold**

2	Innledning	5
3	Om Bygget og prosjektet.....	5
4	Prosess og utvikling av prosjektet	7
5	Zero Emission Buildings (ZEB).....	8
6	Vurderte løsninger for Energiforsyning – Versjon 1 og ZEB-OM.....	9
6.1	Konsept 1: Solcelleanlegg og pelletskjel.	10
6.2	Konsept 2: Solcelleanlegg med bergvarme og varmepumpe.....	10
7	Revidert forslag – versjon 2.....	11
7.1	Arkitektonisk utforming og tiltak for å redusere energibehov	11
8	Anbefalt løsning for energiforsyning	12
8.1	Oppdekning av varmebehovet	12
8.2	Oppdekning av el-behovet	14
8.2.1	Bygningsanvendte solcellesystem.....	14
8.2.2	Bygningsintegreerte solcellesystemer	15
8.3	Ventilasjon	19
8.4	Energigjenvinning fra gråvann.....	20
8.5	Andre tiltak for å redusere behov for levert el.....	20
8.6	Lagring av elektrisitet	21
9	energiberegning	21
9.1	Metodikk og simuleringsprogram.....	21
9.2	Forutsetninger og sentrale inndata	21
9.2.1	Viktige forutsetninger	22
9.2.2	Inndata klimaskall	23
9.3	Beregninger/vurderinger	23
9.4	Detaljert energibudsjett	24
9.5	Effektbehov til oppvarming	25
9.6	Levert el og lokal elproduksjon	26
10	Klimagasregnskap	27

10.1	Utslipp fra materialer	28
10.2	Utslipp fra stasjonær energibruk i drift	28
10.3	Klimagassbalanse	29
11	Investeringsbehov energisystem	29
11.1	Annet	30
12	Konklusjon.....	30
13	Vedlegg	1

2 INNLEDNING

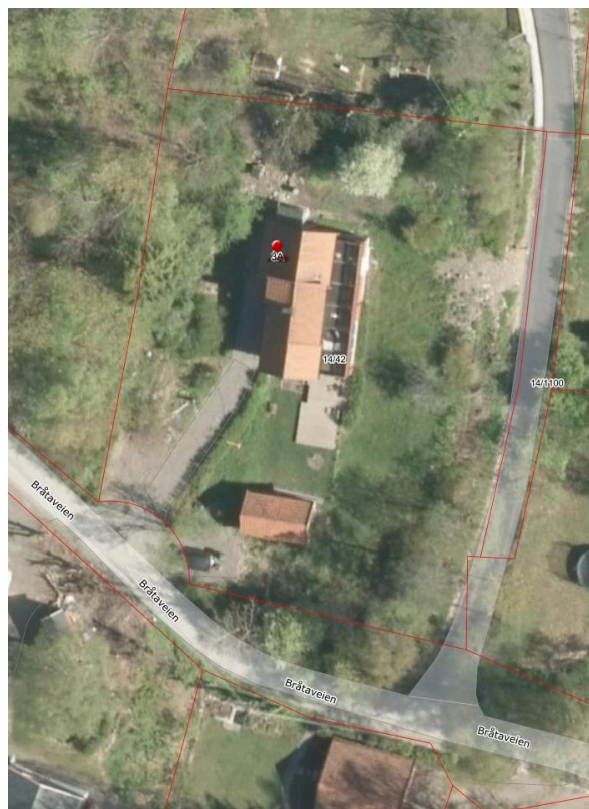
Prosjektet Bråtaveien 3a er et forsøk på å prosjektere et nullutslippsbygg som skal følge ZEB-OM kravene. Som referanse brukes en tilsvarende enebolig i Norge iht. TEK 10 (2016).

Formålet med dette prosjektet er å:

- a) Legge grunnlaget for å kunne bygge en enebolig med utleiedel for en familie med høye miljøambisjoner.
- b) Vise at en ZEB enebolig kan bygges innenfor en kostnadsramme på ca. 32 000 kr/m² BRA inkl. mva. Kostnader for tomt er ikke inkludert. Med andre ord, det skal vises at det er mulig å bygge et ambisiøst miljøbygg med et tilnærmet vanlig budsjett og med kommersielt tilgjengelige tekniske løsninger som settes sammen på nye og innovative måter.
- c) Formidle erfaringene, f. eks. ved hjelp av sosiale medier.

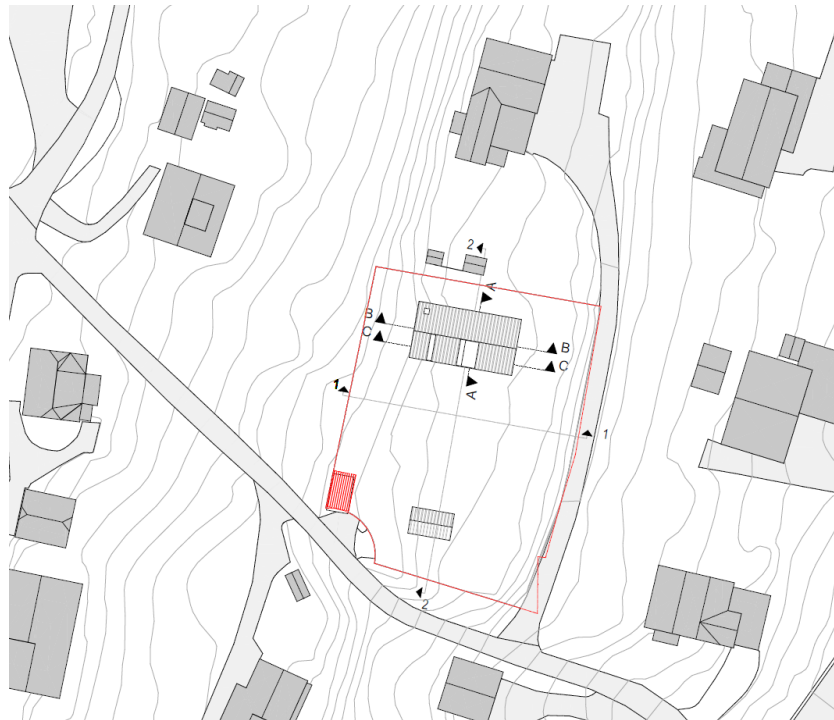
3 OM BYGGET OG PROSJEKTET

Figur 1 viser tomten med eksisterende enebolig i Nittedal kommune. Boligen er plassert sentralt på tomten med hovedakse fra nord til sør. Det er planlagt at boligen rives.



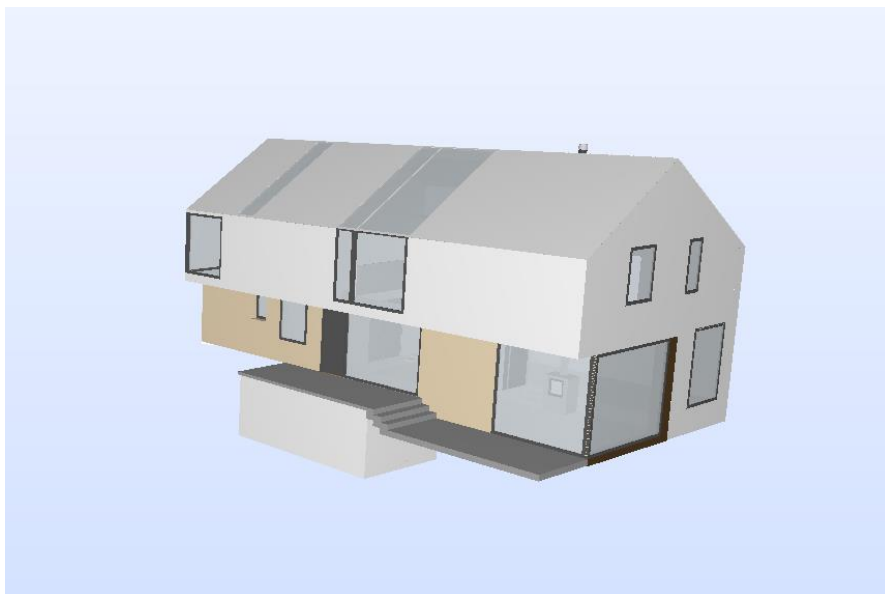
Figur 1: Eksisterende enebolig

Figur 2 viser situasjonsplanen for det nye bygget. Bygget er flyttet mot den nordlige tomtegrensen. Samtidig er byggets hovedakse dreiet med ca. 90 grader, slik at den går nå tilnærmet fra øst til vest. Dette innebærer at den sørlige delen av saltaket er meget godt egnet til utnyttelse av solenergi.



Figur 2: Situasjonsplan

Figur 3 viser en 3D-illustrasjon av av bygget, sett fra sør-øst, slik det var planlagt ved oppstart av prosjektet sommeren 2017.



Figur 3: 3D-modell av opprinnelig forslag, dvs. versjon 1

Bygget ble på dette tidspunktet planlagt med et boareal på 227 m² BRA. I tillegg er det integrert en «vinterhage» i den midtre del av bygget. Dette innebærer at både fasaden og taket på denne delen av bygget er utformet i glass.

Andre forutsetninger:

- Bygget skal bygges i massivtre
- Desentralt balansert ventilasjonssystem som monteres i fasaden og har varme-gjenvinner i form av et keramisk element.
- Lekkasjetall forutsatt iht. Passivhusstandard.
- G-verdi for vinduer på 0,55.

