



Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for miljøvitenskap og teknologi (Miljøtek)
Institutt for Naturforvaltning (INA)

Masteroppgåve Våren 2015
30 stp

Oppfylling av nesten nullenergibyggekrev med fornybare teknologiar

Studie av eitt kontorbygg

Kay Morten Hustvedt

FORORD

Denne masteroppgåva er skrevet ved Norges miljø- og biovitenskaplege universitet i våren 2015. Eg vil takka vegleiaren min Monica Havskjold for god hjelp igjennom arbeidet med oppgåva.

Vil også takka medstudentane mine for god hjelp og avkopling frå arbeidet, og vil takka Camilla for god støtte igjennom studietida på Ås.

Oppgåva har vert ein bra læreperiode for meg, der eg har skaffa meg ny kunnskap og nye erfaringar.

SAMANDRAG

Noreg har satt eit mål om å redusera klimagassutslepp med 30 prosent i forhold til 1990-nivå innan 2020, og å bli karbonnøytrale innan 2050. IEA har foreslått fem områder som det bør fokuserast på for å redusera klimagassutsleppa, og energieffektivisering i bygg er eit av dei områda. På lang sikt er det å redusera energibruken truleg den mest økonomiske metoden å møte eit aukande energibehov på. Det er ein del statlige meldingar som dikterer at etter 2015 skal alle nye bygg vera klassifisert etter passivhus-nivå, og alle nye bygg etter 2020 må vera klassifisert etter eit «NnEB»-nivå. Det blir testa i oppgåva om det er mogleg å dekkja energibehovet til eit passivhus med forskjellige fornybare teknologiar og dermed oppnå eit «NnEB»-nivå.

For å løysa oppgåva er det nytta to metodar. Det blir gjort simuleringar i SIMIEN for å bestemme energibehovet for eit passivhus. Deretter blir det utført lønnssemdsanalysar i EXCEL ved hjelp av LCOE- og noverdimetoden. Eit litteraturstudium blir utført for å finna kostnadar og produksjonar av forskjellige teknologiar. Dei teknologiane som blir valt er vindkraft, solcellesystem, solfangarar, og bergvarmepumpa og energibrønn.

Resultata viser at det er generelt ein relativt høg LCOE-verdi og negative netto noverdiar for løysingane som er valt i oppgåva, bortsett frå for bergvarmepumper og energibrønn. Dei har ein LCOE verdi på rundt 0,35 kr/kWh og ein netto noverdi på 55 000 kr. Det som skal til for å få ei betre lønnsemd for dei andre teknologiane er ein høgare straumpris og lågare investeringskostnad.

Konklusjonen er at det er mogleg, men ikkje på ein lønnsam måte, for eit passivhus å oppnå eit «NnEB»-nivå.

ABSTRACT

Norway has set a goal of reducing their climate gas emissions by 30 percent of the levels in 1990 by the year 2020, and to be carbon neutral within 2050. IEA has proposed five areas to focus on for reducing climate gas emissions and improving the energy efficiency of buildings is one of those areas. Reducing the energy usage is, in the long run, possibly the most economic method of meeting an increased need for energy. There are several government messages dictating that all new buildings after 2015 shall be classified after a passive house level, and all new buildings built after 2020 shall be classified after a near zero emission building level. In this assignment I will test if it is possible to cover the energy needs of a passive house with different renewable technologies, and therefore attaining a near zero emissions building level.

There is mainly two methods used to solve the assignment. First there will be simulations done in SIMIEN to determine the energy needs of a office building at a passive house level. Afterwards there will be economic analyses in EXCEL by using the LCOE- and net present value method. A literary study has been done to determine costs and production of the different renewable technologies. The chosen technologies are wind energy, solar power, solar heat, and ground source heat pump.

The results generally show relatively high LCOE values and negative net present values for the technologies chosen for the assignment, except for the ground source heat pump. The pump has a LCOE value of around 0.35 kr/kWh and a net present value of around 55 000 kr. What is needed for the other technologies to improve their profitability is a higher cost of electricity and a lower cost of investments.

The conclusion is that it is possible to reach a near zero emission building level, but not in a profitable method.

FORKORTELSAR OG DEFINISJONAR

IEA	-	International Energy Agency.
LCOE	-	Levelized Cost of Energy.
BRA	-	Bruksareal av bygning, bustad, eller brukseining, er det arealet som ligger innanfor ytre veggjar inklusiv innvendige veggjar, søyler, røyr, sjakter og liknande. Fri takhøgde skal være minimum 1,9 m. Rom med skråtak reknast som måleverdig 0,6 m utanfor høgda 1,9 m (Statistisk sentralbyrå 2015).
Kuldebruverdi	-	Lineær varmegjennomgangskoeffisient for felt med lågare isolasjonsevne enn kringliggjande konstruksjon/bygningsdel (Standard Norge 2007).
U-verdi	-	Også kjent som varmegjennomgangskoeffisient. Er eitt mål som brukas i bygningsindustrien for å angi ein bygningsdels varmeisolerande evne (Enova 2015a).
Lekkasjetall	-	Luftvolum per innvendig volum og per tidseinheit som lekker gjennom klimaskjermen ved referansetrykkdifferansen, 50 Pa, over klimaskjermen (Standard Norge 2007).
Normalisert kuldebruverdi	-	Samla stasjonær varmestraum frå kuldebruer dividert med oppvarma del av BRA (Standard Norge 2007).
Varmetapstal	-	Eit mål for bygningars varmetap til omgjevnaden. Varmetapstalet viser varmetapet i W/m^2 oppvarma golvareal ved ein temperaturforskjell på ein grad mellom inne og ute (GK 2015).
TEK 10	-	Forskrift om tekniske minimumskrav eit bygg må ha for å kunna oppførast lovlig i Noreg (Direktoratet for byggkvalitet 2011).
NS 3700	-	Inneheld kriterier for passivhus og lågenergibygningar. Setter

minstekrav til energibehov til oppvarming, beregningskriterier, bygningsdelar, og installasjonar (Standard Norge 2013).

NS 3701 - Same som NS 3700, bare for yrkesbygningar
(Standard Norge 2012).

COP - Coefficient of performance. Forholdet mellom avgitt kulde-
/varmeeffekt og tilført elektrisk effekt (Fornybar.no 2015).

INNHALD

1.	Introduksjon.....	1
1.1.	Bakgrunn for oppgåva	1
1.2.	Problemstilling	2
1.3.	Eksisterande litteratur.....	2
2.	Metode og materiale	5
2.1.	Innleiing.....	5
2.2.	Energibehov simulering.....	6
2.3.	LCOE	7
2.4.	Netto noverdi	9
2.5.	Internrente	10
2.6.	Inntektsgrunnlag	10
3.	Teknologiar	11
3.1.	Innleiing.....	11
3.2.	Vindkraft.....	11
3.2.1.	Kort om teknologien	11
3.2.2.	Kostnadar	14
3.2.3.	Produksjon	15
3.3.	Solcelleanlegg.....	17
3.3.1.	Kort om teknologien	17
3.3.2.	Kostnadar	18
3.3.3.	Produksjon	18
3.4.	Solfangarar	20
3.4.1.	Kort om teknologien	20
3.4.2.	Kostnadar	21
3.4.3.	Produksjon	22
3.5.	Solfangarar, bergvarmepumper og energibrønn	23
3.5.1.	Kort om teknologien	23
3.5.2.	Kostnadar	24
3.5.3.	Produksjon	25
4.	Resultat	27
4.1.	Energibehovssimuleringar.....	27
4.1.1.	Oversikt.....	27
4.1.2.	Årleg energibudsjett	27

4.1.3.	Månadleg energibehov	28
4.1.4.	Lastdiagram.....	29
4.1.5.	Månadleg effektbehov.....	30
4.2.	Lønnsemdsanalysar	31
4.2.1.	Oversikt.....	31
4.2.2.	Vindkraft	32
4.2.3.	Solceller.....	34
4.2.4.	Solfangarar	35
4.2.5.	Solfangarar, bergvarmepumper og energibrønn.....	37
5.	Diskusjon.....	39
5.1.	Innleiing.....	39
5.2.	Vindkraft.....	39
5.3.	Solceller.....	39
5.4.	Solfangarar	40
5.5.	Solfangarar, bergvarmepumper og energibrønn	40
5.6.	Straumpris	40
5.7.	Sal av straum	40
5.8.	Stønadsordningar	41
5.9.	Samkøying av teknologiar.....	41
5.10.	Konklusjon.....	41
5.11.	Feilkjelder	42
5.12.	Vidare arbeid.....	42
6.	Kjelder	43
	Vedlegg	A
	Inndata for modellbygget	A
	Skjermbildar frå SIMIEN	D
	Teikningar brukt for å få oversikt over innsida av bygget	G
	Formlar SIMIEN bruker i simuleringar	H
	Formlar brukt for vindkraft.....	I
	Formlar brukt i NS 3701 for å bestemma dei fem krava for passivhusstandarden	K
	Kostnader for dei forskjellige teknologiane.....	L
	Vindkraft	L
	Solceller.....	M
	Solfangarar	N
	Solfangarar, bergvarmepumper og energibrønn	O
	Produksjonar for dei forskjellige teknologiane.....	P

Vindkraft	P
Solceller.....	Z
Solfangarar.....	Ø
Solfangarar, bergvarmepumper, og energibrønn.....	Å
LCOE-, Netto noverdi-, og internrenteutrekningar.....	BB
Vindkraft	BB
Solceller.....	CC
Solfangarar.....	DD
Solfangarar, bergvarmepumper, og energibrønn.....	EE

1. INTRODUKSJON

1.1. BAKGRUNN FOR OPPGÅVA

Noreg har satt eit ambisiøst klimamål ved å skulle redusera klimagassutslepp med 30 prosent i forhold til 1990-nivå innan 2020, og å bli karbonnøytrale innan 2050. Eit problem med å nå målet er at Norges energiforsyning og energibruk i bygningar er bortimot allereie karbonfri. IEA har foreslått fem områder som det bør fokuseras på for å redusera klimagassutslepp, og energieffektivisering i bygg er eitt av dei områda (International Energy Agency 2013). På lang sikt er «negawatts», som ein oppnår ved å redusera energibruken, truleg den mest økonomiske metoden å møte eit aukande energibehov på. Omkring 40 prosent av all energikonsumet i Noreg, og resten av Europa, kjem frå energibehovet til bygningar. IEA håper også at Noreg, med all si vasskraft, kan bli brukt for å hjelpa å balansera eit reint europeisk kraftmarket som blir dominert av vindkraft og solkraft (International Energy Agency 2011).

EU har bestemt i deira reviderte bygningsdirektiv at alle nye bygg etter 31st Desember 2020 må vera klassifisert etter nesten nullenergibygge (NnEB) krav, men til dags dato har ikkje Noreg implementert direktivet i norsk lov. Det er derimot mange statlige meldingar som omhandlar klima og bygg, og dei dikterer at etter 2015 skal alle nye bygg vera klassifisert etter eit passivhus-nivå og alle nye bygg etter 2020 må vera klassifisert etter eit «NnEB»-nivå (Rambøll 2013). Passivhus er eit moderne miljøvennlig bygg med godt inn klima og låg energibruk (Pettersen 2012). Eit nullenergibygge genererer nok fornybar energi på bygg eller eigedommen til å utlikna byggets energibruk (Rambøll 2013).

Målet med oppgåva er å utforska moglegheitene for å kunna lønnsamt dekkja energibehovet til eit passivhus med forskjellige fornybare energiproduserande teknologiar innanfor dei forskjellige systemgrensene nemnt i kapittel 2.1 (Figur 2.2). Dei forskjellige teknologiane er; solcellesystem, solfangarar, varmepumpa og energibrønn, og vindkraft.

1.2. PROBLEMSTILLING

Kan eit kontorbygg som oppfyller krava for passivhus bli klassifisert som eitt nesten nullenergibygge ved hjelp av fornybare energiproduiserande- eller energireducerande teknologiar på bygningas eigedom og/eller fotavtrykk?

1.3. EKSISTERANDE LITTERATUR

I rapporten til Rambøll om nesten nullenergibygge viser dei at det er eit godt potensial i å implementera teknologiar i nye bygge for å redusera og i nokre tilfelle også produsera energi. Der beskriver dei eitt passivhus bygge av Norgeshus, som har klart å bygge eitt hus som reduserer energibehovet med 35 prosent i forhold til rammekravet i TEK10. Det vil sei at det ligger rett under kravet for passivhus ifølge NS 3700 krava. Rambøll meiner det er vanskelig å redusera energibehovet ytterligare på ein kostnadseffektiv måte utan å drastisk endra byggets form. Rambøll har jobba med modellar av tre kontorbygg med ulike energibehov. Der har dei testa kor mykje energibehovet kan reduserast ved hjelp av å implementera varmepumper og solcellepaneler (Rambøll 2013).

I ei masteroppgåve av Ida Bergsløkken i 2012 ved universitetet for miljø- og biovitenskap så viser hu moglegheita for å forbetra energibruka til gamle bygge, noko som igjen kan gi moglegheiter for å bruka dei same tiltaka som blir brukt for nye bygge. I oppgåva ser hu på energieffektiviseringspotensialet av å rehabilitera eit verneverdig murgårdshus frå 1890-talet mot ein lågenergistandard. Hu simulerer tre ulike alternativa for energieffektivisering. Første alternativ er «enkel», som består av å omstrukturera innerveggane. Andre alternativ er «moderat», som består av ombygging av kryploft til buformål. Det tredje alternativet er «ambisiøs», som består av alternativ 2 pluss utbygging av nytt flat tak med takterrasse. Der finner hu at det mest økonomiska alternativet er «moderat». Energibehovet når ikkje lågenergistandarden, men det reduseras frå 246,7 kWh/m² ned til 128,8 kWh/m² (Bergsløkken 2012).

I ein rapport frå NVE i 2008 ser dei på om solenergi for varmeformål snart er lønnsamt. Ein del av informasjonen blir brukt vidare i oppgåva. Dei kommenterer på at solinnstrålinga i Noreg gir 1700 gonger meir energi enn det me bruker, og viss me bare kan utnytta 1 promille av den energien så vil me ha meir enn nok til å dekke all energibehovet i Noreg. Den varierende årsvariasjonane i landet gjer også at me ikkje kan basera energiforsyninga

bare på solvarme utan ein måte å lagra energien frå sommaren til vinter. Dei fant at utan økonomisk støtte så er ikkje solfangarar lønnsamme (Norges vassdrags- og energidirektorat 2008).

I ein rapport frå ENOVA i 2013 så har dei utført ein kostnadsstudie for solkraft i Noreg grunna at dei trenger eit grunnlag for val av støtte til solkraftprosjekter. Ein del av informasjonen blir brukt vidare i oppgåva. Der har dei sett på kostnader for tre ulike anleggstypar. Systemprisane for dei ulike anleggstypane er 12 kNOK/kWp (bakkemontert kraftverk), 18 kNOK/kWp (næringsbygg), og 26 kNOK/kWp (einebustad). Dei køyrte også produksjonssimuleringar for forskjellige stadar i Noreg for å finna energikostnaden LCOE. Dei gjennomsnittlege energikostnadane var rekna til 2,6 NOK/kWh for einebustad, 2,2 NOK/kWh for næringsbygg, og 1,51 NOK/kWh for bakkemontert kraftverk (Enova 2013).

I ei masteroppgåva av Jon Olav Volden i 2013 ved universitetet for miljø- og biovitenskap utfører han eit moglegheitsstudie for bruk av småskala vindkraft for å produsera energi til eget forbruk på ein gard i Rygge kommune. Den viser moglegheitene for at eitt privat bygg kan bruka vindkraft for å dekkja eige energibehov. Noko av informasjonen blir brukt vidare i oppgåva. Det blei køyrt 4 forskjellige scenario med to forskjellige typar turbinar. Scenario 1 var med ein turbin på 45 kW, scenario 2 var to turbinar på 45 kW, scenario 3 var ein turbin på 250 kW, og scenario 4 var også ein turbin på 250 kW men med ein framtidig antatt energibruk i tillegg. Sjølv om det var mulig å dekkja energibehovet, og i tillegg 350 000 kWh over behovet, så var ingen av scenarioa lønnsamme (Volden 2013).

I ein rapport frå Vista Analyse i 2011 på oppdrag av BNL, NHO, Norsk Teknologi, Energi Norge, og Norsk Eiendom har dei sett på korleis økonomiske verkemiddel kan bidra til å utløyse energieffektivisering i eksisterande bygg. Noko som også kan vidareførast til nye bygg som i oppgåva. Dei har valt ut fire verkemiddel (søknadsbasert støtte, rettigheitsbasert støtte, skattefrådrag, og kvite sertifikata) og det blei konkludert med å styrka eksisterande verkemiddel og å utreda kvite sertifikata som beste løysning (Vista Analyse AS 2011).