SIMIEN beregningen for eneboligen viser følgende energibudsjett:

Tabell 1: Energibudsjett – versjon 1

Energibudsjett (NS 3700)		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	3633 kWh	16,0 kWh/m ²
1b Ventilasjonvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	6748 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	212 kWh	0,9 kWh/m ²
3b Pumper	223 kWh	1,0 kWh/m ²
4 Belysning	2581 kWh	11,4 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	3971 kWh	17,5 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonkjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	17367 kWh	76,6 kWh/m ²

Av et energibudsjett på ca. 17 400 kWh/år tilsvarende 77 kWh/m²/år, anslås varmebehovet å være på 10 400 kWh/år (46 kWh/m²/år) og el-spesifikt energibehov på ca. 7000 kWh/år (31 kWh/m²/år).

4 PROSESS OG UTVIKLING AV PROSJEKTET

Det er i dag fullt mulig å realisere nullutslippsbolig etter ZEB-OM. Eksempelvis kan det nevnes Multikomforthuset i Larvik. MEN – er det mulig å gjøre det innenfor denne spesifikt gitte kostnadsrammen?

Etter gjennomgang av valgte løsninger og kostnader, kom det frem at det ikke vil være mulig å bygge innenfor gitt budsjettet. Prosjektet ble derfor midlertidig stoppet høsten 2017 for å avklare om det var mulig å øke den økonomiske rammen. Samtidig ble det undersøkt kostnadsreducerende tiltak.

Som resultat av dette arbeidet ble det besluttet å redusere oppvarmet boareal fra 227 m² til ca. 194 m², i tillegg til at glassarealene ble redusert. Ambisjonsnivå ZEB-OM viste seg fremdeles å være vanskelig å oppnå, både pga. kostnader og for lite areal til solceller. Det ble derfor valgt å gå videre med et konsept som kunne som minimum oppnå ZEB-O, dvs. at det ikke er nødvendig å kompensere for utslipp fra materialbruk. Likevel var det ønske om å strekke seg så langt som mulig mot ZEB-OM. På denne bakgrunnen ble det våren 2018 utarbeidet et klimagassregnskap som viser utslipp knyttet til materialbruk, samt en revidert energiberegning. Som en konsekvens ble beregning av utslipp fra materialbruk gjennomgått på nytt for å komme nærmere ZEB-OM målet. For å ytterligere redusere klimagassutslippet er det nå planlagt endringer i materialvalg som involverer gjenbruk av blant annet teglstein.

5 ZERO EMISSION BUILDINGS (ZEB)

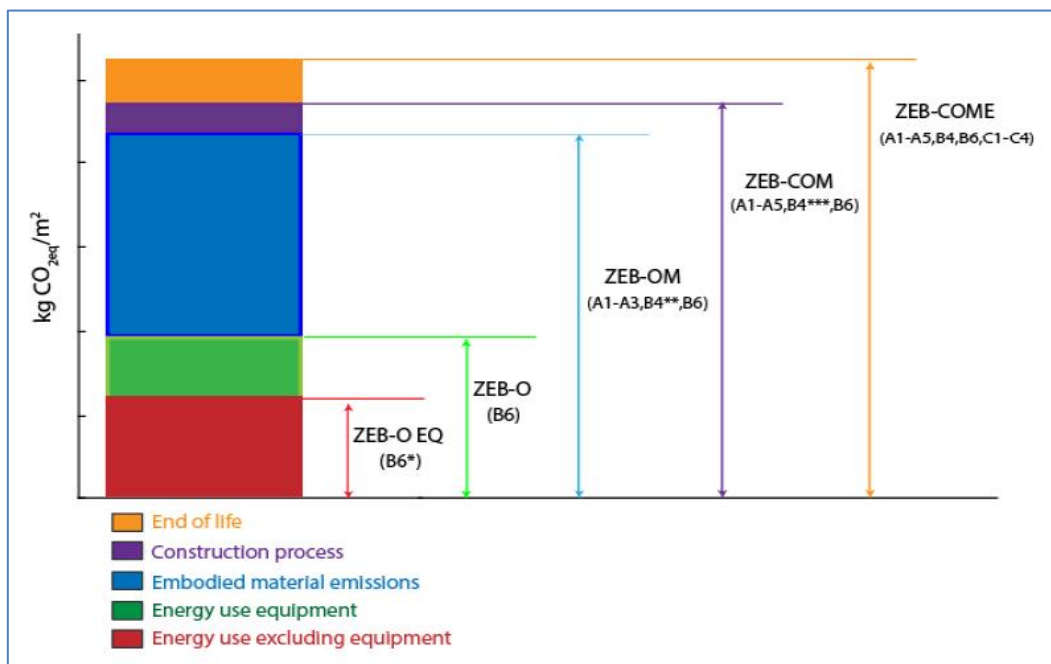
ZEB programmet ved SINTEF/NTNU har etablert flere klasser nullutslippsbygg. Dette er:

- ZEB-O-EQ: Operation excluding equipment
- ZEB-O: Operation
- ZEB-OM: Operation inclusive materials
- ZEB-COM: Operation inclusive materials, construction and installation
- ZEB-COME: Operation inclusive materials, construction, installation and end of life phase inclusive demolition

(O: operation, EQ: excluding equipment, M: materials, C: construction and installation, E: end of life phase and demolition).

Klimagassutslipp knyttet til energibruk i disse klassene skal kompenseres for med bruk av fornybar energi, hvilket innebærer at ZEB-COME vil være mest krevende.

For å oppfylle kravet for kategori ZEB-O er det nødvendig at all energi til drift av bygget, dvs. termisk og elektrisk energi, inkl. teknisk utstyr som f. eks. TV, PCer, vaskemaskiner etc., produseres ved hjelp av lokale energikilder.



Figur 4: Klimagassutslipp som inngår i de ulike ZEB klassene.

6 VURDERTE LØSNINGER FOR ENERGIFORSYNING – VERSJON 1 OG ZEB-OM

Utgangspunktet for dimensjonering av energianlegget er at lokalt produsert energi skal balansere klimagassutslippet i driftsfasen samt for klimagassutslipp fra materialbruk (ZEB-OM).

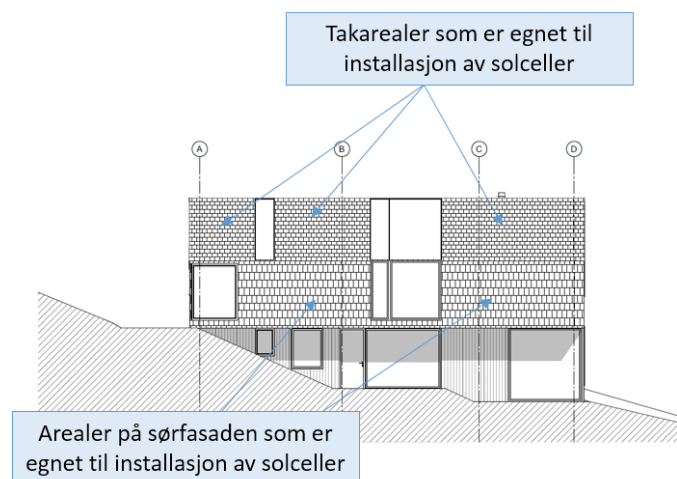
Som første tilnærming dimensjoneres byggets energisystem for å kunne balansere klimagassutslipp i driftsfasen. Som utslippsfaktor for elektrisitet levert fra det offentlige el-nettet benyttes 135 g CO_{2e}/kWh. Tilsvarende utslippsfaktor benyttes av ZEB og i Powerhouse prosjekter.

Dersom energibehovet utelukkende dekkes gjennom elektrisitet fra el-nettet, kan årlig klimagassutslipp fra drift av bygget beregnes til 2350 kg CO_{2e}.

Ved å designe et energisystem som produserer energi fra fornybare energikilder, kan utslippet reduseres, eller t.o.m. elimineres. Til dette kan det benyttes ulike teknologier som f. eks. solceller, solfangere, bergvarme og varmepumper, vindenergi eller bioenergi.

I dette notatet ser vi på et energikonsept som produserer elektrisitet ved hjelp av solceller. Til oppdekning av varmebehov vurderes i konsept 1 bioenergi (pellets) og i konsept 2 bergvarme og varmepumpe.

El-spesifikt energibehov til drift av bygget er beregnet til 31 kWh/m² BRA/år. For å kompensere for bundet energi fra materialbruk, er det i en første tilnærming anslått at behovet for solstrøm øker med ytterligere 20 kWh/m² BRA/år, dvs. med ca. 4500 kWh/år. Figur 5 viser tilgjengelig tak- og fasadearealer til installasjon av solceller.



Figur 5: Glassarealer og arealer som er egnet til installasjon av solceller.

6.1 Konsept 1: Solcelleanlegg og pelletskjel.

Varmebehovet dekkes ved hjelp av pellets. Som utslippsfaktor for pellets benyttes 15 g CO_{2e}/kWh. Årlig klimagassutslipp fra varmeproduksjon er dermed på ca. 156 kg CO_{2e}.

Som kompensasjon for klimagassutslipp fra bruk av pellets må det produseres ca. 1150 kWh solstrøm per år.

Nødvendig produksjonskapasitet for solcelleanlegget kan dermed beregnes til:

El-spesifikk energibehov:	7000 kWh/år
Kompensasjon for utslipp fra bruk av pellets:	1150 kWh/år
<u>Kompensasjon for materialbruk:</u>	<u>4540 kWh/år</u>
<u>SUM:</u>	<u>12 690 kW/år</u>

Dersom man regner med en spesifikk årlig el-produksjon på ca. 850 kWh/kW_p, er det behov for et solcelleanlegg med en installert effekt på ca. 16 kW_p for å kunne produsere nødvendig solstrøm. Spesifikk el-produksjon er imidlertid avhengig av mange faktorer som orientering, helningsvinkel, skygge og andel solceller montert i fasaden. Dersom det benyttes solceller med en virkningsgrad på 18%, lokal solinnstråling og tak- og fasadearealer som vist i figur 3, resulterer dette i et solcelleanlegg på maksimalt ca. 80-90 m².