I ei masteroppgåva av Marita Åsgård i 2011 ved universitetet for miljø- og biovitenskap utføres det ein simulering av energieffektivisering i TF-bygget ved Norges miljø- og biovitenskaplege universitet i Ås. Meininga med oppgåva er å forbetra bygget slik at det blir eit nullenergibygget ved hjelp av energieffektive løysningar. Arbeidet som blir utført er liknande

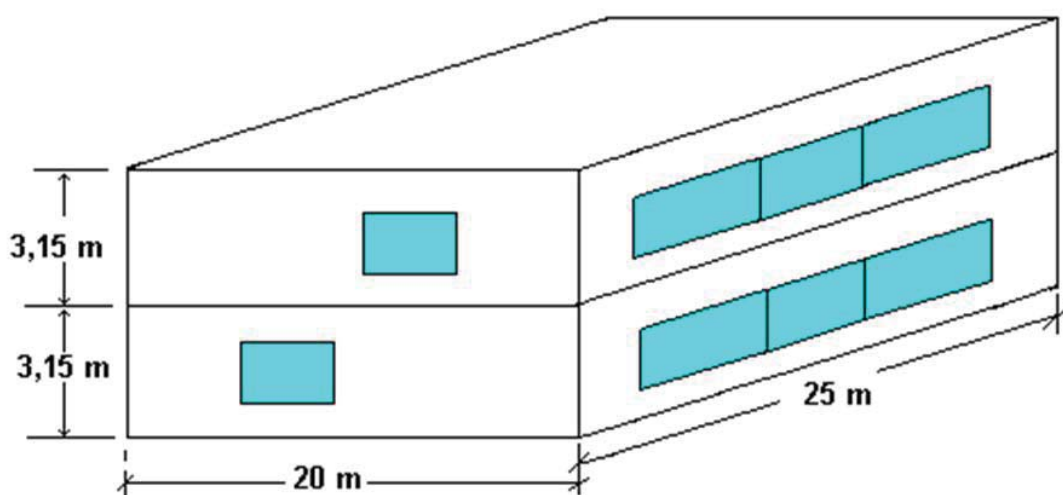
det som blir gjort i denne oppgåva, bare for eit eksisterande bygg. Det blir funnet tre alternativ for å dekkja energibehovet til bygget; djup jordvarme, vindkraft og solceller. Bygget kunne ikkje nå nullenergibygge standard men kvalifiseras som lågenergibygge som dekker sitt eiga el. spesifikkbehov. For å oppnå det så må det etterisolerast og el-forbruket må reduserast med å bytta til energieffektivt utstyr. Av dei tre energiproduserande alternativa så blei det bestemt at solceller er det alternativet som passer best til eit lågt energibehov som bygget har (Åsgård 2011).

I ein ny rapport frå NVE i 2015 så ser dei på energikostnadane ved ulike produksjonsteknologiar og energieffektiviseringstiltak på bygge. Rapporten kan brukast for å samanlikna resultata som kjem fram i denne oppgåva. Det er meininga at rapporten skal brukast til analysar og slutningar om framtidige tiltak, dermed har dei med utviklingstrender i tillegg til dagens kostnadsbilde. For å kunna samanlikna dei forskjellige teknologiane og tiltaka så blir kostnadane vist ved å berekna energikostnadane over levetida, kjent som LCOE-metoden. Resultata er samanstillt for teknologiar for kraftproduksjon, teknologiar som produserer kraft og varme (CHP) og teknologiar som bare produserer varme. Det presenterast også energikostnadar for energieffektiviseringstiltak samanstillt med energikostnadar for lokal kraft- og varmeproduksjon for småhus og kontorbygningar (Norges vassdrags- og energidirektorat 2015).

2. METODE OG MATERIALE

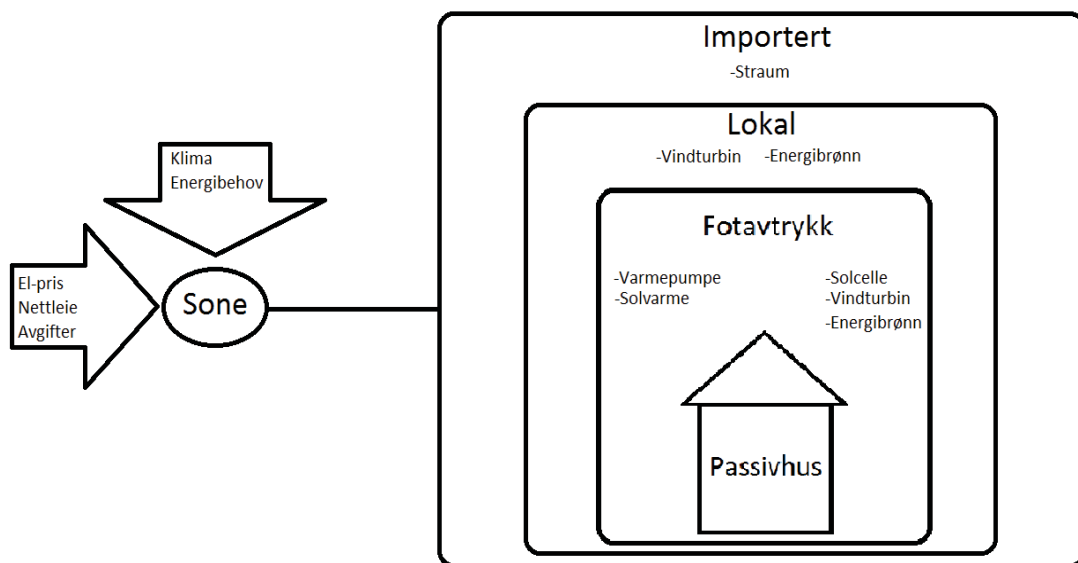
2.1. INNLEIING

Modellen (Figur 2.1) som blir brukt i simuleringane står beskriven i underlagsrapport prNS 3701:2011 frå Standard Norge. Bygget som blei vald er eit kontorbygg, og det har eit bruksareal på 1000 m², 80 m² vinduer mot sør og nord (symmetrisk), 20 m² mot aust og vest (symmetrisk), og hovudfasaden (25 m lang) er mot sør. Val av byggstørrelse er grunna plass for å utføra tiltaka og eitt større energibehov.



Figur 2.1 Teikning av modellbygget brukt i oppgåva. Kjelde: (Standard Norge 2011)

Det fyrste som blei gjort var å legge inn all dataa for modellbygget inn i SIMIEN (Kapittel 2.2) for å køyre energibehovssimuleringar for å få energibehovet til eit passivhus. Deretter har eg samla inn informasjon frå forskjellige kjelder om kostnadar og produksjonsdata for dei forskjellige teknologiane. Dei skal brukast vidare i noverdi- og LCOE-utrekningar. Det er for å finna om det er mogleg å delvis dekkja, dekkja, eller produsera meir enn energibehovet på ein lønnsam måte.



Figur 2.2 Grafisk framvising av systemgrensene

I Figur 2.2 over har eg laga ei grafisk framvising av oppgåva som viser dei forskjellige teknologiane og kvar dei ligger i systemgrensene. Det som bestemmer om eit hus når passivhusstandarden er basert på fem sentrale krav forklart nærmare i kapittel 2.2

2.2. ENERGIBEHOV SIMULERING

Energibehovet for bygget blei rekna ved hjelp av det windows baserte dataprogrammet SIMIEN, som er utvikla av ProgramByggerne (ProgramByggerne 2014). Programmet blir brukt for å endra på passive teknologiar som isolering, vindauger, og ventilasjon for å redusera energibehovet i bygningar. Vidare kan dei testast opp mot TEK 10 krav, og passivhus krav frå NS 3700 for bustadar og NS 3701 for næringsbygg. Ein kan køyra simuleringar i vinterforhold for å finna behov og nødvendig effekt for romoppvarming og varmebatterier. Simuleringar i sommarforhold brukast for å validera inneklimate og dimensjonering av ventilasjonsanlegg og for å finna behovet for romkjøling. Når det køyras simulering av eit heilt kalenderår, så blir netto energibruk og levert energi til bygningen bestemt. SIMIEN viser også varigheitskurvar for temperatur og effekt nødvendig for oppvarming/kjøling. Når bygningen blir evaluert så er det fem sentrale krav (varierer etter arealstørrelse, bygningstype, og klimasone), som blir bestemt ved hjelp av den dynamiske utrekningsmodellen frå NS 3031 (ProgramByggerne 2014).

Det er også eit krav om at 60 % av energibehovet skal bli dekket av noko anna enn direkte el. Det blir gjort eit val om at varmepumper vil dekket det kravet, og det er luft/vatn varmepumper med ein gjennomsnittleg COP på 4.0 (Bauer Energi AS 2012; LG Electronics 2015).

Figur 2.3 viser resultatene etter å ha kjørt passivhusevaluering i SIMIEN. Det vil sei at bygget i oppgåva blir testa opp mot kravet frå NS 3701. Grøn farge indikerer at kravet er oppfylt. Rød farge ville indikert at kravet ikkje er oppfylt.

Beskrivelse	Energiytelse	
	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	15,6 kWh/m ²	20,1 kWh/m ²
Netto kjølebehov	14,3 kWh/m ²	9,4 kWh/m ²
Andel av varmebehovet som dekkes av annet enn direkte el. og fossile brensler	0,0 %	60,0 %
Gjennomsnittlig effektbehov belysning	4,0 W/m ²	4,0 W/m ²

Figur 2.3 Simuleringsresultat av oppvarmingsbehov, kjølebehov, og effektbehov til belysning

Som ein ser i Figur 2.3 Så er ikkje kravet for kjølebehov nådd. Det blei gjort tiltak for å redusere kjølebehovet. Dei var å bruka open ventilasjon på sommarkveldar det var kaldare ute enn inne, og ved å leggja inn at vindauger blei opna på varme dagar under arbeidstida. I underlagsrapporten til Standard Norge så har dei valt å ikkje rekna med kjøling i simuleringane der dei testar energibehovet for bygget deira. I oppgåva er det blitt valt å ta med kjølebehovet, sjølv om det er for høgt. Det er grunna at kjølebehovet har ei stor verknad på resultatet. Kjølebehovet kjem på sommaren når varmebehovet er lågt, og vil gi eit betre grunnlag for solceller som produserer mest på sommaren. I tillegg så er ikkje kravet for andelen av varmebehov dekket av anna enn direkte straum og fossile brensler nådd. Det er fordi informasjonen om varme- og kjølebehovet for bygget utan varmepumper installert blir brukt i lønnsrekningsutrekningane.

2.3. LCOE

LCOE er eit uttrykk for dei samla kostnadane fordelt på den samla produksjonen gjennom levetida av teknologien/tiltaket. Den viser den inntekta eller sparte energikostnadane i NOK/kWh som krevjast for å oppnå noverdi lik null for teknologien/tiltaket (Enova 2013).

Metoden fungerer bra fordi det er ein enkel utrekning som ikkje diskriminerer mellom forskjellige teknologiar og som ikkje blir påverka av usikre variablar som energipris. Det er ein metode som blir brukt som standard i energimarkedet.

$$LCOE = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}} \quad [\text{kr/kWh}]$$

I_t er dei samla investerings- og utviklingskostnadane.

M_t er dei samla drifts- og vedlikehaldskostnadane.

F_t er dei samla Energi- og brenselkostnadane.

E_t er den samla energien som er produsert.

N er den økonomiske levetida i år.

r er diskonteringsrenta som blir brukt.

Både kostnadar og energiproduksjon blir diskontert over levetida, sånn at dei fyrste åra veger tyngre i reknestykket enn dei seinare åra. For å ta følgje for mogleg risiko så blir det satt ei diskonteringsrenta på 5 %, som er anbefalt av NVE for å få ei tilnærma risikofri renta (Enova 2013).

I oppgåva blir det brukt ein forenkla metode som føresetjar på at alle åra er like, noko som det er i utrekningane som er blitt gjort.

$$a = \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} = \frac{r}{1 - 1/(1+r)^n}$$

a er annuitetsfaktoren

Annuitetsfaktoren blir brukt for å finna den årlege kapitalkostnaden.

$$K_a = a * I_t$$

K_a er den årlege kapitalkostnaden

$$LCOE = \frac{K_a + M_t + F_t}{E_t}$$

2.4. NETTO NOVERDI

For å finna lønnsamheita til ein teknologi eller tiltak så brukas det netto noverdimetoden. Den bereknar lønnsamheita av ei investering basert på netto noverdien av framtidige diskonterte kontantstraumar. Viss netto noverdien er positiv så vil det tilsei at investeringa er lønnsam. (Enova 2013)

$$NV = -\frac{CF_0}{(1+i)^0} + \frac{CF_1}{(1+i)^1} + \frac{CF_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+i)^n} = -CF_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} \quad [\text{kr}]$$

CF_t Er kontantoverskotet eller innbetalingsoverskotet i år t.

CF_0 er investeringskostnad. n er levetida til investeringa.

i er diskonteringsrenta.

Diskonteringsrenta er satt til 5 %, som er det sama som for LCOE utrekningane.

Byggetida for teknologiane ligger mellom 0,5 og 1 år. For å forenkla utrekningane er det satt ei standard byggetid på 1 år.

Levetida er henta frå data som er basert på erfaringar i markedet og gjeldande standardar (Norges vassdrags- og energidirektorat 2015).

I utrekningane for Solfangarar, varmpumper og energibrønn er det satt ei levetid på 20 år, og dermed må inntekta frå solfangarar komprimerast til 20 år.

Tabell 2.1 Byggetid og levetid for dei forskjellige teknologiane. Kjelde: (Norges vassdrags- og energidirektorat 2015).

<i>Teknologi</i>	<i>Byggetid (år)</i>	<i>Levetid (år)</i>
<i>Vindkraft</i>	1	20
<i>Solcelleanlegg</i>	1	25
<i>Solfangarar</i>	1	25
<i>Bergvarmpumpa</i>	1	20
<i>Varmpumpa 0,1 MW</i>	1	15

2.5. INTERNRENTE

Definisjonen på internrenta er den renta som gjør netto noverdi lik null. Det vil sei forrentinga på eigenkapitalen som er bunde i investeringas løpetid for prosjektet (Finansleksikon 2015).

2.6. INNTEKTSGRUNNLAG

For å finna lønnsemda av dei forskjellige tiltaka så brukas alternativkostnadar. Det vil sei dei kostnadane som kjem visst ein ikkje gjennomfører tiltaka.

For el. spesifikt behov og kjølebehov så er den månadlege straumprisen alternativkostnaden, den er rekna ut frå nettleie prisar i 2015 frå Hafslund (Hafslund nett øst AS 2015), spottprisen i 2014 frå Nord Pool Spot (Nord Pool Spot 2015), forbruksavgift, og avgift til energifondet.

For varmebehovet så er det driftskostnaden for varmepumpene i eit år delt på det totala varme- og kjølebehovet.

Reststraum blir seld til nettet igjen som plusskunde. Då er det vanlegvis spottprisen frå Nord Pool Spot som blir brukt (Hafslund Nett 2015). I oppgåva blir den månadlege spottprisen frå Nord Pool Spot i 2014 brukt (Nord Pool Spot 2015).

Dersom løysingane kan levera straum til nettet før 2020, så vil dei vera kvalifiserte for å få el-sertifikata som kan bli seld. Då vil dei få eitt sertifikat for kvar MWh produsert for sal. Det er eitt eingongsgebyr for å bli med i ordninga på 15 000 kr (Norges vassdrags- og energidirektorat 2012), og gjennomsnittsprisen på elsertifikat for det siste året per MWh ligger på 164,63 kr (Statnett 2015).

3. TEKNOLOGIAR

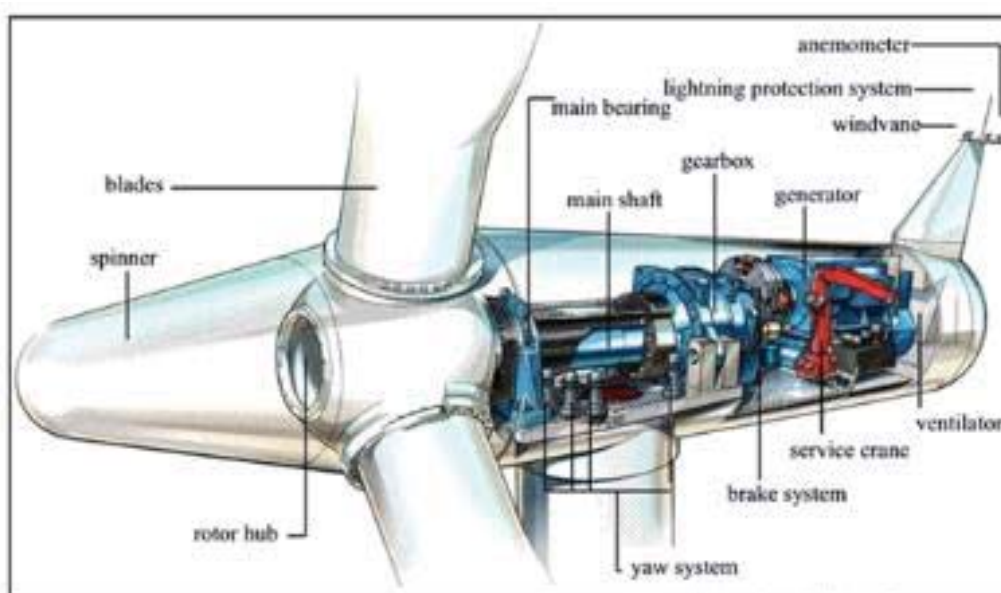
3.1. INNLEIING

I oppgåva er det blitt gjort utrekningar om fem forskjellige teknologiar. Det er vindkraft, solcellepaneler, solfangarar, energibrønn, og varmepumper. Dei siste to teknologiane er avhengige av kvarandre. Teknologiane brukt i oppgåva er valt grunna tilgang på informasjon og forfattarens kunnskap om tilgjengelige teknologiar.

3.2. VINDKRAFT

3.2.1. Kort om teknologien

Vindens bevegelsesenergi blir utnytta av vindturbinar ved at dei gjer om energien til elektrisk energi. I ein moderne vindturbin består hovudkomponentane av ein rotor med tre blader som driver ein generator. Blada er festa til eit nav som ilag blir rotoren. Vidare så er rotoren festa til nacellen via ein hovudaksling som er kobla til generatoren.



Figur 3.1 Oppbygging av ein vindturbin. Kjelde: (Eidsiva 2008).

Nacellen er plassert på toppen av tårnet som er festa til eit solid fundament i bakken. For å utnytta vindressursane optimalt så blir nacellen og rotorblada kontinuerlig regulert via eit kontrollsystem (NORWEA 2013).



Figur 3.2 Storskala vindturbin. Kjelde: (Eidsiva 2008).

WindEN 45 kW vindturbin har moglege tårnhøgdar som ligger mellom 18-36 meter, og ein rotordiameter på 14,6 meter. I det eine scenarioet blir vinddata frå Rygge brukt for å sjå om ein høgare middelvind (Medan turbinen framleis er i nærleiken av Oslo) vil gjera tiltaket meir lønnsamt.



Figur 3.3 WindEN 45 kW vindturbin. Kjelde: (Energy Works 2015).

Kingspan Wind 15KW vindturbin har to moglege tårnhøgdar på 15 og 20 meter, og ein rotordiameter på 9,8 meter.



Figur 3.4 Kingspan Wind 15 KW. Kjelde: (Kingspan Wind 2015b).

Kingspan Wind 6KW vindturbin har moglege tårnhøgdar som ligger mellom 9 og 20 meter, og ein rotordiameter på 5,6 meter.



Figur 3.5 Kingspan Wind 6 kW. Kjelde: (Kingspan Wind 2015a).

Som ein ser i Figur 3.3, Figur 3.4, og Figur 3.5 så er dei valde vindturbinane mykje mindre enn ein storskala vindturbin (Figur 3.2). Det er det som gjer det mogleg å bruka dei i oppgåva.

Når det kommer til Oslo så er det dessverre ein vindsone med låge middelvindar (Kjeller vindteknikk 2009). Derimot vil det sei at ved andre stadar i Noreg med høgare middelvindar så vil det gi ei større lønnsemd. Rygge er ein vindsone med høgare middelvind, men ikkje med mykje (Kjeller vindteknikk 2009), og det gir eit stort auke i produksjonen. Det tyder på at det er gode moglegheiter for å få ein mykje betre produksjon, og dermed betre lønnsemd.

Grunnen til dei forskjellige vindturbin effektane er for å sjå kva dei forskjellige kostnadane og produksjonane har å sei på lønnsemda.

3.2.2. Kostnadar

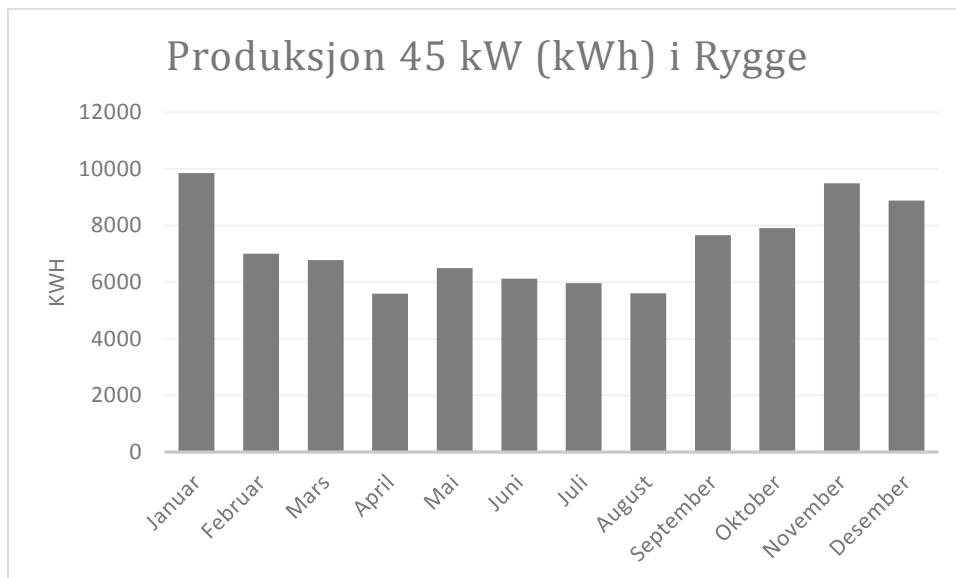
I dei neste tabellane kjem kostnadane som er brukt i lønnsemdsutrekningane for vindkraft. Kostnadane er henta frå forskjellige kjelder. Investeringskostnaden for 45 kW vindturbin er henta frå masteroppgåva av Jon Olav Volden ved universitetet for miljø- og biovitenskap (Volden 2013). Investeringskostnaden for 6 kW vindturbin er henta frå masteroppgåva av Håvard Ruud Olsen ved universitetet for miljø- og biovitenskap (Olsen 2013). Investeringskostnaden for 15 kW vindturbin er utrekna frå kostnadane av dei to andre turbinane ved å finna gjennomsnittleg kostnad per kW som blei 50 000 kr. Driftskostnadane er henta frå NORWEAs «Vindkraftens ABC», som seier at driftskostnaden ligger mellom 0,12 og 0,18 kr/kWh (NORWEA 2013). Ut frå den kostnaden har eg rekna fram til ein gjennomsnittleg driftskostnad på 350 kr/kW. Det er ved hjelp av ein gjennomsnittleg brukstid på 2350 timar for vindkrafta i Noreg som kjem frå perioden mellom 2006 og 2011 (NORWEA 2013).

Tabell 3.1 Investeringskostnadar for dei forskjellige løysingane.

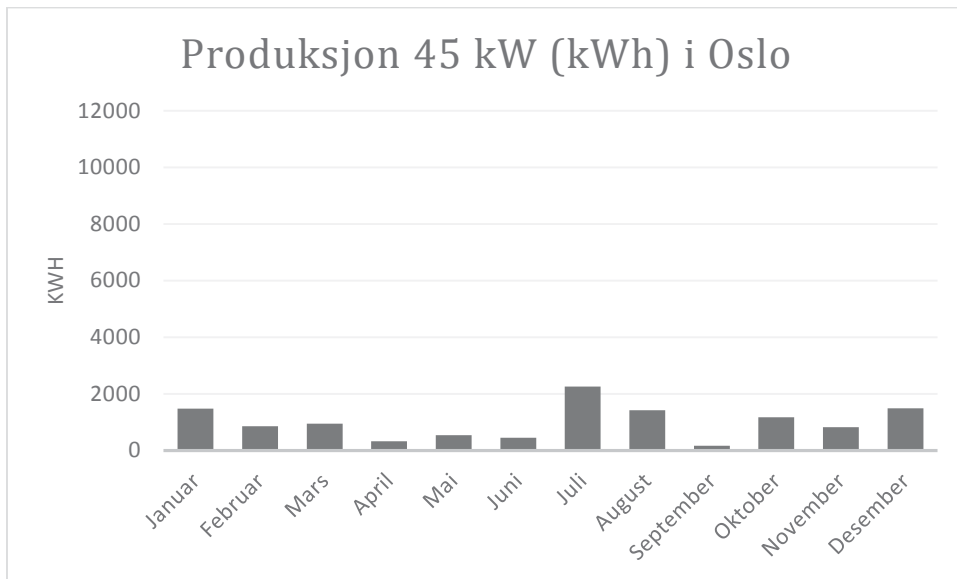
	<i>Einingskostnad</i> <i>kr/kW</i>	<i>Totalsum</i>
<i>Sum investeringskostnadar 45 kW</i>	26 600	1 200 000
<i>Sum investeringskostnadar 15 kW</i>	18 000	805 000
<i>Sum investeringskostnadar 6 kW</i>	11 000	503 000
<i>Årleg driftskostnad 45 kW</i>	350	16 000
<i>Årleg driftskostnad 15 kW</i>	350	5 000
<i>Årleg driftskostnad 6 kW</i>	350	2 000

3.2.3. Produksjon

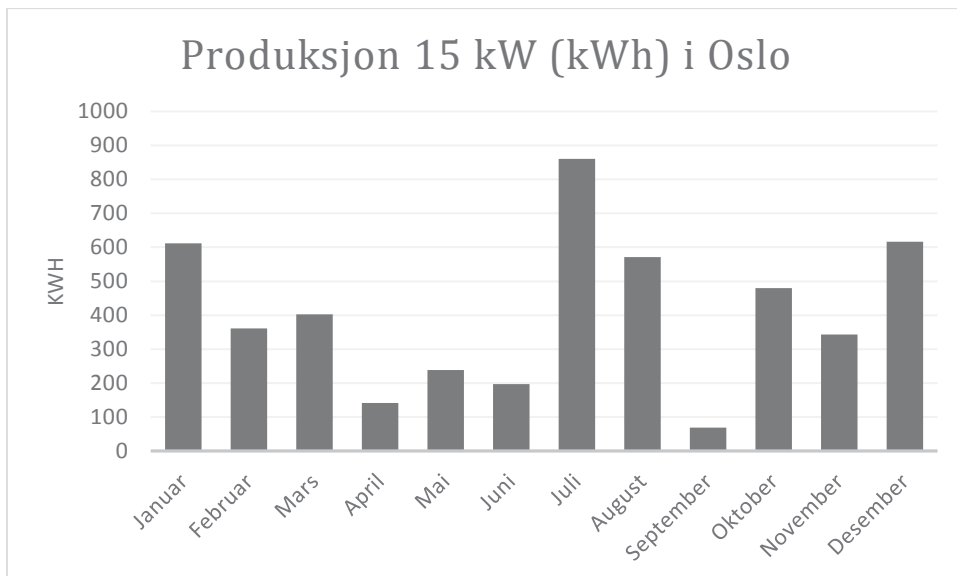
Produksjonen for 45 kW turbinen plassert i Rygge er henta frå masteroppgåva av Jon Olav Volden ved universitetet for miljø- og biovitenskap (Volden 2013). Han har kjørt simuleringar i programmet WindPRO for å bestemma produksjonen. For vindturbinane lokalisert i Oslo er produksjonen basert på vinddata i 2014 frå målestasjonen på Blindern i Oslo, og diagram over årleg energiproduksjon for dei representative turbinane. Vinddataa er av dagleg middelvind i år 2014, og vindhastigheter som er over 3,4 m/s blir plukka ut. Det er fordi vindturbinane har ein cut-in speed på 3,5 m/s. Deretter hentast gjennomsnittleg energiproduksjon per m/s frå diagram (Energy Works 2015; Kingspan Wind 2015a; Kingspan Wind 2015b). Dataa blir ganga saman og årleg produksjon blir bestemt.



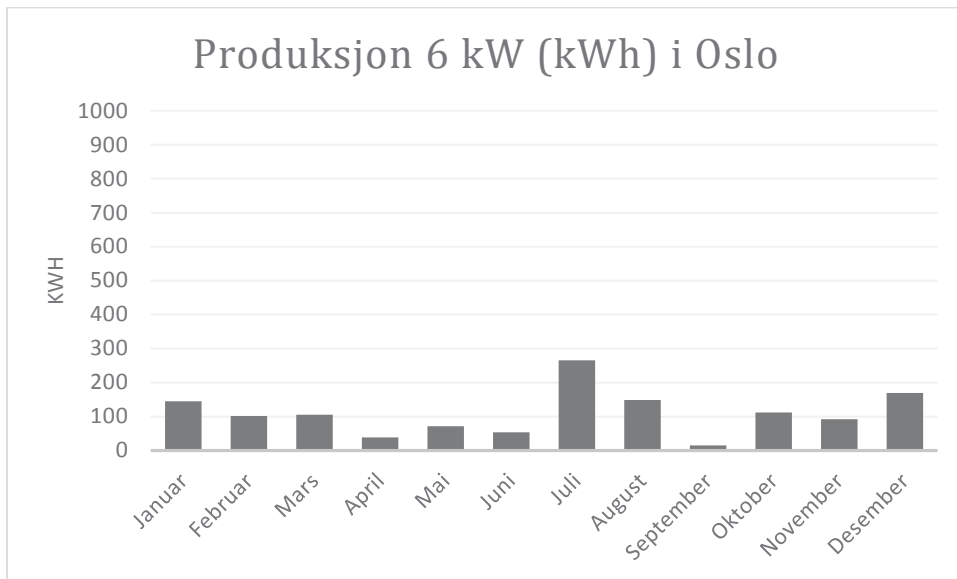
Figur 3.6 Den månedlege produksjonen (kWh) for ein WindEN 45 kW vindturbin plassert i Rygge.



Figur 3.7 Den månedlege produksjonen (kWh) for ein WindEN 45 kW vindturbin plassert i Oslo (Blindern).



Figur 3.8 Den månedlege produksjonen (kWh) for ein Kingspan Wind KW15 vindturbin plassert i Oslo (Blindern).



Figur 3.9 Den månedlege produksjonen (kWh) for ein Kingspan Wind KW6 vindturbin plassert i Oslo (Blindern).

3.3. SOLCELLEANLEGG

3.3.1. Kort om teknologien

Solenergien blir omdanna til likestraum ved hjelp av solcellepaneler (Figur 3.10).



Figur 3.10 Solcelleanlegget på taket til Agder Energi sitt hovudkontor. Kjelde: (Enova 2013).

For at straumen skal kunna leverast på nettet så må den omformast til vekselstraum ved hjelp av ein vekselrettar også kalla inverter. For å redusera tapet i solcellesystemet og for å få ein god drift av inverteren blir fleire solcellemodular, som består av fleire celler, kobla i

serie slik at inverteren får ein høgare inngangsspenning. Ein serie av solcellemodular blir ofte kalla ein streng, og det kan gå fleire strengar inn til ein inverter.

For å få best produksjon ut av eit solcelleanlegg så blir det posisjonert mot sør i ein gjennomsnittleg 40 graders vinkel. Det er grunna solas posisjon i forhold til kvar i Noreg anlegget befinner seg. Optimal vinkel er 38 grader i Kristiansand og 47 grader i Tromsø, men fordi det er ein relativ låg produksjon på vinteren så kan det som oftast nyttast ein mindre vinkel utan noko særlig produksjonstap (Enova 2013).

30 kW PV-system er valt for ut ifrå effektbehov til bygget (Figur 4.7). 65 kW PV-systemet er valt for å sjå om eit større anlegg vil vera meir lønnsamt.

3.3.2. Kostnadar

Kostnadane for solcelleanlegga er rekna ut ifrå ein rapport av Enova i 2013 (Enova 2013).

Tabell 3.2 Investeringskostnadar og driftskostnadar for solcelleanlegga.

	<i>Einingskostnad kr/kW</i>	<i>Totalsum</i>
<i>Investeringskostnad 65 kW</i>	21 000	1 365 000
<i>Investeringskostnad 30 kW</i>	25 000	740 000
<i>Årleg driftskostnad 65 kW</i>	400	28 000
<i>Årleg driftskostnad 30 kW</i>	500	15 000

3.3.3. Produksjon

Produksjonen til solcelleanlegget er basert på rapporten «Kostnadsstudie, Solkraft i Norge 2013» til ENOVA. Der har dei brukt solinnstrålingsdata frå Norges miljø- og biovitenskaplige universitet (NMBU) for å bestemma produksjonen. Av datakjelder er Meteonorm 7.0 (programvare for værstatistikk) vanlegvis rekna for å vera den mest pålitelige då den kombinerer data frå målestasjonar og satellittar. Enova meiner NASAs satellittdata ikkje er presise nok då dei måler celler på rundt 110 km x 110 km. Dermed føler dei dataa frå NMBU som ligger 30 km frå Oslo er meir nøyaktig enn satellittdataa som er brukt i Meteonorm (Enova 2013).