Basert på erfaringstall fra tilsvarende installasjoner i 2017, anslås kostnader eks. mva. til ca. 200 000-250 000 kr.

Kostnader for pelletskjel, pelletslager og akkumulatortank anslås til ca. 100 000 kr eks. mva. Vannbåren varmedistribusjon i huset kommer i tillegg.

6.2 Konsept 2: Solcelleanlegg med bergvarme og varmepumpe.

I dette konseptet dekkes varmebehovet ved hjelp av en væske/vann varmepumpe og bergvarme. Som følge av høy andel varmt tappevann benyttes en årsvarmefaktor for varmepumpen på 3,0. El-behovet til drift av varmepumpen øker el-spesifikt energibehov med ca. 3400 kWh/år.

Nødvendig produksjonskapasitet for solcelleanlegget kan dermed anslås til:

El-spesifikk energibehov:	7000 kWh/år
El til drift av varmepumpe:	3400 kWh/år
<u>Kompensasjon for materialbruk:</u>	<u>4540 kWh/år</u>
<u>SUM:</u>	<u>15 000 kWh/år</u>

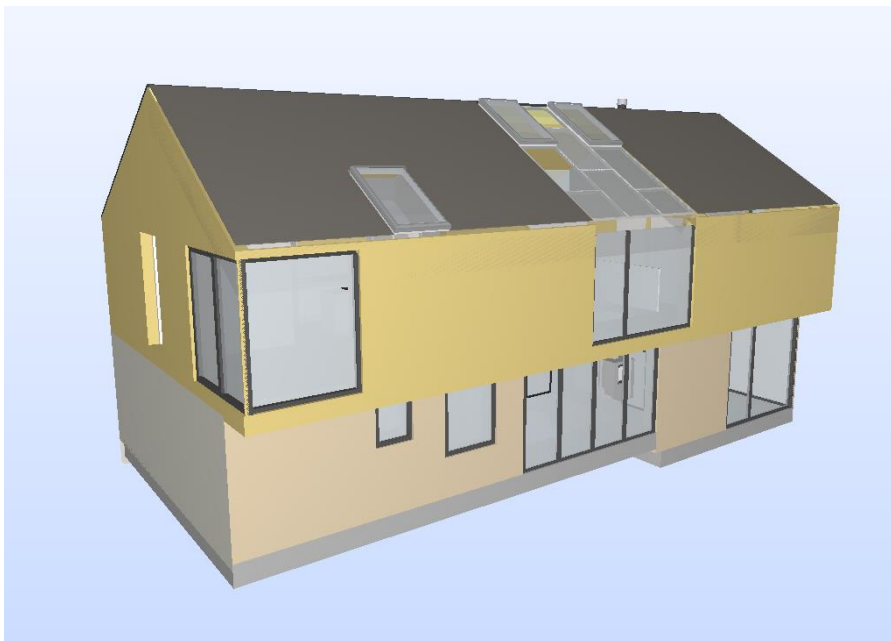
Med tilsvarende forutsetninger som for Konsept 1, vil det for Konsept 2 være behov for et solcelleanlegg med installert effekt ca. 20 kW_p. Dersom det benyttes solceller med tilsvarende virkningsgrad, er det behov for et solcelleanlegg med et areal på 100-110 m².

Kostnader ekskl. mva. for et solcelleanlegg for Konsept 2 vil være på ca. 280 000-300 000 kr. Fordelen med dette alternativet er at også termisk energi, dvs. varmebehovet dekkes med lokal produsert energi fra energibrønnen og at det ikke er behov for å kjøpe og lagre brensel. Ulempen er høyere investeringskostnader pga. behov for et større solcelleanlegg og energibrønn. På den andre siden kan det forventes at driftskostnader blir lavere.

7 REVIDERT FORSLAG – VERSJON 2

7.1 Arkitektonisk utforming og tiltak for å redusere energibehov

Arkitektoniske hovedtrekk har blitt beholdt, dvs. to etasjer, saltak og integrert vinterhage. Oppvarmet boareal har blitt redusert med ca. 15 % til 194 m². I tillegg har glassarealet på taket blitt noe redusert. Det har blitt lagt vekt på å finne gode arealeffektive løsninger, som f. eks. hems som lekeareal for barn, eller mulighet til å sove. For å redusere behovet for levert energi ytterligere, er det forutsatt installasjon av et system for energigjenvinning fra gråvann og energieffektiv LED-belysning.



Figur 6: 3D-modell av revidert bygg sett fra sør-vest.

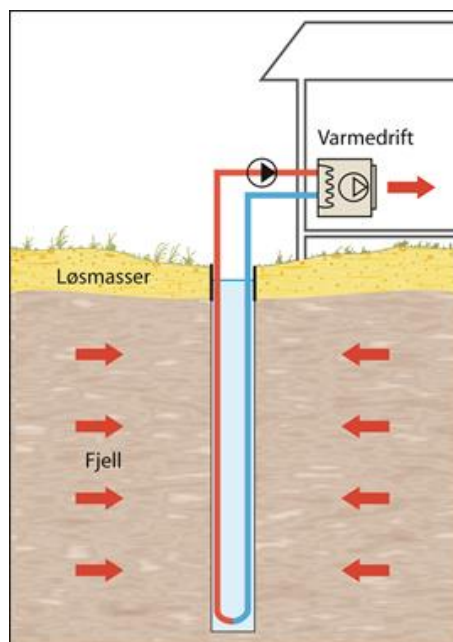
8 ANBEFALT LØSNING FOR ENERGIFORSYNING

8.1 Oppdekning av varmebehovet

Anbefalt løsning for oppdekning av varmebehovet er et system bestående av én sentral varmepumpe for romoppvarming og oppvarming av tappevann. Det benyttes bergvarme, dvs. energibrønner som varmekilde.

Varmepumper henter energi fra omgivelsene, fra uteluft, fra vann (sjøvann eller grunnvann) eller fra grunnvarme (jord eller fjell). Ved hjelp av varmepumpen omdannes energien i for eksempel grunnvannet til et høyere temperaturnivå som kan anvendes til romoppvarming og oppvarming av tappevann. Effektfaktoren (COP) til varmepumpen avhenger av blant annet temperaturnivået til mediet, f. eks. temperaturen i energibrønnene, som varmen skal hentes fra og temperaturnivået mediet skal heves til. Lavt temperaturløft gir høy varmfaktor. Varmefaktoren = avgitt termisk effekt/tilført elektrisk effekt. Typisk varmfaktor er på 2,5-4,0.

For hus som er bygd iht. NS 3700, dvs. Passivhusstandard, er også effektbehovet til oppvarming svært lavt. Dermed vil det være mulig å dimensjonere varmepumper slik at de kan dekke bortimot 100% av varmebehovet. Figur 7 viser skjematisk et varmepumpeanlegg med energibrønn i fjell. Typisk borehull er på ca. 200 meter. Spesifikt effektuttak i vannfylt del av borehull er på ca. 30 ± 10 W/m. En varmepumpe med en kapasitet på 4-6 kW og én energibrønn på 120-150 m vil sannsynligvis være tilstrekkelig som energikilde.

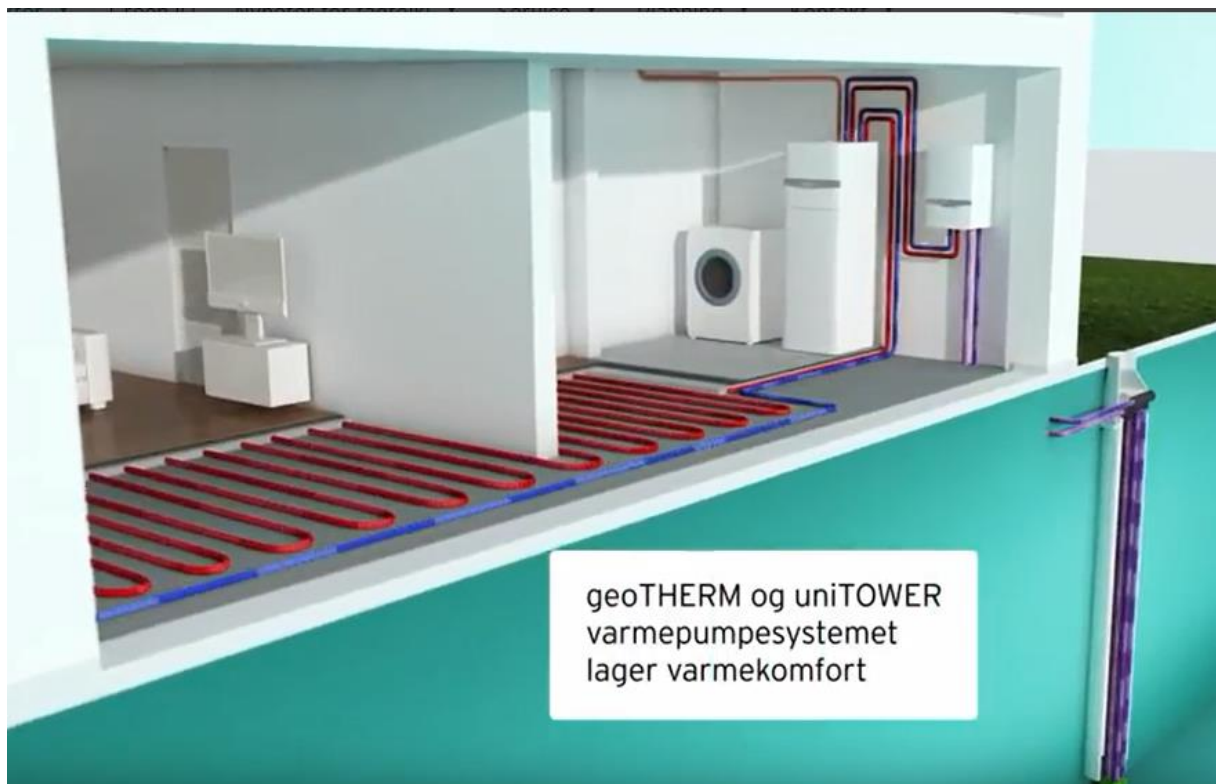


Figur 7: Energibrønn i fjell med lukket kollektor (Kilde: NGU)

Prinsipielt vil det også være mulig å bruke luft/vann-varmepumper, med denne type varmepumpe innebærer lavere COP-faktorer i kalde perioder og en synlig utendørs installasjon. I tillegg må det regnes med noe støy fra utedelen.