Eit problem med informasjonen i rapporten til ENOVA er at den bare gir nok informasjon til å finna årleg produksjon, mens månadleg produksjon trengs for å finna lønnsemd. Derfor blir månadleg gjennomsnittleg solinnstrålingsenergi (kWh/m²) brukt ilag med årleg produksjon for å finna tilnærma månadleg produksjon.

- Utrekning brukt for å finna solutnyttelsesgrad for PV-systemet:

$$S_g = \frac{P_{\text{å}}}{S_{\text{å}} * A_{PV}}$$

S_g er solutnyttelsesgraden.

$P_{\text{å}}$ er årleg produksjon for PV-systemet.

$S_{\text{å}}$ er årleg gjennomsnittleg solinnstrålingsenergi.

A_{PV} er solcellearealet.

- Utrekning brukt for å finna månadleg produksjon:

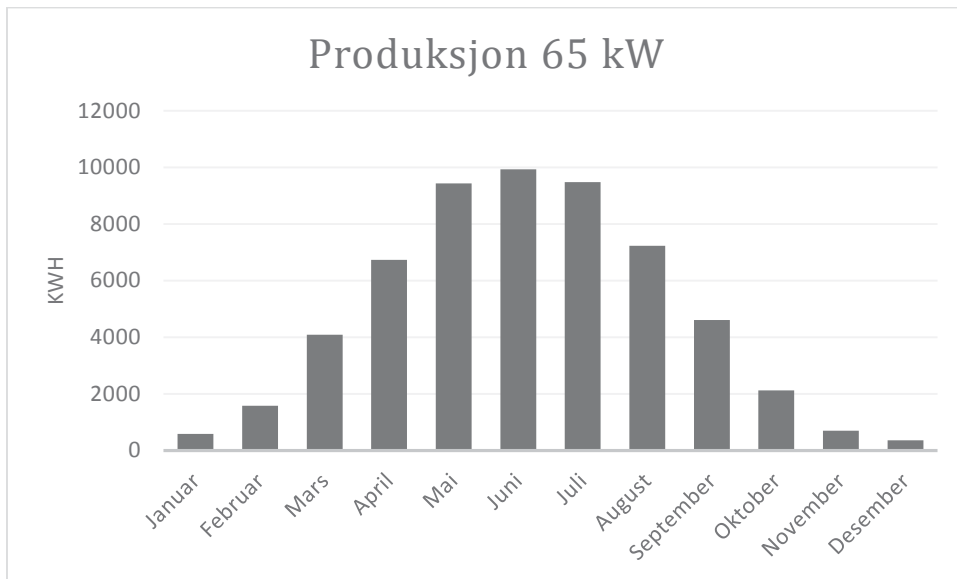
$$P_m = S_m * A_{PV} * S_g$$

P_m er månadleg produksjon.

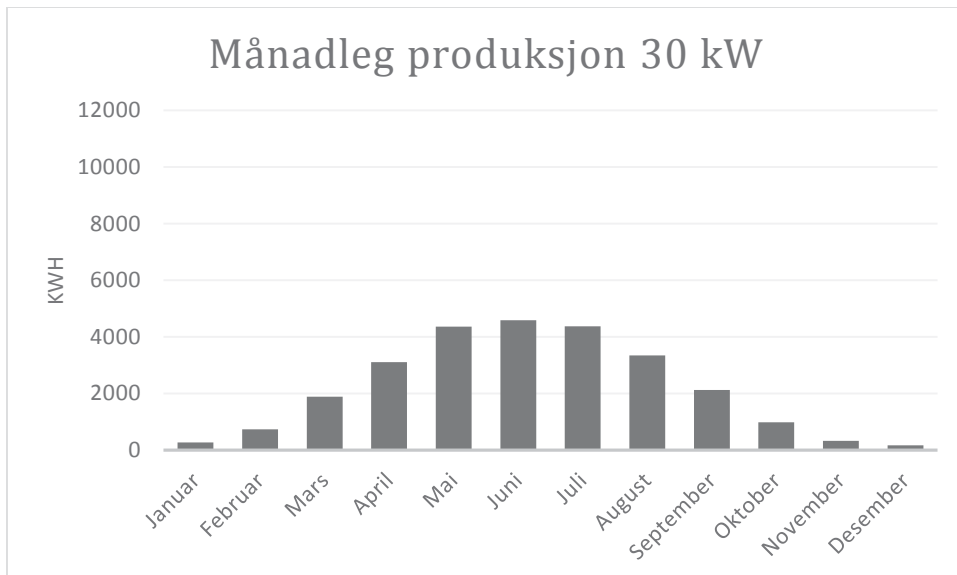
S_m er månadleg gjennomsnittleg solinnstrålingsenergi.

A_{PV} er solcellearealet.

S_g er solutnyttelsesgraden.



Figur 3.11 Den månedlege produksjonen for eit 65 kW solcelleanlegg.

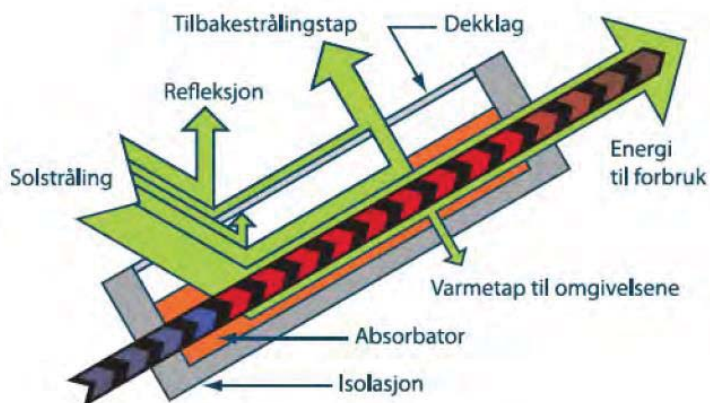


Figur 3.12 Den månedlege produksjonen for eit 30 kW solcelleanlegg.

3.4. SOLFANGARAR

3.4.1. Kort om teknologien

Solfangarar bruker strålingsenergien frå sola til å varme opp eit varmemedium (Vatn, luft eller ein blanding av vatn og glykol) som vist i Figur 3.13. Deretter sirkulerast varmemediet og varmevekslast mot vatnet i lagertanken, og vatnet i lagertanken varmeveksla mot eit varmesystem som skal føra varmen vidare rundt i bygget som vist i Figur 3.14.



Figur 3.13 Prinsippskissa av dei termiske forholda i ein solfangar. Kjelde: (Norges vassdrags- og energidirektorat 2008)



Figur 3.14 Prinsippskissa for solenergianlegg i ein bustad. Kjelde: (Norges vassdrags- og energidirektorat 2008)

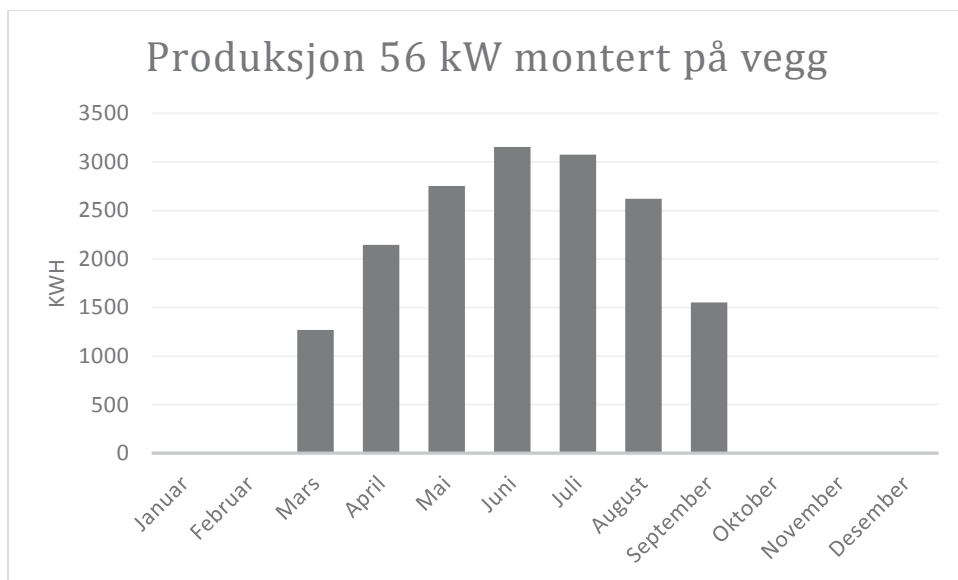
3.4.2. Kostnader

Tabell 3.3 Investeringskostnader for dei forskjellige løysingane.

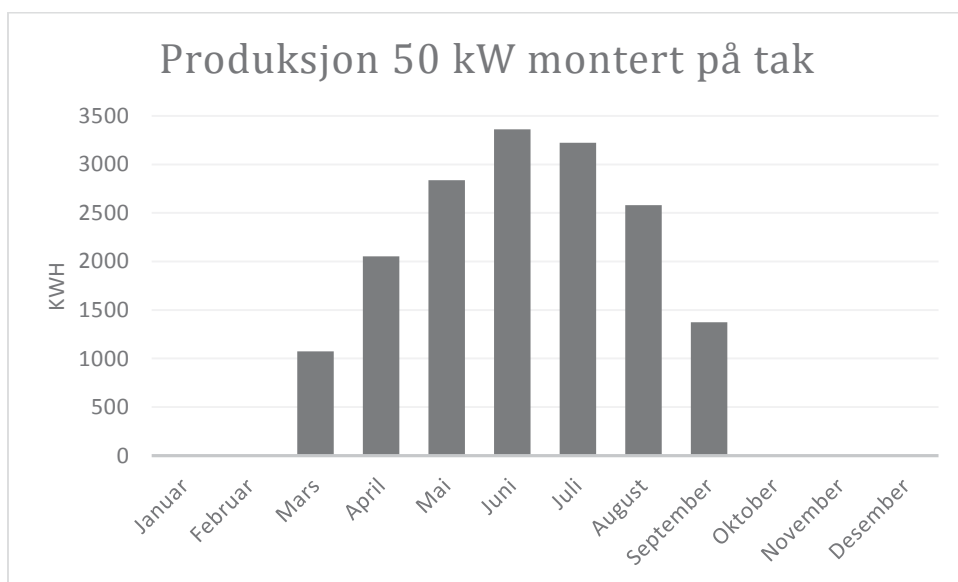
	Einingskostnad kr/kW	Investeringskostnad
56 kW montert på vegg	4 000	230 000
50 kW montert på tak	4 000	215 000
15 kW montert på vegg	4 000	57 00

3.4.3. Produksjon

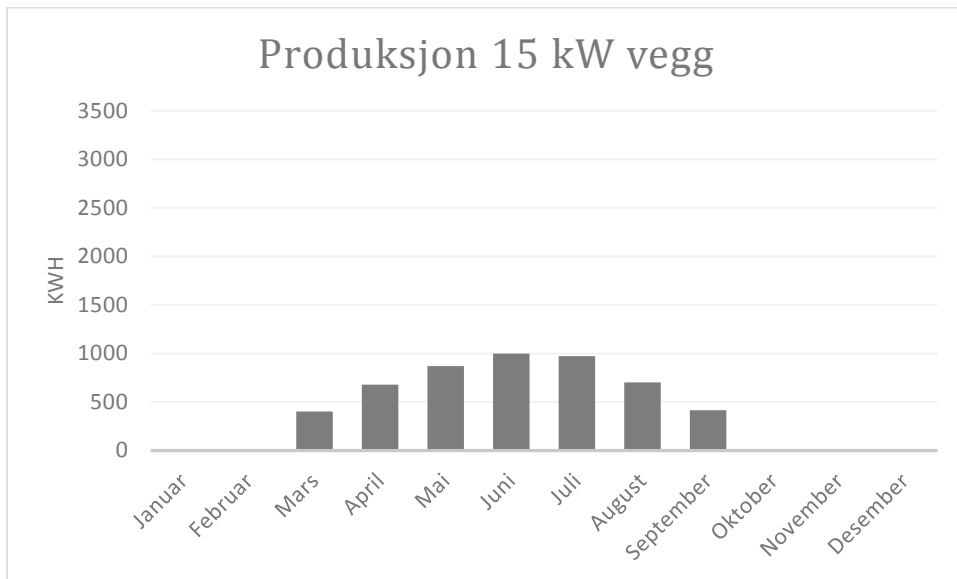
Produksjonen til solfangarane kjem frå produsentens eiga energikalkulator (Catch Solar Energy AS 2015). Det er inkludert vasslagertank som gjer det mogleg å lagra varmen fram til vinteren, og dermed dekkja varmebehovet over heila året.



Figur 3.15 Årleg produksjon for eit solvarmeanlegg på 56 kW effekt montert på sørvendt yttervegg. Kjelde: (Catch Solar Energy AS 2015).



Figur 3.16 Årleg produksjon for eit solvarmeanlegg på 50 kW effekt montert på tak i 25 graders vinkel. Kjelde: (Catch Solar Energy AS 2015).

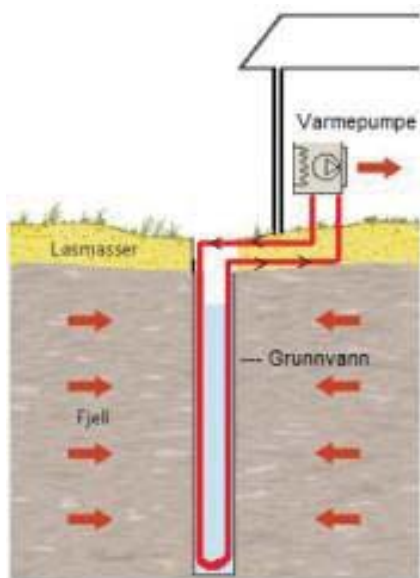


Figur 3.17 Årleg produksjon for eit solvarmeanlegg på 15 kW effekt montert på sørvendt yttervegg. Kjelde: (Catch Solar Energy AS 2015).

3.5. SOLFANGARAR, BERGVARMEPUMPER OG ENERGIBRØNN

3.5.1. Kort om teknologien

Varmepumper som bruker energibrønn som energikjelde (Figur 3.18) vil, i forhold til luft/vatn varmpumper, ha ein høgare COP og energidekningsgrad. Medan luft/vatn varmpumpene i oppgåva har ein COP på 4,0 med 70 % energidekningsgrad, så vil ei bergvarmpumpe ha ein energidekningsgrad på 90 %. I tillegg vil ein energibrønn ha ein jamn temperatur gjennom heila året, og dermed vil den gjennomsnittlege COP-verdien vera høgare (Prestegård 2014; Stene 2011). For å ta til følgje forskjellane i energikjeldene så blir det antatt ein auke i COP-verdien på 20 % som fører til ein COP-verdi på 4,8.



Figur 3.18 Diagram over energibrønn og bergvarmepumpa. Kjelde: (Trøndelag brønnboring AS 2015).

Som nemnt er energibrønn gunstig for oppvarming av bygg då rundt 10 meter under bakken er temperaturen relativt konstant igjennom året (Novema Kulde AS ; Prestegård 2014). På vinteren vil temperaturen i brønnen vera høgare enn uteluft temperaturen, og på sommaren vil den vera lågare (Prestegård 2014). Effektuttaket til brønnen begynner ikkje før vasspegelen nås. Grunnen er at det trengs vatten for at varmevekslinga skal gi ein merkbar effekt. Luft har ein stor termisk motstand og vil gi ein ubetydelig varmeoverføring (Aqua boring 2015).

Solfangarane i scenarioet skal brukast for å dekkja varmebehovet på sommaren for å testa om det har ein verknad på lønnsmda.

3.5.2. Kostnadar

For varmepumpene er det antatt at dei allereie er installert i bygget, og dermed er ikkje kostnadane for dei med i utrekningane.

For energibrønnen så er det rekna med eit effektuttak på 30 W/m (Aqua boring 2015; Novema Kulde AS), og med ein maks lasteffekt på 17 kW. Den installerte effekten vil dermed vera 17 kW, og det trengs ein 125 meter energibrønn for å dekkja behovet. Det må også borast 20 meter ekstra for å nå vasspegelen, som gir ein total borelengde på 145 meter (Prestegård 2014).

For solfangarar så kjem kostnadane frå same kjelde som i kapittel 3.4.2 (Catch Solar Energy AS 2015).

Tabell 3.4 Investeringskostnader for Solfangarar og energibrønn.