Typisk effekt for vann/vann varmepumper designet for eneboliger har vært på 8-15 kW, dvs. vesentlig over effektbehovet for et lavenergi/passivhus. Dette medfører unødvendig høye investeringskostnader og lite gunstig driftsmønster. I den siste tiden har det blitt utviklet vann/vann varmepumper spesielt tilpasset dette markedssegmentet. Vaillant presenterte høsten 2017 en vegghengt væske/vann varmepumpe med en varmeeffekt på kun 3 kW. Bruttopris til sluttkunde er angitt til ca. 27 000 kr eks. mva. Inklusive 200 liter akkumulatortank og styring er prisen angitt til ca. 50.000 kr. Dersom det velges en varmepumpe med 5 kW effekt øker prisen til ca. 70 000 kr eks. mva. Installasjon anslås å koste ca. 25 000 kr og boring av energibrønn koster erfaringsmessig på ca. 400 kr/meter, dvs. ca. 60 000 kr for en brønn på 150 meter.

Prisen eks. mva. for et komplett varmeanlegg med effekt på 3 kW anslås til ca. 135 000 kr. For et anlegg med 5 kW varmepumpe øker prisen til ca. 155 000 kr. Kostnader for varmedistribusjon i huset er ikke inkludert.



Figur 8: Vaillant geo Therm væske/vann varmepumpe med energibrønn og gulvvarme

8.2 Oppdekning av el-behovet

Til lokal produksjon av elektrisitet anbefales et solcelleanlegg som monteres på den sørvendte delen av saltaket og integrert i sørfasaden.

Solcelleanlegget tilknyttes det offentlige el-nettet, dvs. el-forsyningen vil være basert på et samspill mellom kjøpt elektrisitet og lokal produsert solstrøm. Gjennom Plusskundeordningen kan overskuddsproduksjon av elektrisitet fra solcelleanlegget selges til et kraftselskap, eller alternativt til det lokale nettselskapet, dvs. Hafslund Nett.

Et solcelleanlegg består av følgende hovedkomponenter:

- Solcellemoduler
- Vekselrettere inkl. utstyr til produksjonsovervåkning og styring
- Kabling (Likestrøms- og vekselstrøms kabler)
- Montasjesystem
- Eventuelt ekstra sensorer og måleutstyr for å gi mer detaljert informasjon om anleggets ytelse og komponentenes tilstand.

I dag domineres markedet for solceller av krystallinske silisium solceller. Gjennomsnittlig virkningsgrad for solcellemodulene er på ca. 16 – 18 %, mens de beste produktene på markedet har en virkningsgrad som ligger på ca. 22 %. Ved å benytte slike høyeffektive solceller kan arealbehovet for solcelleanlegget reduseres.

Erfaringsmessig koster solcelleanlegg med høyeffektive solceller ca. 50% mer enn solcelleanlegg med en virkningsgrad på 17-18%. I praksis betyr dette at selv om el-produksjon øker med ca. 20 %, medfører bruk av høyeffektive solceller økt investering og noe dårligere totaløkonomi.

Med den gitte økonomiske rammen for prosjektet, er det derfor valgt å se bort fra mulighet til å bruke høyeffektive solceller.

Det antas at solcelleanlegget i gjennomsnittet, dvs. for installasjon på tak og fasade kan produsere 800 kWh/kW_p. For solcelleanlegget på taket er det i en forenklet betraktning antatt 100 % tap av solinnstråling pga. snø i perioden 1. desember til 28. februar og ingen tap fra 1. mars til 30. november. Tallet inkluderer også tap i kabler og vekselretter, dvs. omforming fra likestrøm til vekselstrøm.

8.2.1 Bygningsanvendte solcellesystem

Betegnelsen bygningsanvendte solcellesystemer (building-applied photovoltaics, BAPV) benyttes noen ganger for å referere til solcellemoduler som er ettermontert, det vil si festet til bygget etter at bygningskonstruksjonen er komplett. De fleste solcelleinstallasjoner som finnes i dag er av typen BAPV. Fordelene er god ventilering, relativ billige og robuste, men det kreves et tett tak under og estetisk sett er dette, i de fleste tilfeller, ikke en optimal løsning. For et solcelleanlegg med en installert effekt på 10-20 kW_p, anslås at prisen for et komplett anlegg er på ca. 14 000 kr/kW_p. Dersom det benyttes standard solcellemoduler med en effekt på 290 W per modul, tilsvarer dette en pris på ca. 2500 kr/m² eks. mva.



Figur 9: Typisk BAPV solcelleanlegg montert på saltak.

8.2.2 Bygningsintegreerte solcellesystemer

Bygningsintegreerte solcellesystemer (BIPV) benytter solcellemoduler til å erstatte konvensjonelle bygningsmaterialer i deler av byggets klimaskall, slik som tak eller fasader. Denne type systemer blir i økende grad inkorporert i konstruksjonen til nye bygninger som en hoved- eller tilleggskilde til elektrisitet.

IRFTS Solar Solutions

Figur 10 viser eksempelvis et montasjesystem for bygningsintegreerte solcelleanlegg fra det franske selskap IRFTS Solar Solutions.



Figur 10: BIPV solcelleanlegg fra IRFTS Solar Solutions

Systemet er utformet slik at de fleste standardmoduler med en dimensjon på ca. 1 meter x 1,65 meter kan benyttes. Solcelleanlegget monteres direkte på takets underkonstruksjon. Solcellemodulene fungerer som tett og vedlikeholdsfritt tak.

For å sikre optimal ventilering er det mulig å benytte et mekanisk avtrekk. Prinsipielt vil det være mulig å «gjenvinne» energien i avtrekksluften ved å installere en luft-vann varmeveksler. På denne måten kan brinetemperaturen fra energibrønnen økes, noe som vil gi bedre COP-faktor for varmepumpen. Evt. overskuddsenergi kan ledes til energibrønnen.

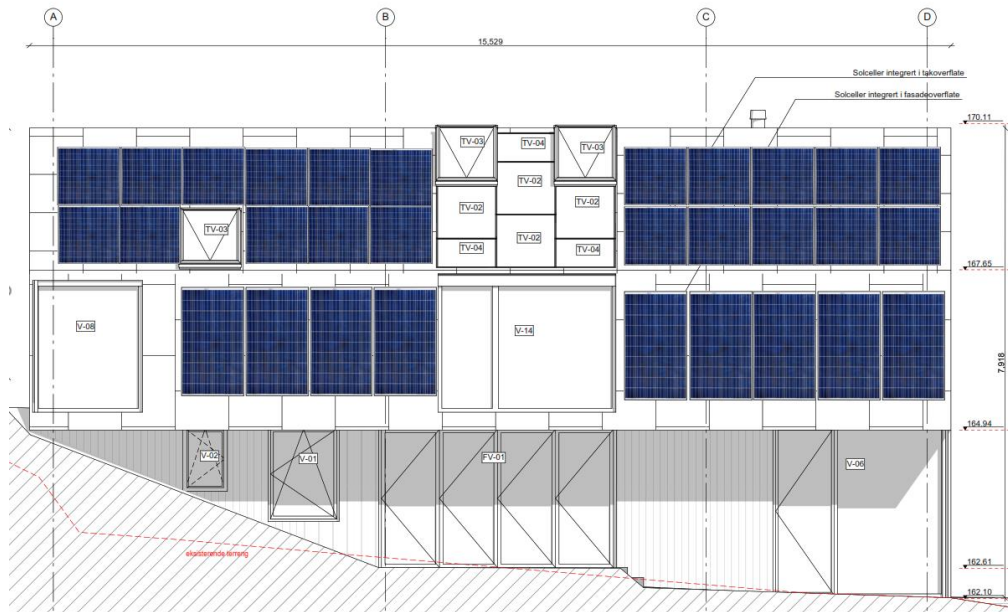
Ifølge leverandøren i Norge, er kostnader for dette systemet (uten energigjenvinner) ca. 10 % høyere enn for sammenlignbare BAPV-systemer. Samtidig kan kostnader for takstein/takbelegg trekkes fra. Det antas derfor at dette systemet kan installeres til samme pris som et BAPV system.