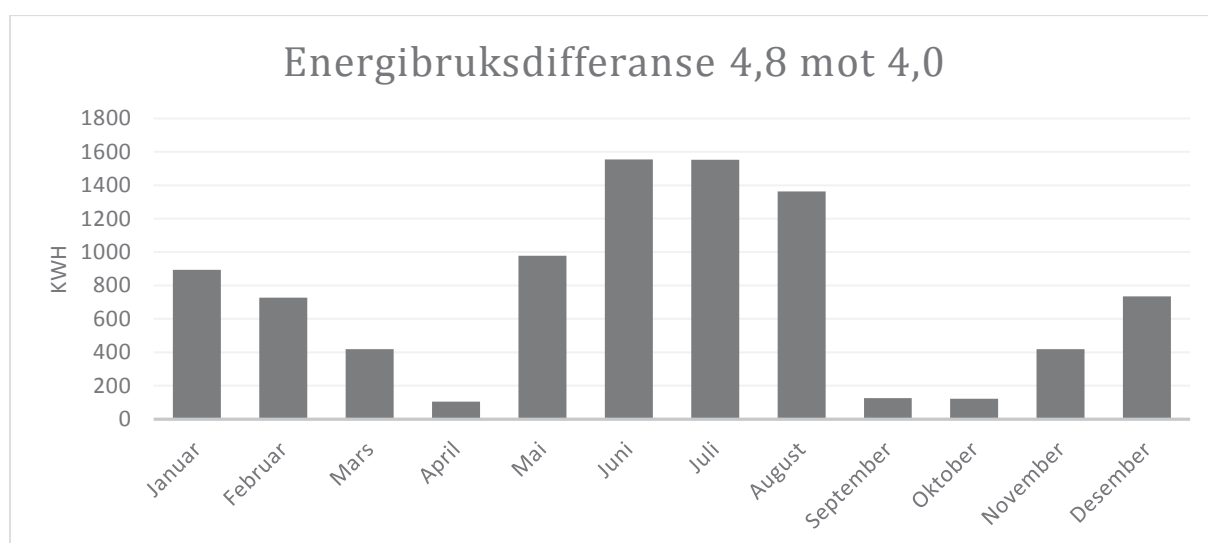
	<i>Einingskostnad kr/kW</i>	<i>Totalsum</i>
<i>Investeringskostnad Energibrønn 17 kW</i>	4 000	41 000
<i>Investeringskostnad Solfangarar 10 kW</i>	2 000	38 00

3.5.3. Produksjon

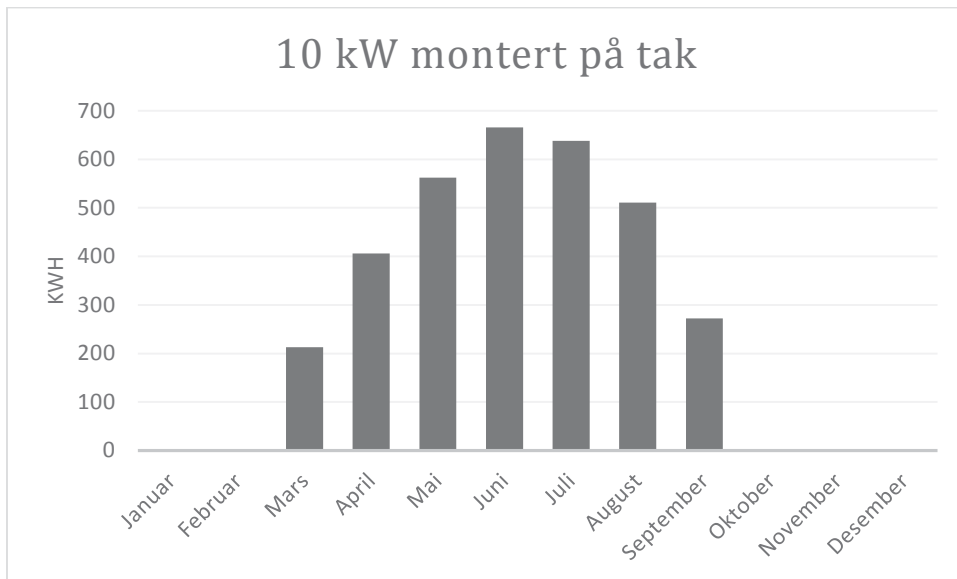
Produksjonen for varmepumpene og energibrønn blir energibruksdifferansen mellom dei originale varmepumpene og bergvarmepumpene.

Då levetida for ei bergvarmepumpe er 5 år lenger enn for ei vanleg varmepumpe så vil det bli lagt inn 5 års produksjon for bergvarmepumpa der den originale varmepumpa ikkje produserer for å prøva å få fram fortienesta av å ha lenger levetid på bergvarmepumpa (Norges vassdrags- og energidirektorat 2015).

Produksjonen for solfangarane kjem frå same kjelde som i kapittel 3.4.3 (Catch Solar Energy AS 2015).



Figur 3.19 Differansen i energibruk mellom dei originale varmepumpene med levetid på 15 år og bergvarmepumpene med levetid på 20 år.



Figur 3.20 Den månedlege produksjonen for 10 kW solfangarar montert på tak

4. RESULTAT

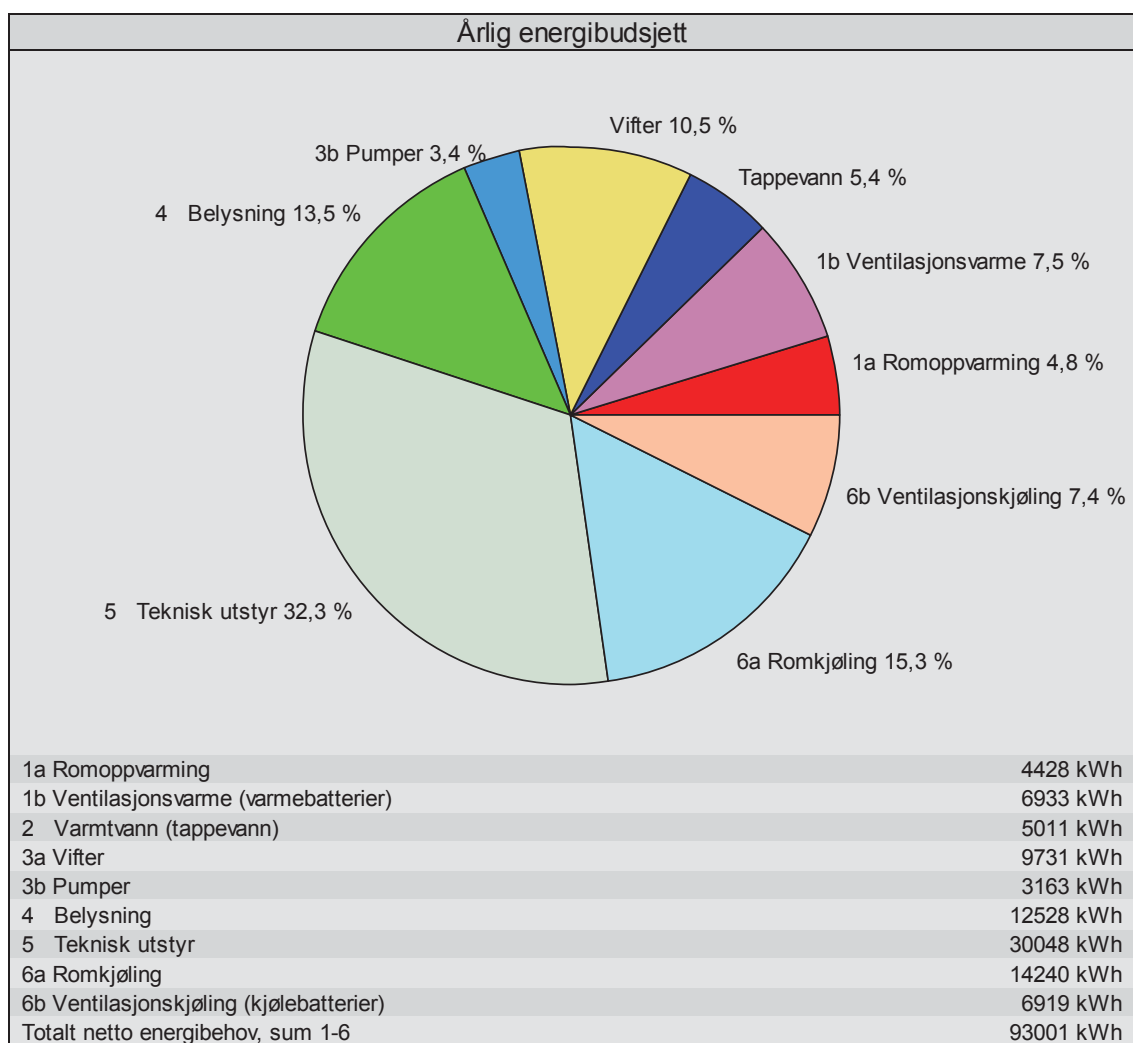
4.1. ENERGIBEHOVSSIMULERINGAR

4.1.1. Oversikt

Her kjem resultat frå simuleringar gjort i SIMIEN som blir brukt vidare i lønnssemdsanalysane.

4.1.2. Årleg energibudsjett

Figur 4.1 blir brukt ilag med timedata frå simuleringane i SIMIEN for å rekna ut det månadlege el. spesifikt-, varme-, og kjølebehovet.

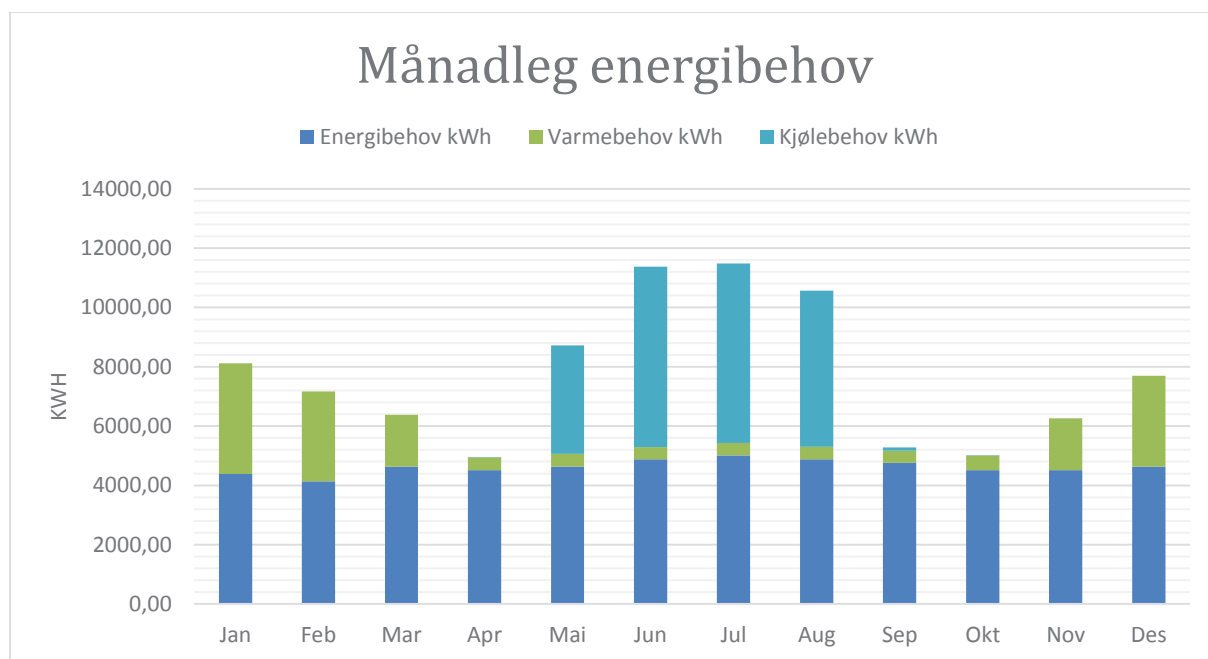


Figur 4.1 Figur frå SIMIEN som viser det årlege energibudsjettet

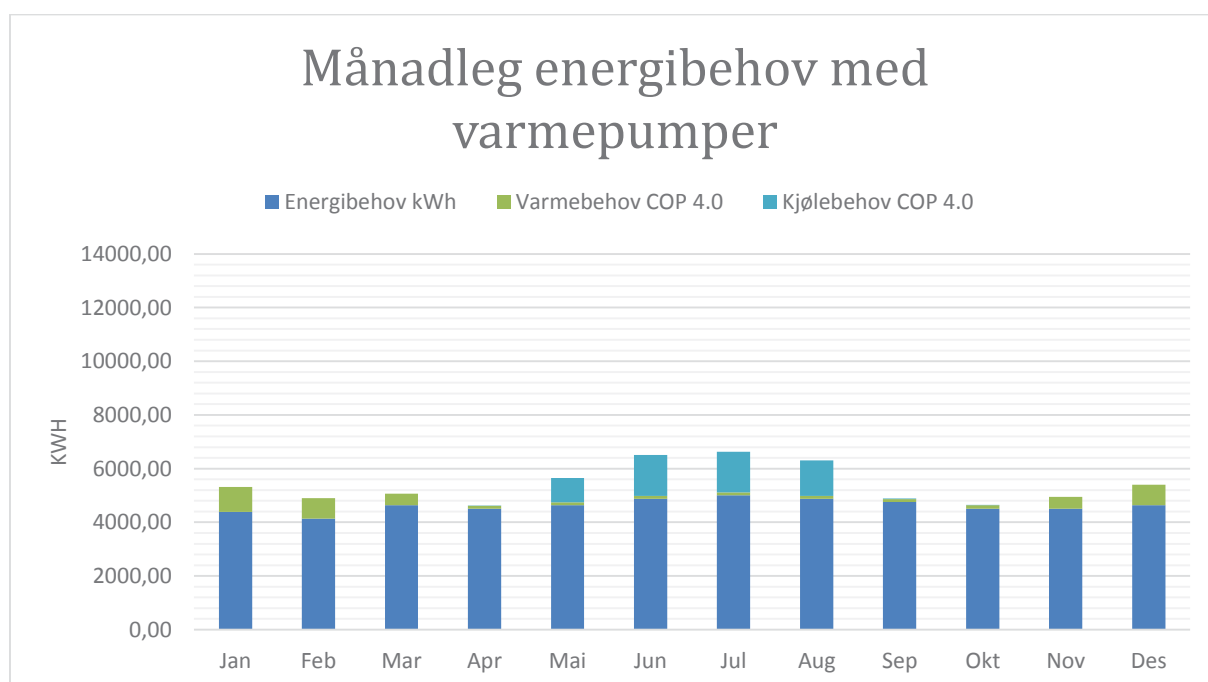
4.1.3. Månadleg energibehov

Figur 4.2 viser det månedlege el. spesifikt-, varme-, og kjølebehovet for bygget som er basert på data frå simuleringane i SIMIEN.

Figur 4.3 viser det månedlege el. spesifikt-, varme-, og kjølebehovet for bygget med varmepumper som dekker varme- og kjølebehovet.



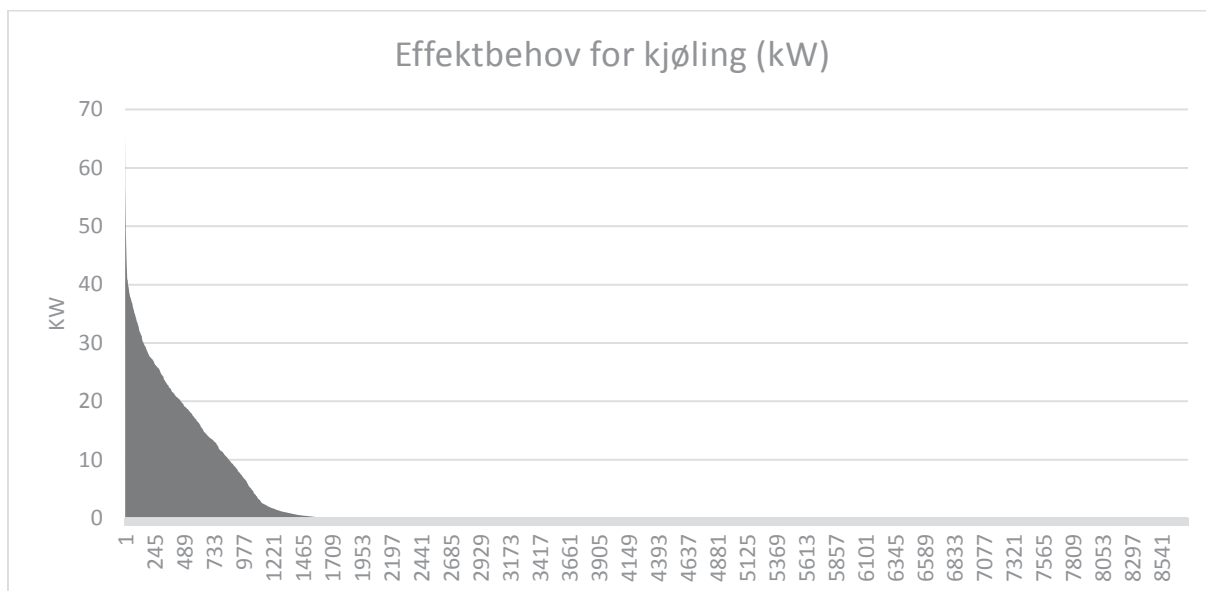
Figur 4.2 Månadleg energibehov kalkulert frå simuleringa i SIMIEN.