Figur 11 viser oppbygging av solcelletaket med et BIPV montasjesystem fra IRFTS. Som vist i figuren finnes det takvinduer som lett kan integreres i solcelletaket.



Figur 11: Oppbygging av et BIPV solcelletak med et montasjesystem fra IRFTS

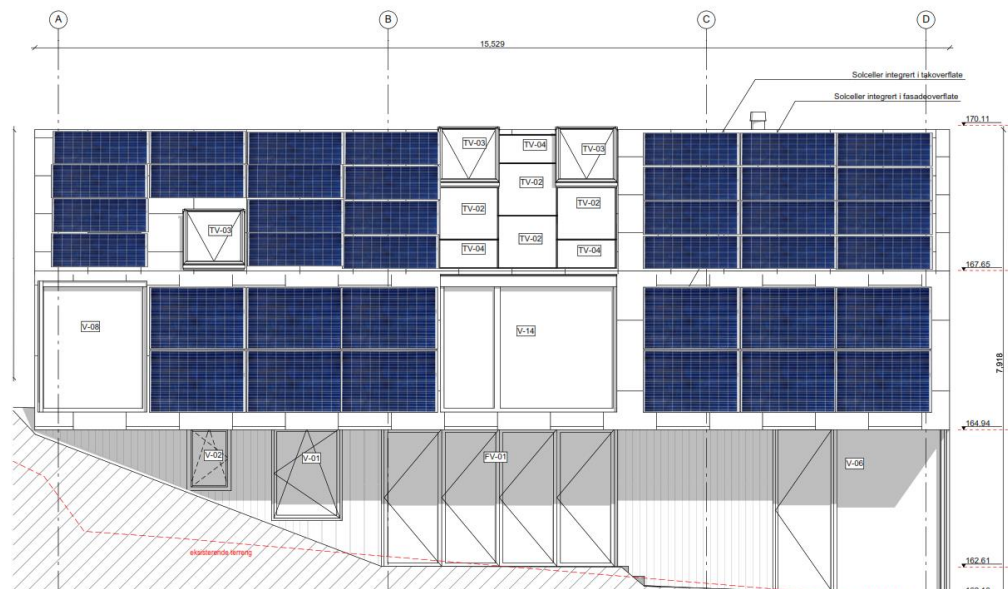
Med stående montasje vil det være mulig å plassere 30 moduler på tilgjengelig tak- og fasadearealer. Ved valg av solcellemoduler med $290 W_p$ blir solcelleanlegget på en installert effekt på $8,7 kW_p$. Forventet el-produksjon vil være på ca. 7000 kWh/år.



Figur 12: Tak- og fasade med standardmoduler montert vertikal på tilgjengelige arealer.

Det er påfallende at arealutnyttelsen er relativ lav. Store deler av taket og fasaden er i glass. I tillegg gir størrelsen på standardmodulene på 1,65 meter x 1 meter relativt store arealer som ikke kan benyttes til installasjon av solceller. Et asymmetrisk saltak med en lengde på 5,2 meter for den sørvendte siden ville gi mulighet til installasjon av tre rader med solcellemoduler på taket, dvs. totalt 41 moduler ($11,9 \text{ kW}_p$). Forventet el-produksjon vil være på ca. 9 500 kWh/år.

Figur 13 viser horisontal installasjon av standard solcellemodulene. I dette tilfelle er det mulig å installere 38 standard solcellemoduler ($11,0 \text{ kW}_p$), dvs. arealutnyttelsen kan økes betydelig i forhold til vertikal montasje. Dette medfører at forventet el-produksjon kan økes til ca. 8800 kWh.



Figur 13: Tak- og fasade med standardmoduler montert horisontal.

Sun Style Solar Roof

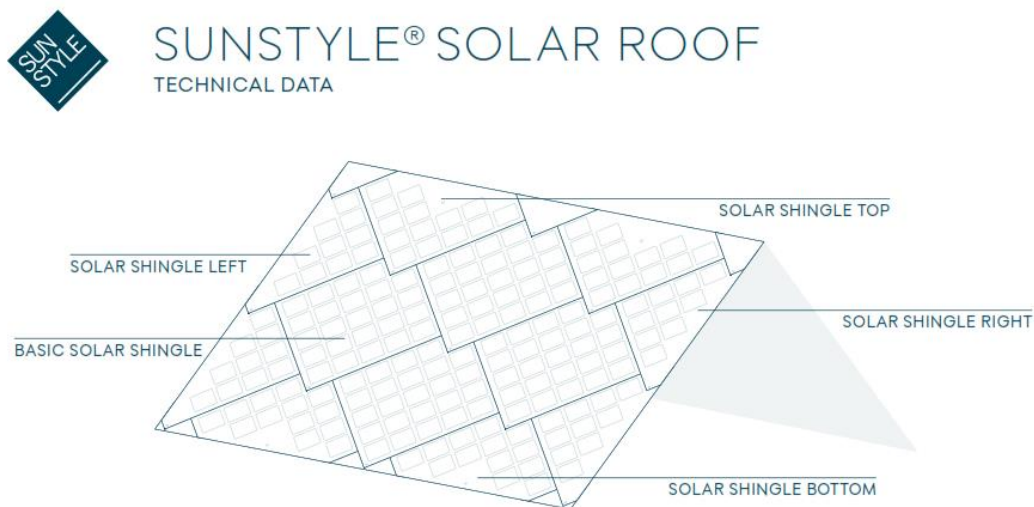
Sun Style Solar Roof er et sveitsisk BIPV system som benytter kvadratiske solcellemoduler med monokrystallinske solceller. Dimensjonen for modulene er 0,87 x 0,87 meter.

Systemet gjør det mulig å utnytte tilnærmet 100% av tilgjengelige tak- og fasadearealer til installasjon av solceller. Samtidig kan høye estetiske krav ivaretas. Det ferdige taket ligner et tradisjonelt skifertak.

Basert på tegningene vil det være mulig å installere ca. 85 m² Sun Style solcellemoduler på taket og fasaden. Maksimal virkningsgrad under Standard Test betingelser (STC) er angitt til 16%. Dette betyr at det er mulig å installere et Sunstyle solcelleanlegg med en installert effekt på 13,6 kW_p. Forventet el-produksjon vil være på ca. 10 900 kWh/år.

I følge leverandøren for Sunstyle i Norge er budsjettpris, eks. mva. for et Sunstyle anlegg, inkl. montasje, kabling og vekselretter på ca. 3000 kr/m².

Figur 14 viser skjematisk oppbygging av et Sun Style soltak. Figur 15 og figur 16 viser eksempler på ferdig installerte Sun Style solartak med forskjellige helningsvinkler.



Figur 14: Skjematisk oppbygging av Sun Style Solar Roof.



Figur 15: Sun Stylesoltak installert på et pulttak med takvindu



Figur 16: Sun Stylesolartak integrert i tak med nesten 90 ° helningsvinkel.

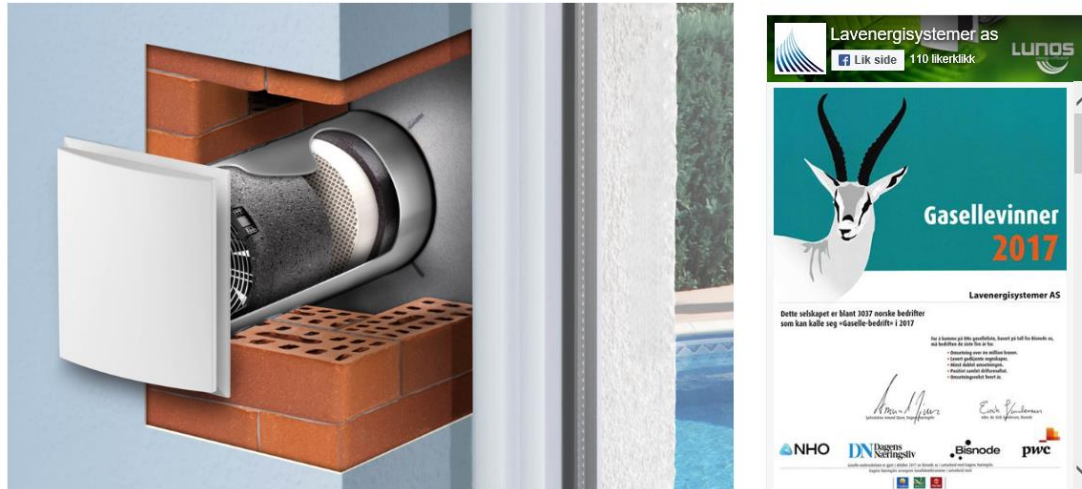
8.3 Ventilasjon

Desentralisert balansert ventilasjonssystem fra f. eks. Lunos.

Ved bruk av dette systemet oppstår det ikke behov for oppvarming av ventilasjonsluft. Energitalpet fra ventilasjon må tilføres bygget ved hjelp av romoppvarming.

LUNOS e² - balansert ventilasjon med varmegjenvinning

Besøk vår Facebookside for siste nytt!



Balansert ventilasjon rett i veggen!

Figur 17: Desentralisert balansert ventilasjonssystem fra Lunos

Mer info : www.lavenergisystemer.no

8.4 Energigjenvinning fra gråvann

I hht. NS 3031 er årlig varmebehov til varmt tappevann, dvs. hovedsakelig til vask og dusj, større enn til romoppvarming. Gråvann er avløpsvann fra vask, dusj, oppvaskmaskin og vaskemaskin. Energigjenvinning fra gråvann kan dermed gi et betydelig bidrag til redusere byggets varmebehov. Avhengig av valgt teknologi, kan energibehovet til oppvarming av tappevann reduseres med 25-50%.

Det er forutsatt at årlig energibehov til oppvarming av tappevann kan reduseres fra 30 kWh/m² BRA til 20,1 kWh/m² BRA. I praksis betyr dette at energigjenvinning fra gråvann reduserer varmebehovet med ca. 1900 kWh/år for denne eneboligen. Selv med bruk av en varmepumpe, vil energigjennvinneren redusere behovet for levert el med ca. 580 kWh/år, tilsvarende el-produksjon fra 3-4 m² med solceller. På denne bakgrunn anbefales installasjon av gråvannsgjennvinner.

8.5 Andre tiltak for å redusere behov for levert el

Det anbefales utelukkende bruk av energieffektiv LED belysning. På årsbasis anslås at behovet for levert elektrisitet kan reduseres med ca. 780 kWh (4 kWh/BRA) i forhold til referanseverdier oppgitt i NS 3031.

8.6 Lagring av elektrisitet

For å redusere behov for salg av solstrøm kan energisystemet utformes slik at det også er mulig å levere lokal produsert el internt til et lager, dvs. et batteri. Batteriet kan være stasjonært plassert i bygget, eller mobilt i en elbil.

Ved bruk av batterier kan selvforsyningsgraden i sommermånedene økes. Dvs. andel lokal produsert elektrisitet som brukes direkte til drift av bygget kan økes ved å kunne bruke solstrøm til oppdekning av elbehovet om natta. Likevel, i forhold til kriterier for ZEB regnskapet har dette ikke noe betydning, og bruk av «nettet» som batteri er økonomisk fordelaktig. Lagring av el kan evt. på et senere tidspunkt være interessant som optimalisering/supplement.

Kombinasjon med bruk av elbilbatteri «Vehicle to grid» (V2G)

Nissan er, etter det vi kjenner til, den eneste leverandør av el-biler som per i dag tilbyr kommersielle løsninger som gjør det mulig å benytte batterier i elbilen til å forsyne stasjonære forbrukere, såkalt «Vehicle to grid» (V2G). Dette kan være en interessant mulighet til lagring av solstrøm, men forutsetter at elbilen er tilkoblet ladestasjonen ved bygget på dagtid.

9 ENERGIBEREGNING

9.1 Metodikk og simuleringsprogram

Beregningene er utført i programmet SIMIEN, versjon 6.009. SIMIEN er et dynamisk beregningsprogram validert etter reglene i NS-EN 15265. Programmet benytter standardiserte klimadata, i henhold til regelverket for kontrollberegninger.

Energiberegninger basert på en modell med standardiserte inndata samsvarer ikke nødvendigvis med reelle driftsforhold for bygningen. Dette skyldes bl.a. at internlaster til diverse teknisk utstyr i virkeligheten ofte er høyere enn de standardiserte tallene.

9.2 Forutsetninger og sentrale inndata

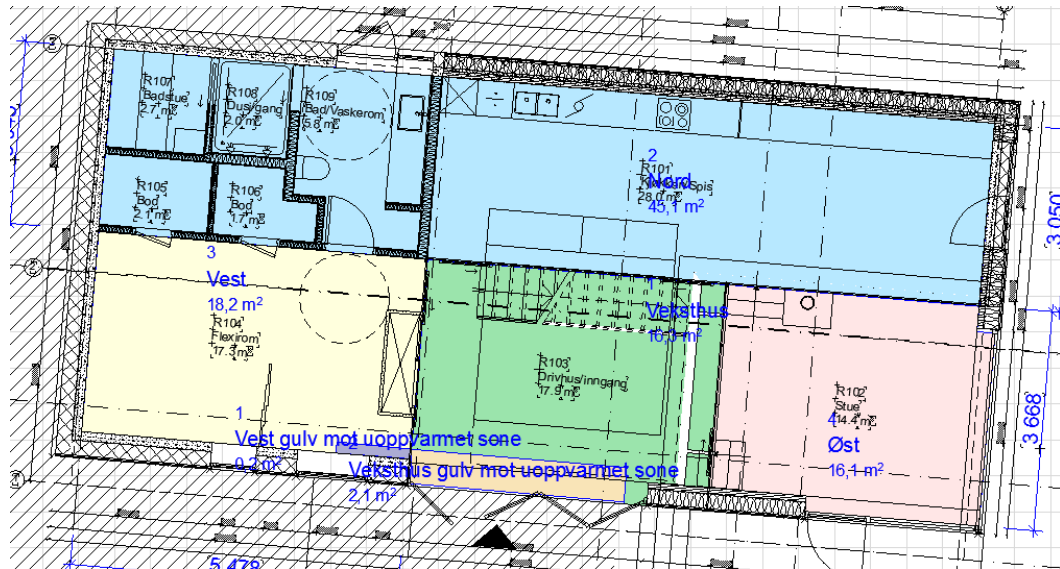
Oppmåling av plan- og fasadearealer er utført digitalt i DWG-filer tilsendt av oppdragsgiver, datert 17.10.17. Bygningens volum er beregnet på bakgrunn av snitt-tegninger/IFC-fil. Arealer for vinduer og dører er basert på mål fra fasadetegninger av bygget og vindusskjema. Tabellen nedenfor oppsummerer mål for bygningens klimaskall.

Tabell 2: Bygningens klimaskall

Beskrivelse	Verdi
Areal yttervegger [m ²]:	170
Areal tak [m ²]:	114
Areal gulv mot grunn [m ²]:	105
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	67
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	194
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	556

9.2.1 Viktige forutsetninger

- Bygget er simulert med kategori småhus og én boenhet.
- I simuleringen er bygget sonet i fire deler: Vest (solutsatt – gul farge), Veksthus (solutsatt – grønn farge), Øst (solutsatt – rosa farge) og Nord (ikke solutsatt – blå farge). Se figur 18.



Figur 18: Soneinndeling

- Iht. NS 3031 skal det ikke tas hensyn til virkningen av regulerbar solskjerming i energiberegninger av bolighus; glassets g-verdi er forutsatt 0,55.
- Normalisert kuldebroverdi er satt til 0,05 W/(m²K). Dette er standardverdi for bygning med bæresystem i tre iht. NS3031.
- Tetthet (lekkasjetall) er satt til 0,6 h⁻¹ (minimumskrav i passivhusstandarden).
- Energiforsyning er grunnvannsvarmepumpe til å dekke 100 % av oppvarming og varmt tappevann. COP-verdi til varmpumpe er forutsatt lik 3,8. Denne løsningen er nærmere beskrevet i notat om energiutredning for Bråtaveien 3. El-behovet dekkes av en kombinasjon av solceller og direkte el.
- Systemvirkningsgrader for varmpumpe:

Data	Veiledende verdier fra Tillegg B i NS 3031:2014	
Produksjonsvirkningsgrad:	<input type="text" value="3,80"/>	Varmepumpe brine til vann 45 °C / 37 °C, varme fra jord, berg, vann eller
Distribusjonsvirkningsgrad:	<input type="text" value="0,94"/>	Vannbåren, normalt isolerte rør, lavtemperatur, 35 - 45 °C
Romvirkningsgrad:	<input type="text" value="0,90"/>	Vannbåren gulvvarme, turtemperatur < 35 °C, rør lagt i støp, TEK07
Systemvirkningsgrad:	<input type="text" value="3,21"/>	

- Det vurderes solceller på både tak og fasade. Det vil være mulig for 55 m² solceller på tak mot sør og 30 m² solceller på fasade mot sør.
- Tekniske forutsetninger solcelleanlegg:
 - Nominell virkningsgrad (STC): 16%
 - Tapsfaktor panel: 0,89
 - Tapsfaktor vekselretter: 0,97
 - Periode med tap av solinnstråling på taket pga. snø: 1.desember. – 1. mars.

- Termiske masser:
 - Gulv: Lett gulv (3,0 Wh/m²K)
 - Himling: Massivtre (12,0 Wh/m²K)
 - Innside yttervegger: Massivtre (12,0 Wh/m²K)
 - Innervegger: Massivtre (12,0 Wh/m²K)
- Standardiserte internlaste og driftsdata som spesifisert i NS 3031.
- Det er forutsatt energieffektiv belysning på 1,37 W/m², som tilsvarer 8 kWh/m².
- Termiske masser:
 - Gulv: Lett gulv (3,0 Wh/m²K)
 - Himling: Massiv tre (12,0 Wh/m²K)
 - Innside yttervegger: Massivtre (12,0 Wh/m²K)
 - Innervegger: Massivtre (12,0 Wh/m²K)
- Standardiserte internlaste og driftsdata som spesifisert i NS 3031.
- Ventilasjon:

Luftmengde er forutsatt i.h.t. forutsetninger i NS3031:2014.

Boligen er planlagt med LUNOS ventilasjonssystem. Dette er et forenklet balansert system som monteres i fasaden og har varmegjenvinner i form av keramisk element. I en telefonsamtale med leverandør (Lavenergisystemer) oppgis SFP for systemet 0,32 kW/m³/s (ingen kanaler) og årgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad standardmodulen oppgis å være 90 %.

9.2.2 Inndata klimaskall

Under følger forutsatte inndata for bygningskroppen.