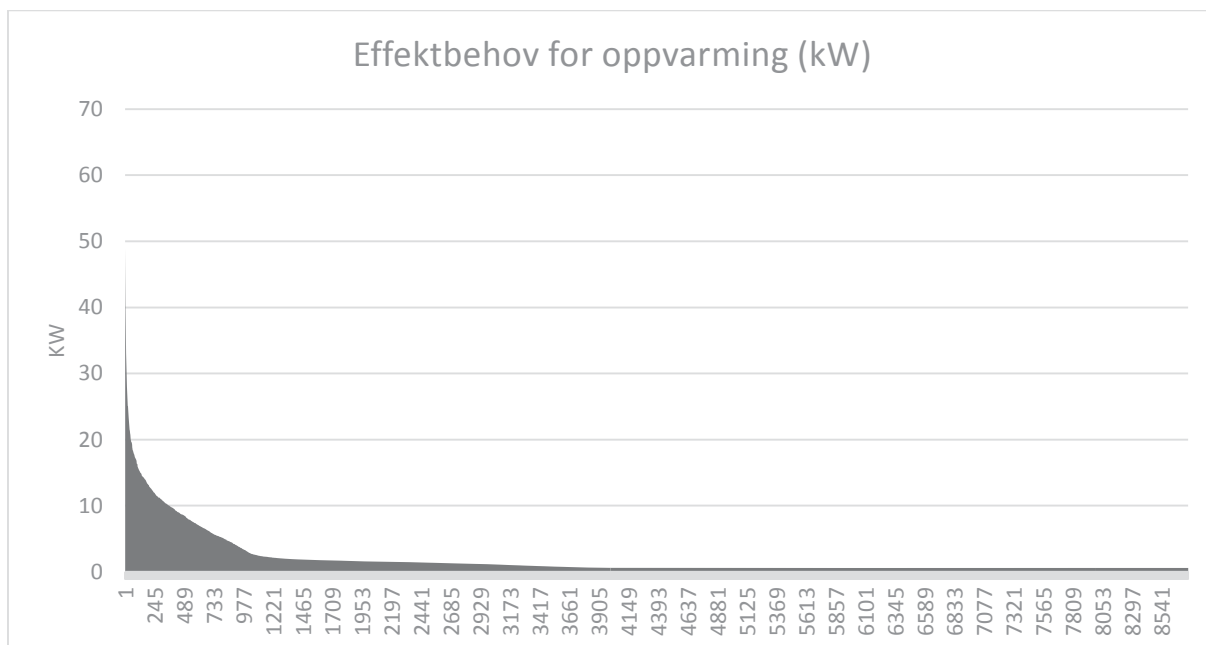
Figur 4.3 Månadleg energibehov for bygget ved bruk av varmepumper med COP-verdi på 4,0.

4.1.4. Lastdiagram

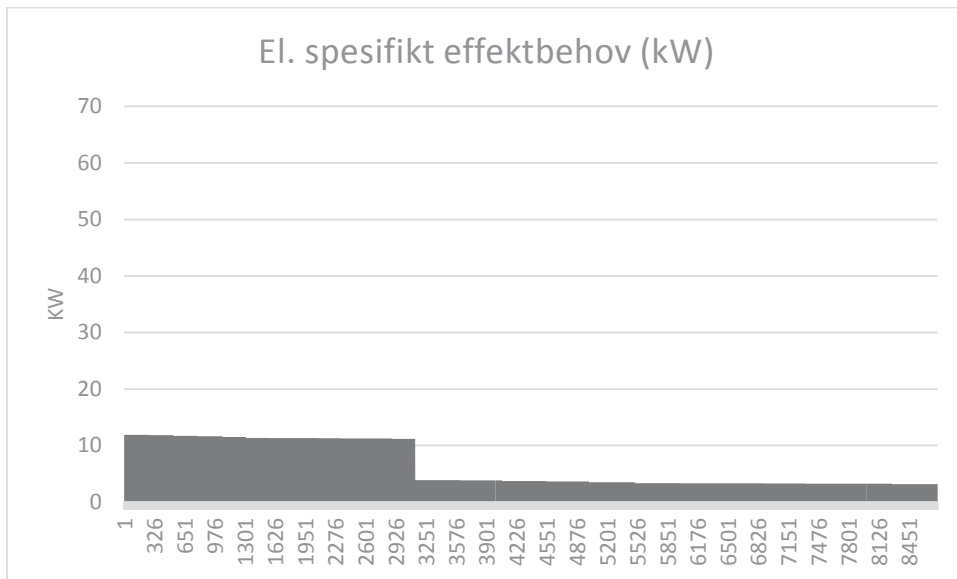
I Figur 4.5, Figur 4.4, og Figur 4.6 vises effektbehovet i bygget for hhv. kjøling, oppvarming, og elektrisitet spesifikt. Effektbehova blir brukt for å bestemme installert effekt for dei forskjellige teknologiane. Det store fallet i Figur 4.6 kjem frå forskjellane av effektbehov i og utanfor driftstid.



Figur 4.4 Lastdiagram over årleg effektbehov for kjøling.



Figur 4.5 Lastdiagram over årleg effektbehov for oppvarming.

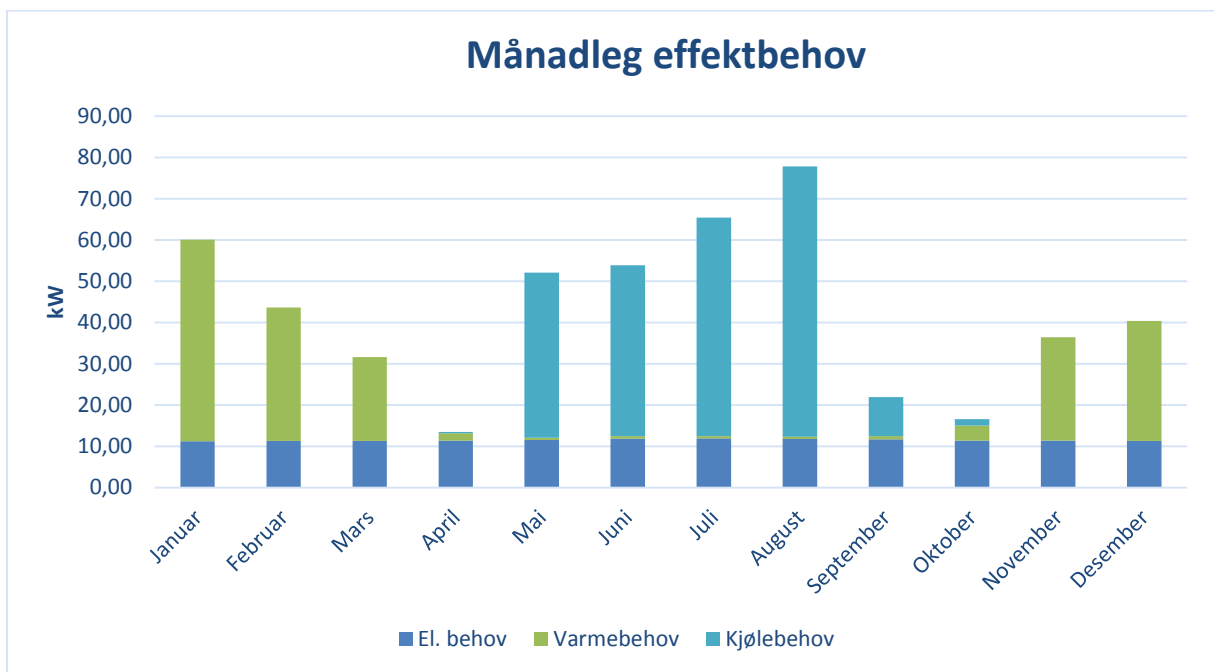


Figur 4.6 Lastdiagram over årleg elektrisitet spesifikt effektbehov.

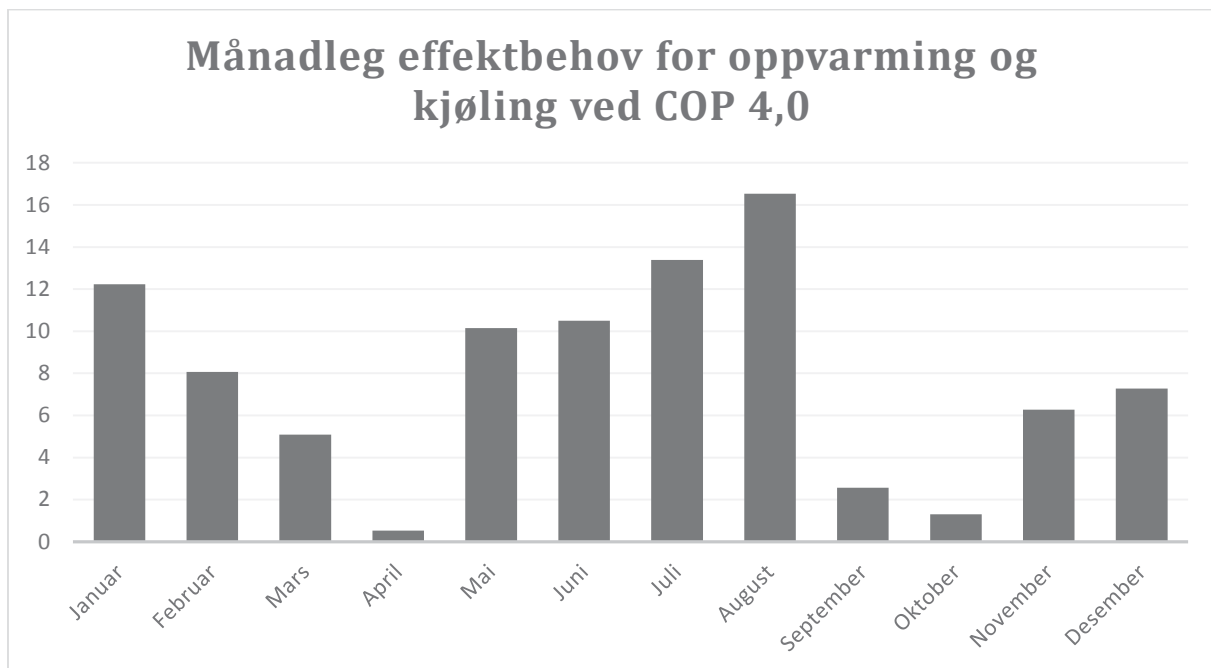
4.1.5. Månadleg effektbehov

Figur 4.7 viser det månedlege effektbehovet for elektrisitet spesifikt, oppvarming, og kjøling.

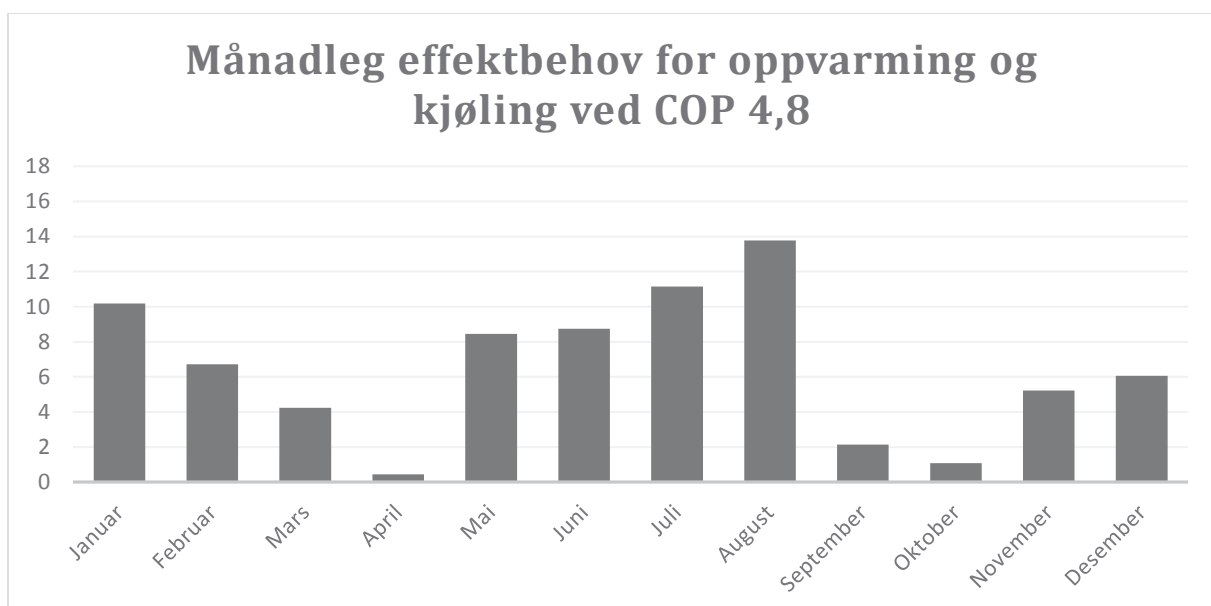
I Figur 4.9 og Figur 4.8 vises det månedlege effektbehovet for oppvarming og kjøling ved bruk av varmepumper med COP-verdi på høvesvis 4,0 og 4,8.



Figur 4.7 Stolpediagram over månedleg effektbehov.



Figur 4.8 Månadleg effektbehov for oppvarming og kjøling med varmepumper med ein COP-verdi på 4,0.



Figur 4.9 Månadleg effektbehov for oppvarming og kjøling med varmepumper med ein COP-verdi på 4,8.

4.2. LØNNSEMDSANALYSAR

4.2.1. Oversikt

Her kjem resultat frå lønnsemdsutrekningar gjort i EXCEL.

Er det el-produserande teknologiar så reknast det med at straumen skal dekkja det elektrisitet spesifikke behovet, og drifta av dei originale varmepumpene til kjøling og

oppvarming. Med dei originale varmepumpene så meinast det dei varmepumpene med ein COP-verdi på 4,0.

Straum som ikkje går til å dekkja det månadlege energibehovet blir seld til straumleverandøren.

Er det varmeproduserande teknologiar så reknast det med at dei skal dekkja varmebehovet til bygget før varmebehovet blir redusert av varmepumpene. Er det eit resterande varmebehov så reknast det med at varmepumpene skal dekkja det.

4.2.2. Vindkraft

Tabell 4.1 viser kor mykje av energibehovet dei forskjellige alternativa dekker i prosent, og kor mykje straum som blir seld til straumleverandøren i MWh for dei forskjellige alternativa.

Tabell 4.2 viser netto noverdiutrekningar, internrenter og LCOE utrekningar for dei forskjellige alternativa. For alt. 2 til alt. 4 er kontantstraumen negativ. Det er grunna ei høgare årleg utgift enn inntekt. Internrenta kan ikkje bli rekna for dei alternativa med negativ årleg kontantstraum då internrenta viser ei investerings avkastning.

Tabell 4.1 Dekningsgrad av energibehovet og sal av straum for vindturbinane.

<i>Alternativ</i>	<i>Produksjon (kWh/år)</i>	<i>Dekning av energibehov (%)</i>	<i>Sal av straum (MWh/år)</i>
<i>45 kW i Rygge</i>	87 362	97,3	24,30
<i>45 kW i Oslo (Blindern)</i>	11 930	18,4	0,00
<i>15 kW i Oslo (Blindern)</i>	4 893	7,5	0,00
<i>6 kW i Oslo (Blindern)</i>	1 319	2,0	0,00

Tabell 4.2 Lønnsemdsanalyse av vindkraftløyisingar med ei levetid på 20 år.

<i>Alt. 1: 45 kW i Rygge</i>		
	Investeringskostnad	Årleg kontantstraum
<i>Kontantstraum</i>	-1 196 375	47 459
<i>Netto noverdi</i>	-576 122	
<i>Internrente</i>	-2,11 %	
<i>Alt. 2: 45 kW i Oslo (Blindern)</i>		
	Investeringskostnad	Årleg kontantstraum
<i>Kontantstraum</i>	-1 196 375	-4 818
<i>Netto noverdi</i>	-1 196 589	
<i>Internrente</i>	-	
<i>Alt. 3: 15 kW i Oslo (Blindern)</i>		
	Investeringskostnad	Årleg kontantstraum
<i>Kontantstraum</i>	-805 125	-736
<i>Netto noverdi</i>	-775 517	
<i>Internrente</i>	-	
<i>Alt. 4: 6 kW i Oslo (Blindern)</i>		
	Investeringskostnad	Årleg kontantstraum
<i>Kontantstraum</i>	-503 375	-898
<i>Netto noverdi</i>	-490 066	
<i>Internrente</i>	-	
<i>LCOE (kr/kWh)</i>	Alt. 1	Alt. 2
	1,28	9,38
	Alt. 3	Alt. 4
	14,29	32,22

4.2.3. Solceller

Tabell 4.3 viser kor mykje av energibehovet alternativa dekker og kor mykje straum som blir seld til straumleverandøren for begge alternativ.