Tabell 3: Forutsatte inndata for bygningskroppen

Inndata	Verdi	Kommentar
U-verdi vegg over terreng [W/m ² K]	0,12	Forutsatt av RIE
U-verdi vegg mot terreng eks. varmemotstand i grunnen [W/m ² K]	0,2	Forutsatt av RIE
U-verdi gulv mot grunn eks. varmemotstand i grunnen [W/m ² K]	0,17	Forutsatt av RIE
U-verdi gulv mot det fri [W/m ² K]	0,13	Forutsatt av RIE
U-verdi vindu/dører [W/m ² K]	0,7	Forutsatt av RIE
U-verdi tak [W/m ² K]	0,09	Forutsatt av RIE
Solfaktor vindu/glassdører (g-verdi)	0,55	Forutsatt av RIE
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,05	Bæresystem i tre
Lekkasjetall (n50) [luftvekslinger pr time]	0,6	Passivhus

9.3 Beregninger/vurderinger

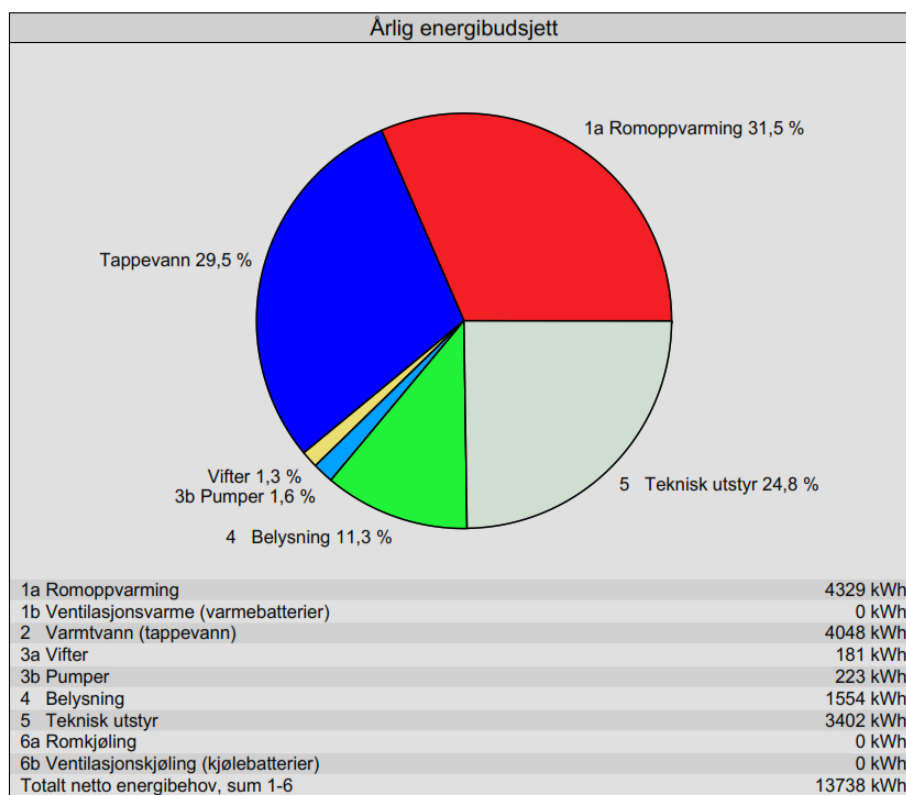
Beregnet **netto energibehov** for den vurderte eneboligen er:

- **70,7 kWh/m²**

9.4 Detaljert energibudsjett

Tabell 4: Energibudsjett

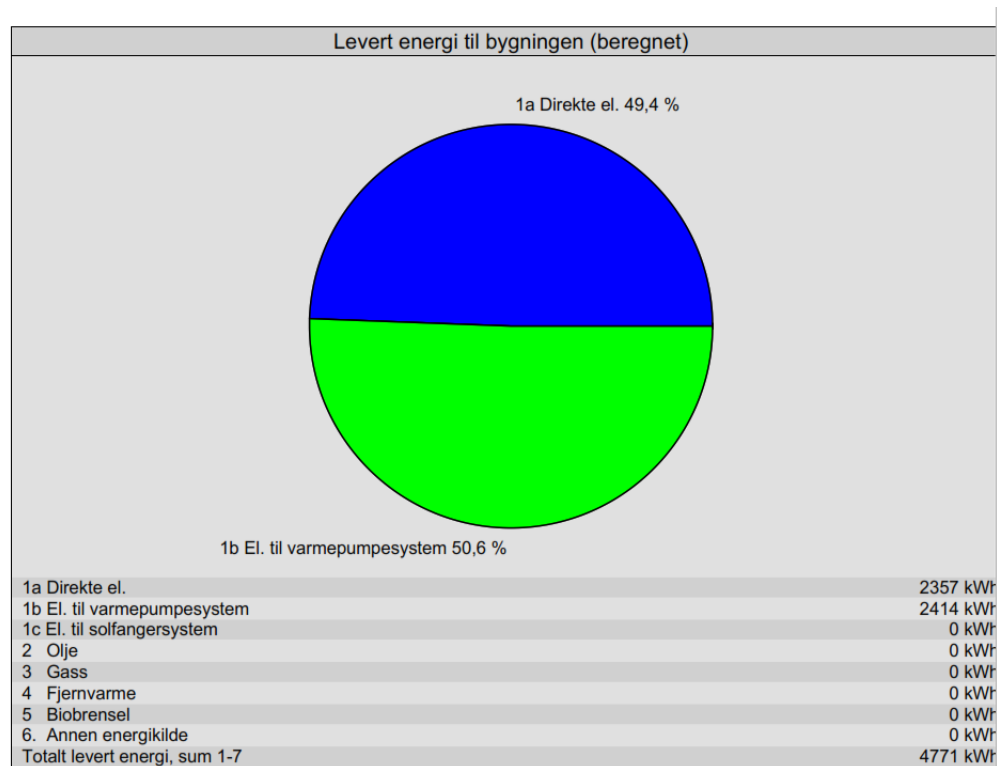
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	4329 kWh	22,3 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	4048 kWh	20,8 kWh/m ²
3a Vifter	181 kWh	0,9 kWh/m ²
3b Pumper	223 kWh	1,2 kWh/m ²
4 Belysning	1554 kWh	8,0 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	3402 kWh	17,5 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	13738 kWh	70,7 kWh/m²



Figur 19: Energibudsjett fordelt etter energipost

Tabell 5: Totalt levert energi til bygningen.

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	5361 kWh	27,6 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	2414 kWh	12,4 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-3004 kWh	-15,5 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	4771 kWh	24,6 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-7474 kWh	-38,5 kWh/m ²
Netto levert energi	-2703 kWh	-13,9 kWh/m ²

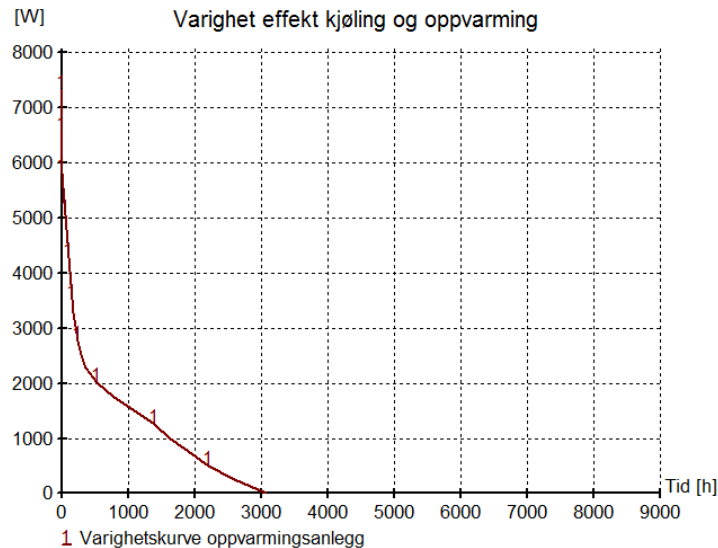


Figur 20: Beregnet levert energi til bygningen.

Som det går fram av tabell 5 er levert energi på ca. 4800 kWh/år. Samtidig er beregnet eksport på ca. 7500 kWh/år. Netto levert energi er dermed beregnet til -2700 kWh/år, tilsvarende -13,9 kWh/m²*år BRA. Overskuddet kan fungere som resere, eller avregnes mot klimagassutslipp fra materialbruk, ref. kap. 10.1.

9.5 Effektbehov til oppvarming

Figur 10 viser varighetskurven for bygget. Det er kun 3000 timer per år behov for oppvarming. Maksimal effektbehov er på ca. 7 kW. En varmepumpe med en effekt på 5 kW vil kunne levere ca. 99% av energibehovet til oppvarming



Figur 21: Varighetskurve

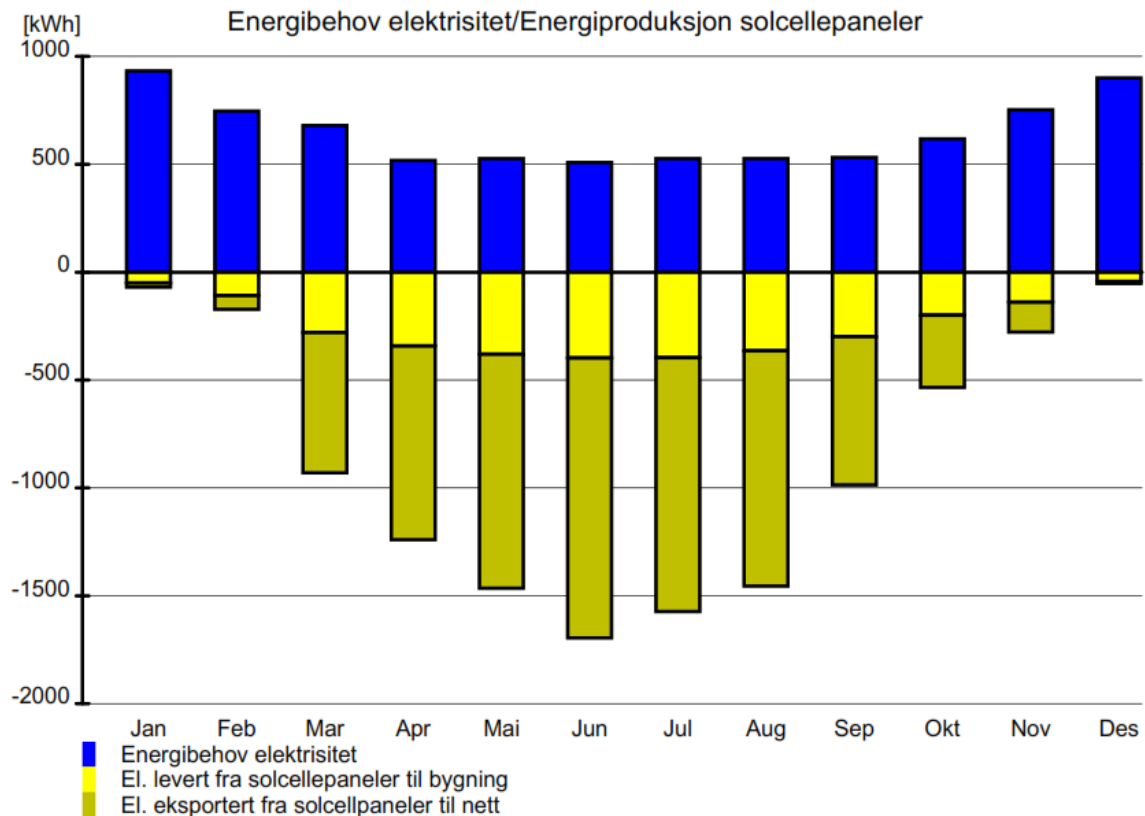
Som det går frem av tabell 8, kan et oppvarmingssystem med en effekt på 6 kW dekke 100% av byggets energibehov. Dersom installert effekt reduseres til kun 3,5 kW, er dekningsgraden for energibruk fremdeles på 95%. Med et oppvarmingsbehov på ca. 4000 kWh/år, betyr dette at ca. 200 kWh/år med dekkes ved hjelp av en annen energikilde. (elektrisitet eller vedovn).

Tabell 6: Dekningsgrad avhengig av installert effekt for oppvarmingssystem

Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	
Effekt (dekning)	Dekningsgrad energibruk
6,4 kW (90 %)	100 %
5,7 kW (80 %)	100 %
5,0 kW (70 %)	99 %
4,2 kW (60 %)	97 %
3,5 kW (50 %)	95 %
2,8 kW (40 %)	92 %
2,1 kW (30 %)	86 %
1,4 kW (20 %)	72 %
0,7 kW (10 %)	44 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert	-

9.6 Levert el og lokal elproduksjon

Figur 22 og tabell 7 viser månedlig behov for levert elektrisitet og beregnet produksjon av solstrøm for et Sunstyle solcelleanlegg på 85 m² med installert effekt på 13,6 kW_p. I løpet av et år vil det være behov for å kunne eksportere ca. 7 500 kWh solstrøm.



Figur 22: Levert elektrisitet og lokal elproduksjon per måned

Tabell 7: Energiproduksjon solceller

Panel	Energiproduksjon solceller [kWh]													Totalt
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des		
Produsert Solceller på tak mot sør	0	0	631	914	1135	1339	1231	1082	695	349	172	0	7548	
Produsert Solceller på fasade mot sør	71	174	301	328	333	358	345	375	294	188	108	55	2930	
Sum produsert	71	174	932	1242	1468	1697	1576	1457	989	537	280	55	10478	
Levert til bygning	50	109	280	342	380	398	397	365	299	200	139	44	3004	
Eksportert til nett	21	66	652	900	1087	1299	1179	1092	690	336	141	11	7474	

10 KLIMAGASREGNSKAP

Som beskrevet i kap. 2 er det et mål at eneboligen i Bråtaveien 3A skal oppnå ZEB-OM. Bygningens fornybare energiproduksjon må derfor kompensere for klimagass- utslippet fra energibruk i drift av bygningen (O - Operation) og produksjon av byggematerialer (M - Materials) gjennom hele bygningens livsløp.

Civitas har utarbeidet notatet «Bråtaveien 3a – Klimagassregnskap», ref. vedlegg 1.

Klimagassberegningene er gjennomført med en forutsatt levetid for bygget på 60 år. Det er lagt til grunn at solcellene på bygget skiftes ut én gang i løpet av byggets levetid.

10.1 Utslipp fra materialer

Utslipp fra materialer fordelt på ulike bygningsdeler er vist i Tabell 8. Beregnet klimagassutslipp for materialbruk, inkl. solcelleanlegg er heretter ca. 70 tonn, tilsvarende spesifikt klimagassutslipp på 5,9 kg CO_{2e} /m²*år.

Tabell 8: Klimagassutslipp fra materialer

Bygningsdel	Totalt klimagassutslipp over livsløp [kg. CO _{2e} /livsløp]	Spesifikt klimagassutsl. [kg CO _{2e} /m ² *år]
Grunn og fundamenter	15.559	1,33
Yttervegg	12.530	1,07
Innervegg	3.660	0,31
Dekker	6.947	0,59
Yttertak	8.877	0,76
Trapper og balkonger	55	-
Solceller med tilhørende elinstallasjoner	17.240	1,48
Varmesystem	3.800	0,33
Sum	69.669	5,88

10.2 Utslipp fra stasjonær energibruk i drift

Basert på energiberegning som vist i kap 9, er årlig utslipp av klimagasser knyttet til byggets energibehov beregnet til 5,2 kg CO_{2e}/m²*år. Med en årlig produksjon fra solceller på 54 kWh/m² oppvarmet areal, tilsvarende 7,0 kg CO_{2e}/m²*år gir det et «overskudd» av CO_{2e} på 1,80 kg CO_{2e}/m²*år.

Tabell 9: Utslipp knyttet til stasjonær energibruk og -produksjon

	Spesifikt energibehov [kWh/m ² *år]	Utslippsfaktor [g CO _{2e} /kW]	Utslipp [kg CO _{2e} /m ² *år]
El til drift av varmpumpe	12	130	1,61
Elspesifikt behov	28	130	3,59
Elproduksjon	-54	130	-7,00
Sum	-14	130	-1,80

10.3 Klimagassbalanse

Tabell 10: Klimagassbalanse for Bråtaveien 3A

	Spesifikt energibehov	Utslippsfaktor	Utslipp
	[kWh/m ² *år]	[g CO _{2e} /kW]	[kg CO _{2e} /m ² *år]
El til drift av varmepumpe	12	130	1,61
Elspesifikt behov	28	130	3,59
Elproduksjon	-54	130	-7,00
Materialer			5,88
Sum			4,08

Som det går frem av tabell 10 er beregnet klimagassutslipp på ca. 4,1 kg CO_{2e}/m²*år.

Dette kan reduseres/elimineres ved å velge solceller med høyere virkningsgrad, eller ved å utvide solcellearealet, som f. eks. på garasjetak, utehus eller montert på bakken.

11 INVESTERINGSBEHOV ENERGISYSTEM

Tabell 11 viser en oversikt over anslått investeringsbehov for hovedkomponentene for beskrevet energisystem.

Tabell 11: Oversikt investeringsbehov energisystem

Hovedkomponent	Investering, eks. mva. [kr]
Varmepumpe 5 kW, inkl. montasje	95 000
Energibrønn, 150 meter	60 000
Solcelleanlegg BIPV, (85 m ² á 3000 kr/m ²)	255 000
Gråvannsgjenvinner, inkl. montasje	20 000
Diverse/usikkerhet	40 000
SUM	470 000

- Forenklet varmedistribusjon lavtemperatur radiatorer, evt. gulvvarme i 1. etasje kan budsjetteres med ca. 60 000 kr.
- Kostnader for takstein/takbelegg og kledning av fasade kan trekkes.

11.1 Annet

- Vedovn inngår ikke i energikonseptet, men kan installeres av personlige grunner pga. komfort.
- Vaskemaskin og oppvaskmaskin tilkobles varmt vann for å redusere el-behovet (Teknisk utstyr). Det må installeres VV-uttak.
- Smart styring av varmepumpe slik at VV-produseres primært i perioder med el fra solcelleanlegget, dvs. på dagstid. Evt. kan dette også kobles mot prognose for solinnstråling.

12 KONKLUSJON

Klimagassbalansen for Bråtaveien 3A for områdene materialer (M) og energi (O). Bråtaveien 3A viser at det er mulig å oppnå ZEB-O med det solcellearealet den har tilgjengelig på egen bygningskropp, dvs. sørvendte tak og sørfasaden.

Med valgte forutsetninger vil det imidlertid ikke være mulig å oppnå ZEB-OM. Dersom det i tillegg installeres solceller på uthus (12 m²) og carport (20 m²), samt at det velges materialtyper med lavere utslipp innen de enkelte materialgruppene, kan målet være innen rekkevidde.

Investeringsbehovet for beskrevne energisystemet er anslått til ca. 470 000 kr , eks. mva.

13 VEDLEGG

- 1) Bråtaveien 3a –Klimagassregnskap
- 2) Simien energiberegning