Tabell 4.4 viser netto noverdiutrekningar, internrenter og LCOE utrekningar for begge alternativ.

Tabell 4.3 Dekningsgrad av energibehovet og sal av straum for solcelleanlegga.

Alternativ	Produksjon (kWh/år)	Dekningsgrad av energibehov (%)	Sal av straum (MWh/år)
30 kW solcelleanlegg	26 250	40,5	0,00
65 kW solcelleanlegg	56 875	67,5	13,1

Tabell 4.4 Lønnssemdsanalysar av solcelleløyysingar med ei levetid på 25 år.

Alt. 1: 30 kW solcelleanlegg		
Kontantstraum	Investeringskostnad	Årleg kontantstraum
	-741 000	5 887
	Netto noverdi	-626 691
Internrente	-9.86 %	
Alt. 2: 65 kW solcelleanlegg		
Kontantstraum	Investeringskostnad	Årleg kontantstraum
	-1 364 000	10 660
	Netto noverdi	-1 155 959
Internrente	-9,95 %	
LCOE		
	Alt. 1 2,02	Alt. 2 1,71

4.2.4. Solfangarar

Tabell 4.5 viser kor mykje av varmebehovet som blir dekkja og dekningsgraden i prosent for dei forskjellige alternativa.

Tabell 4.6 viser netto noverdiutrekningar, internrenter, og LCOE utrekningar for dei forskjellige alternativa.

Tabell 4.5 Dekningsgrad av varmebehov for solfangarar.

<i>Alternativ</i>	<i>Produksjon (kWh/år)</i>	<i>Dekningsgrad varmebehov (%)</i>
<i>56 kW montert på vegg</i>	16 570	100
<i>50 kW montert på tak</i>	16 498	100
<i>15 kW montert på vegg</i>	5 036	30,8

Tabell 4.6 Lønnsemdsanalyse av solvarmeløysingar med ei levetid på 25 år.

Alt. 1: 56 kW montert på vegg		
	Investeringskostnad	Årleg kontantstraum
<i>Kontantstraum</i>	-231 425	3602
<i>Netto noverdi</i>	-177 233	
<i>Internrente</i>	-6,24 %	
Alt. 2: 50 kW montert på tak		
	Investeringskostnad	Årleg kontantstraum
<i>Kontantstraum</i>	-215 280	3602
<i>Netto noverdi</i>	-162 158	
<i>Internrente</i>	-5,82 %	
Alt. 3: 15 kW montert på vegg		
	Investeringskostnad	Årleg kontantstraum
<i>Kontantstraum</i>	-57 143	1108
<i>Netto noverdi</i>	-41 404	
<i>Internrente</i>	-4,94 %	
<i>LCOE</i>	Alt. 1	Alt. 2
	0,99	0,93
	Alt. 3	
	0,81	

4.2.5. Solfangarar, bergvarmepumper og energibrønn

Tabell 4.7 viser produksjonen til solfangarane, og kor mykje energibruken blir redusert for bergvarmepumper med og utan solfangarar.

Tabell 4.8 viser netto noverdiutrekningar, internrenter, og LCOE utrekningar for begge alternativ.

Tabell 4.7 Dekningsgrad av varme- og kjølebehovet for solfangarar, og bergvarmepumper og energibrønn.

<i>Alternativ</i>	<i>Produksjon / Redusert energibruk (kWh/år)</i>	<i>Dekningsgrad varme- og kjølebehov (%)</i>
<i>10 kW Solfangarar</i>	2 580	15,8 (Bare av varmebehovet)
<i>17 kW bergvarmepumper med solfangar</i>	27 670	79,2
<i>17 kW bergvarmepumper</i>	29 712	79,2

Tabell 4.8 Lønnsemdsanalysar av solfangar-, bergvarmepumpe og energibrønnløysingar med ei levetid på 20 år.

Alt. 1: 10 kW Solfangarar, bergvarmepumper og energibrønn

	<i>Investeringskostnad</i>	<i>Årleg kontantstraum</i>
<i>Kontantstraum</i>	-79 733	8 892
<i>Netto noverdi</i>	29 602	
<i>Internrente</i>	9,25 %	

Alt. 2: Bergvarmepumper og energibrønn

	<i>Investeringskostnad</i>	<i>Årleg kontantstraum</i>
<i>Kontantstraum</i>	-38 250	7 913
<i>Netto noverdi</i>	57 487	
<i>Internrente</i>	20,16 %	
	Alt. 1	Alt. 2
<i>LCOE</i>	0,52	0,34

5. DISKUSJON

5.1. INNLEIING

I detta kapitlet skal eg diskutera kvar teknologi for seg, og om det er mogleg å kjøra teknologiar ilag. Til slutt skal eg diskutera om det er mogleg å betra lønnsemda til teknologiane.

Straumprisen vil eg diskutera i eit eige kapittel då den vil ha same verknad på alle teknologiane. Det same gjelder sal av straum.

5.2. VINDKRAFT

Som ein ser ut ifrå resultata så vil det ikkje vera mogleg å få ei lønnsemd ut av dei alternativa som er brukt i oppgåva. Kontantstraumen for alle alternativa i Oslo er negative, og dei har ei høg investeringskostnad. For alternativet i Rygge så er kontantstraumen positiv, og over halvparten av investeringa blir dekkja. Det tyder på at eit bygg plassert i eit område med høgare middelvind vil kunna vera mindre ulønnsamt, men som diskutert i kapittel 5.7 så trenger ikkje ein høgare produksjon gi ein betre lønnsemd. Derimot kan det installerast ein vindturbin med lågare effekt som vil gi ein lågare investeringskostnad, og dermed er det mogleg at løysinga kan vera lønnsam.

5.3. SOLCELLER

Solceller kjem ikkje betre ut i resultata enn vindkrafta og det vil vera vanskeleg å få ei lønnsemd ut av dei alternativa som er brukt i oppgåva. Det er interessant å sjå at sjølv om eit solcellesystem med høgare effekt kommer dårligare ut ifrå netto noverdi utrekningane enn det med lågare effekt, så gir LCOE utrekningane eit motsett resultat. Det er grunna at ein del av energiproduksjonen for 65 kW anlegget går til sal av straum, mens for 30 kW går alt til å dekkja energibehovet. Det vises også i noverdiutrekningane når det tas følgje for inntekt frå elsertifikat. Utrekningane viser då at anlegget med høgast effekt gir minst ulønnsemd. Det er forskjell på kvar i Noreg systemet ligger, men Oslo har ei høg årleg solinnstrålingsenergi (Enova 2013). Så det er ikkje mogleg å få ei særlig høgare produksjon andre stadar i Noreg. Det vil sei at solcellesystema må bli betre til å utnytta solenergien for å redusera investeringskostnaden.

5.4. SOLFANGARAR

Solfangarar har, i motsetning til dei føregåande teknologiane, ei låg investeringskostnad. Derimot dekker dei bare varmebehovet, som har ein veldig låg alternativkostnad på 0,22 kr/kWh. Den er lågare enn spottprisen i nokre månadar. Det er grunna varmepumpene som har ein COP-verdi på 4,0. Det gjer dei veldig effektive til å dekke varmebehovet. Likevel har ingen av alternativa ein positiv netto noverdi. Av dei tre alternativa så kjem solvarmesystemet med lågast effekt best ut, noko som går imot dei andre teknologiane. Det er mest sannsynleg grunna den låge alternativkostnaden. Då den vil gå med minst tap.

5.5. SOLFANGARAR, BERGVARMEPUMPER OG ENERGIBRØNN

Som nemnt i tidligare kapittel så var det fyrste alternativet at solfangarar skulle dekke varmebehovet om sommaren i tillegg til at det blei bora ein energibrønn. Det andre alternativet var at det bare blei bora ein energibrønn. Som i kapittel 5.4 så har alternativa ein relativt låg investeringskostnad, og med ei auka levetid for bergvarmepumpene så kjem begge alternativa bra ut i lønnssemdsanalysane. Alternativ 1 er ikkje lika lønnsamt grunna solfangarane ikkje dekke si eiga kostnad.

5.6. STRAUMPRIS

Eit problem i Noreg med tanke på utvikling av nye energiproduserande teknologiar er den låge strømprisen. I det norske energisystemet består ein stor del av regulerbar vasskraft, og det gir ein stabilt låg strømpris i forhold til andre land (NORWEA 2013). For alle løysingane i oppgåva vil ein auka strømpris ha ein stor positiv verknad på lønnssemda. Ved for eksempel, å auka strømprisen til 1,7 kr/kWh, så vil 45 kW vindturbinen i oppgåva som var plassert i Rygge oppnå ein netto noverdi på rundt 16 000 kr.

5.7. SAL AV STRAUM

Som straumkunde og ikkje leverandør vil det ikkje vera lønnsamt å produsera meir enn energibehovet for sal av straum. Det er grunna ein relativt låg spot-pris. Viss løysinga er kvalifisert for elsertifikatordninga så vil det gi eit tillegg på 0,16 kr/kWh. Det vil hjelpa på lønnssemda for sal av straum, men ingen av løysingane har låg nok LCOE til at det vil gå i pluss. Viss tiltaka blir utført i Finnmark eller enkelte kommunar i Nord-Troms, så er ikkje straumkundane elsertifikatpliktige. Det vil sei at dei kan selja elsertifikat for heile

energiproduksjonen og ikkje bare for den energien som går til sal på nettet. Ein plusskunde kan ikkje levera straum på nettet viss installert effekt er større enn 100 kW (Norges vassdrags- og energidirektorat 2013).

5.8. STØNADSORDNINGAR

Frå Enova kan ein få stønad opp mot 15 000 til 30 000 kr (Enova 2015b).

Frå husbanken gis det stønad til prosjekter som har fokus på bustadskvalitet. Stønadane ligger på rundt 80 000 til 500 000 kr (Husbanken 2015).

Frå Oslo kommune kan ein få stønad for halvparten av investeringskostnaden, men maksimalt 1 000 000 kr (Oslo kommune 2015).

Ut av dei forskjellige løysingane i oppgåva så er det bare 45 kW vindturbin plassert i Rygge som vil bli lønnsamt, bortsett frå bergvarmepumper som er lønnsamme allereie og vil bare bli meir lønnsamt.

5.9. SAMKØYRING AV TEKNOLOGIAR

Praktisk sett er det mogleg å samkøyra alle teknologiane. Vindkraft passer bra med teknologiar som bruker sola som energikjelde, då vinden produserer mest på vinteren mens sola produserer mest på sommaren. Det er plass nok med arealet og energibehovet til bygget å kunna køyra solcellepaneler og solfangarar på same tida, og bergvarmepumpa vil kunna køyrast med alle teknologiane. Derimot er det ikkje økonomisk mogleg å samkøyra teknologiane då dei ikkje kan nedbetala investeringskostnadane.

5.10. KONKLUSJON

Det er praktisk mogleg å redusera energibehovet med løysingane valt i oppgåva for å oppnå eit nesten nullenergibyggekrev. Derimot vil det ikkje vera lønnsamt med dagens straumpris og investeringskostnadar å investera i dei løysingane som er testa i oppgåva.

Bergvarmepumper og energibrønn kom best ut frå lønnssemdsanalysane, og har ein positiv netto noverdi. Dei reduserer dessverre bare det årlege energibruken med rundt 2000 kWh, men det er 5 år lenger levetid for bergvarmepumper enn andre varmepumper.

5.11. FEILKJELDER

Nokre av tala er frå 2013, så det kan vera forandringar i kostnadar dei siste åra. Hadde eg hatt meir tid så ville eg ha kontakta fleire leverandørar for kvar teknologi og fått oppdaterte kostnadar. Det burde vert køyrt simulasjonar på produksjonen for dei forskjellige teknologiane, men det ville tatt for lang tid. Planen var å bruka eit dataprogram kalla HOMER som simulerer produksjonsdata og køyre lønnssemdsanalysar. Dessverre var ikkje programmet bra nok ved at det ikkje kunne implementera alle teknologiane, og at det ikkje var mogleg å henta ut detaljert produksjonsdata som programmet hadde simulert. Hadde eg hatt meir tid ville eg satt meg inn i eitt anna dataprogram kalla EnergyPRO, men tid var gått og det var ikkje sikkert programmet ville kunne gjera det eg ville.

5.12. VIDARE ARBEID

Meir som kan bli gjort framover er å testa andre teknologiar. Kan også flytta bygget til andre stadar i Noreg for å sjå kva verknad det har å lønnssemda.

6. KJELDER

- Aqua boring. (2015). *Boring av energibrønn*. Available at: <http://www.aquaboring.no/public.aspx?pageid=35399> (accessed: 03.05).
- Bauer Energi AS. (2012). Nordens største vrf anlegg i lyngdal.
- Bergsløkken, I. (2012). *Energieffektivisering av en verneverdig 1890-murgård: Et bærekraftig løft?:* Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi.
- Catch Solar Energy AS. (2015). *Solenergi-kalkulator for beregning, dimensjonering og optimering av solfangere og solenergi*. Available at: http://www.catchsolar.no/pages/solenergi_teknisk_dimensjonering_energikalkulator.php (accessed: 05.05).
- Direktoratet for byggkvalitet. (2011). *Veiledning om tekniske krav til byggverk*. Available at: <http://www.dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/> (accessed: 12.05).
- Eidsiva. (2008). *Oppbygging av vindturbinar*. Available at: <http://hovedprosjekter.hig.no/v2011/tol/elektro/vindkraft/oppbygging.html> (accessed: 05.05).
- Energy Works. (2015). *WindEN 45 kW*. Available at: http://www.energyworks.gr/en/windEN_45.html (accessed: 05.05).
- Enova. (2013). *Kostnadsstudie, Solkraft i Norge 2013*.
- Enova. (2015a). *Hva er U-verdi?* Available at: <http://www.enova.no/radgivning/privat/enovas-merkeordning/tips-og-rad/vindu/hva-er-u-verdi/hva-er-u-verdi/344/571/> (accessed: 08.05).
- Enova. (2015b). *Våre tilbud*. Available at: <http://www.enova.no/finansiering/privat/slik-stotter-vi-deg/vare-tilbud/904/0/> (accessed: 11.05).
- Finansleksikon. (2015). *Internrente*. Available at: <http://www.finansleksikon.no/Regnskap/I/Internrente.html> (accessed: 12.05).
- Fornybar.no. (2015). *Ordliste*. Available at: <http://www.fornybar.no/nyttig-informasjon/ordliste> (accessed: 12.05).
- GK. (2015). *Fem viktige kriterier for passivhus*. Available at: <http://miljohuset-gk.no/passivhus/krav-til-bygningen/> (accessed: 08.05).
- Hafslund Nett. (2015). *Hva er en plusskunde?* Available at: https://www.hafslundnett.no/oss/hva_er_en_plusskunde_/14398 (accessed: 05.05).
- Hafslund nett øst AS. (2015). *Nettleie 2015 - Produkter og priser fra 1. Januar 2015*.
- Husbanken. (2015). *Kompetansetilskudd- bærekraftig bolig- og byggkvalitet 2015*. Available at: http://www.husbanken.no/tilskudd/tilskudd-kompetansetilskudd/kompetansetilskudd_bolig-og-bygg/ (accessed: 11.05).
- International Energy Agency. (2011). *Energy Policies of IEA Countries - Norway - 2011 Review*.
- International Energy Agency. (2013). *Energy policy - highlights*. 114 pp.
- Kingspan Wind. (2015a). *Kingspan Wind 6KW turbine*. Available at: <http://kingspanwind.com/products/kw6/> (accessed: 05.05).
- Kingspan Wind. (2015b). *KW15*. Available at: <http://kingspanwind.com/products/kw15-high-performance-wind-turbine/> (accessed: 05.05).
- Kjeller vindteknikk. (2009). *Vindkart for Norge*, Appendiks til rapport nummer KVT/ØB/2009/038
- LG Electronics. (2015). *MULTI V™ III, VRF 20 HP HEAT PUMP OUTDOOR UNIT (56.0KW COOLING, 63.0KW HEATING)*. Available at: <http://www.lg.com/uk/multi-v-air-conditioning/lg-ARUN200LT3>.
- Nord Pool Spot. (2015). *Elspot prices*. Available at: <http://www.nordpoolspot.com/Market-data1/Elspot/Area-Prices/ALL1/Monthly/?view=table> (accessed: 29-04).
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2008). *Solenergi for varmeformål - snart lønnsomt?* In Hofstad, K. (ed.).

- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2012). *Elsertifikater*. Available at: <http://www.nve.no/no/Kraftmarked/Elsertifikater/> (accessed: 11.05).
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2013). *Plusskunder*. Available at: <http://www.nve.no/no/Kraftmarked/Nettleie1/Beregning-av-tariffer-for-innmating-fra-produksjon/Plusskunder/> (accessed: 08.05).
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2015). del 1 Kostnader i enegisektoren, 2/2015.
- NORWEA. (2013). Vindkraftens ABC.
- Novema Kulde AS. (2015). *Varmepumpe brukt mot energibrønn*.
- Olsen, H. R. (2013). *Mulighetsstudie: Bruk av distribuert fornybar energiproduksjon på norske turiskhytter*: Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi.
- Oslo kommune. (2015). *Energiforbedring i næringsbygg, borettslag og sameier*. Available at: <https://www.oslo.kommune.no/politikk-og-administrasjon/tilskudd-legater-og-stipend/miljo/energiforbedring-i-naringsbygg-borettslag-og-sameier/> (accessed: 11.05).
- Pettersen, T. D. (2012). *Ny passivhusstandard for yrkesbygg, NS 3701*. Norsk bygningsfysikkdag 2012.
- Prestegård, U. (2014). *Lading og lagring av varme i energibrønner for bygningsoppvarming*: Norges tenisk- og naturvitenskapelige universitet, Institutt for energi- og prosesseteknikk.
- ProgramByggerne. (2014). *SIMIEN*. Available at: <http://www.programbyggerne.no/SIMIEN/doku.php/start>.
- Rambøll. (2013). *Nesten nullenergibygg - forslag til nasjonal definisjon*: Direktoratet for byggkvalitet. 48 pp.
- Standard Norge. (2007). NS 3031-2007 Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data.
- Standard Norge. (2011). Underlagsmaterialet for prNS 3701:2011.
- Standard Norge. (2012). *NS 3701:2012*. Available at: <http://www.standard.no/no/nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=587802> (accessed: 12.05).
- Standard Norge. (2013). *NS 3700:2013*. Available at: <http://www.standard.no/no/nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=636902> (accessed: 12.05).
- Statistisk sentralbyrå. (2015). *Nøkkeltall for bygg, bolig og eiendom*. Available at: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/nokkeltall/bygg-bolig-og-eiendom> (accessed: 29-04).
- Statnett. (2015). *Rapporter elsertifikater*. Available at: <http://necs.statnett.no/WebPartPages/SummaryPage.aspx?AspxAutoDetectCookieSupport=1> (accessed: 11.05).
- Stene, J. (2011). *Bergvarmepumpe bedre enn luft/vann pumpe*. Available at: <http://www.vvsforum.no/artikkel/5078/-bergvarmepumpe-bedre-enn-luft-vann-pumpe.html#.VUODdiHtmko> (accessed: 01.05).
- Trøndelag brønnboring AS. (2015). *Energibrønn*. Available at: <http://www.boring.as/energibrønn> (accessed: 11.05).
- Vista Analyse AS. (2011). Energieffektivisering i eksisterende bygg. In Ibenholt, K. F., Kristine (ed.), 2011/31.
- Volden, J. O. B. (2013). *Småskala vindkraft på en gård i rygge kommune - en mulighetsstudie*: Universitetet for miljø- og biovitenskap, institutt for matematiske realfag og teknologi.
- Åsgård, M. (2011). *Energioptimalisering av TF-bygget ved universitetet for miljø- og biovitenskap*, Ås: Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi (IMT).

Vedlegg

INNDATA FOR MODELLBYGGET

Tabell 6.1 Sentrale inndata brukt for å definera modellen i SIMIEN (Standard Norge 2011)

Beskrivelse	Verdi
Areal yttervegger (m^2)	367
Areal tak (m^2)	500
Areal golv (m^2)	500
Areal vindauge og ytterdører (m^2)	200
Oppvarma bruksareal (BRA) (m^2)	1000
Oppvarma luftvolum (m^3)	2707
U-verdi yttervegger (W/m^2K)	0,12
U-verdi tak (W/m^2K)	0,09
U-verdi golv (W/m^2K)	0,08
U-verdi vindauge og ytterdører (W/m^2K)	0,80
Areal vindauge og dører delt på bruksareal (%)	20,0
Normalisert kuldebruverdi (W/m^2K)	0,03
Normalisert varmekapasitet (Wh/m^2K)	65
Lekkasjetal (n_{50}) (1/h)	0,60
Temperaturvergingsgrad varmegjenvinnar	83
Estimert verkingsgrad for gjenvinnar justert for frostsikring (%)	82,5
Spesifikk vifteeffekt (SFP) ($kW/m^3/s$)	1,50
Luftmengde i driftstida (m^3/hm^2)	6,0
Luftmengde utanfor driftstida	1,0

<i>(m³/hm²)</i>	
<i>Systemverkningsgrad</i>	1,56
<i>oppvarmingsanlegg</i>	
<i>Installert effekt romoppvarming og</i>	20
<i>varmebatterier (W/m²)</i>	
<i>Settpunkttemperatur for</i>	20,0
<i>romoppvarming (°C)</i>	
<i>Systemeffektfaktor kjøling</i>	2,50
<i>Settpunkttemperatur for romkjøling</i>	
<i>(°C)</i>	
<i>Installert effekt romkjøling og</i>	15
<i>kjølebatterier (W/m²)</i>	
<i>Driftstid oppvarming (timar)</i>	12
<i>Driftstid kjøling (timar)</i>	
<i>Driftstid ventilasjon (timar)</i>	12
<i>Driftstid belysning (timar)</i>	12
<i>Driftstid utstyr (timar)</i>	12
<i>Opphaldstid personar (timar)</i>	12
<i>Effektbehov belysning i driftstida</i>	4,0
<i>(W/m²)</i>	
<i>Varmetilskot belysning i driftstida</i>	4,0
<i>(W/m²)</i>	
<i>Effektbehov utstyr i driftstida (W/m²)</i>	6,0
<i>Varmetilskot utstyr i driftstida</i>	6,0
<i>(W/m²)</i>	
<i>Effektbehov varmtvatn på driftsdagar</i>	0,8
<i>(W/m²)</i>	
<i>Varmetilskot varmtvatn i driftstida</i>	0,0
<i>(W/m²)</i>	
<i>Varmetilskot personar i opphaldstida</i>	4,0

	(W/m ²)
Total solfaktor for vindauge og solskjerming	0,08
Gjennomsnittleg karmfaktor vindauger	0,20
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring	0,89

Tabell 6.2 Sentrale antagelsar for val av luftmengder brukt i simuleringane for næringsbygget (Standard Norge 2011)

Antagelsar	Verdiar
Persontetthet primærrom	5 m ² per person
Luftmengde materialar	3,6 m ³ /hm ²
Tilstedeværelse primærrom	60 %
Driftstid* (timer/dagar/veker)	3120 timer (12/5/52)
*Ihht. TEK10 og NS3031 tillegg A.	

Tabell 6.3 Grunnlag for deling i primær- og sekundærareal (Standard Norge 2011)

Romtype	Primær(P)/Sekundær(S)	Arealdel
Cellekontor	P	20
Kontorlandskap	P	30
Korridor	S	15
Kantine	P	5
Møterom	P	10
Underliggende rom	S	20
Sum primærrom		65
Sum sekundærrom		35

SKJERMBILDA FRÅ SIMIEN

<< Forrige side

Valg av klimasted

Neste side >>

Velg klimasted

Oslo

Data for valgt klimasted:

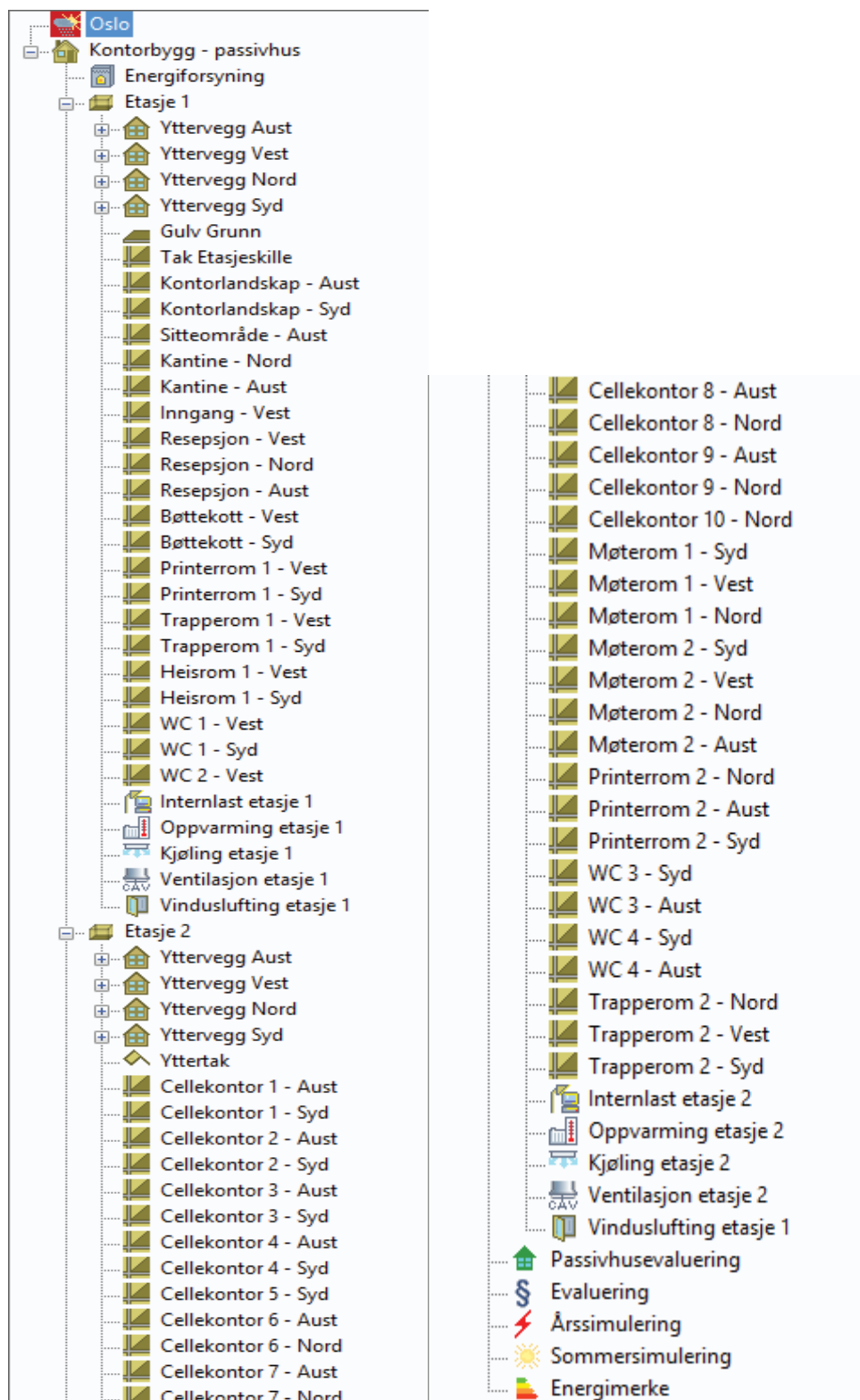
Breddegrad [°]:	60° 0'
Lengdegrad [°]:	14° 11'
Midlere temp. dim. sommer [°C]:	21.5
Midlere temp. dim. vinter [°C]:	-20.0
Årsmiddeltemperatur [°C]:	6.3
Midlere horisontal solflux [W/m²]:	110.0
Årsmiddel relativ luftfuktighet [%]:	72.8
Årsmiddel vindhastighet [m/s]:	2.2

Kommentar til valg av klimasted

Ved evaluering mot byggeforskrifter vil programmet alltid bruke klimadara for Oslo.
Ved andre simuleringer brukes klimastedet valgt her.

Hjelp

Figur 6.1 Vindauga i SIMIEN for val av klimastad



Figur 6.2 Lista over inndata-elementa brukt i simuleringa

<< Forrige side
Inndata for en fasade (yttervegg)
Neste side >>

Navn

Størrelse

Totalt areal inkl. vinduer [m²]: 78,8

Inndata konstruksjon Himmelretning/horisont Kommentar

Konstruksjon

36mm bindingsverk, 200mm isolasjon
▼

☒ Egendefinert konstruksjon

Uverdi [W/m²K]: 0,12

☒ Solutsatt fasade (tar hensyn til absorbert solvarme i fasaden)

Utv. absorpsjonskoeffisient: 0,80

Varmelagring i innvendig sjikt

Tung vegg
▼

☒ Egendefinert sjikt:

Effektiv varmekapasitet [Wh/m²K]: 65,0

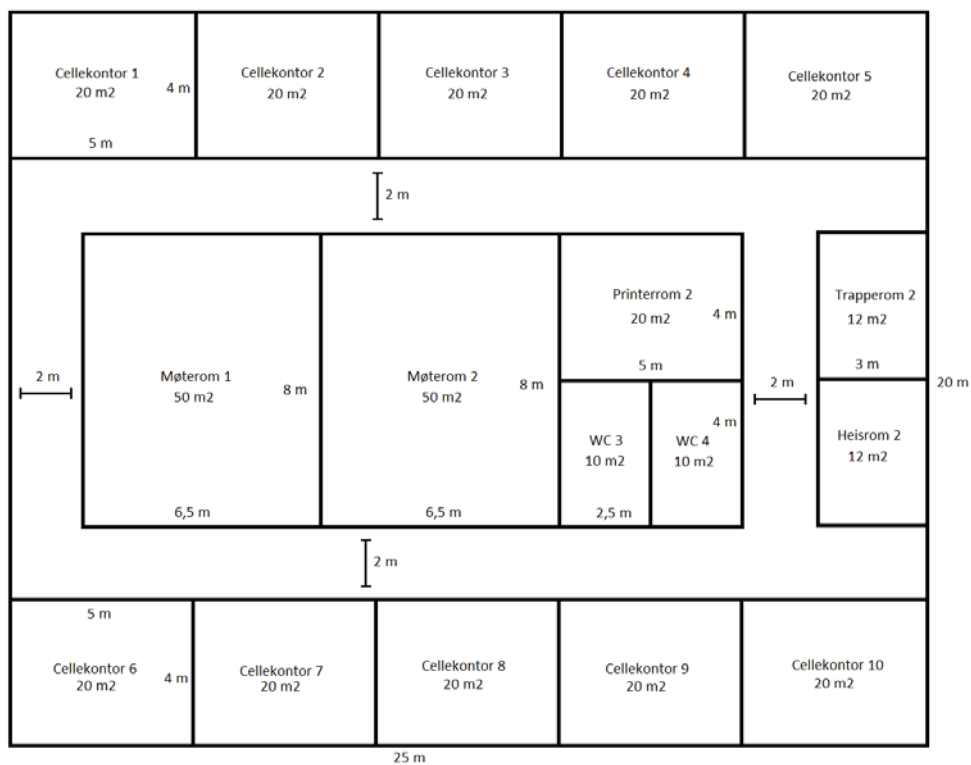
Hjelp

Figur 6.3 Her er nokre av inndata for den sydlige fasadeveggen

TEIKNINGAR BRUKT FOR Å FÅ OVERSIKT OVER INNSIDA AV BYGGET



Figur 6.4 Rominndeling brukt i SIMIEN for 1. etasje



Figur 6.5 Rominndeling brukt i SIMIEN for 2. etasje

FORMLAR SIMIEN BRUKER I SIMULERINGAR

- Formel for å rekna det totala årlege netto energibehovet som blir brukt i simuleringane for bygget (Standard Norge 2011).

$$E_t = \sum_{i=1}^{12} (Q_{H,nd,i} + Q_{C,nd,i} + E_{fan,i} + E_{defrost,i}) + Q_{W,nd} + E_p + E_l + E_{eq} \quad [\text{kWh/år}]$$

Her er $Q_{H,nd,i}$ oppvarmingsbehovet for romoppvarming og ventilasjonsvarme. $Q_{C,nd,i}$ er energibehovet for kjøling. $E_{fan,i}$ er energibehovet for vifter. $E_{defrost,i}$ er varmebehov for frostsikring av varmegjenvinnar. $Q_{W,nd}$ er energibehovet for oppvarming av tappevatn. E_p gir energibehovet for pumper i vatnbaserte varme- og kjøleanlegg. E_l er energibehovet for belysning og E_{eq} er energibehovet for teknisk utstyr.

- Berekning av energibehov for romoppvarming og ventilasjonsvarme (Standard Norge 2011)

$$Q_{H,nd,i} = Q_{H,ls,i} - \eta_{H,i} Q_{gn,i} \quad [\text{kWh}]$$

Utgangspunktet for berekninga av oppvarmingsbehovet, $Q_{H,nd}$, er at produktet av utnyttelsesfaktoren η_H og varmetilskotet Q_{gn} trekkes frå varmetapet $Q_{H,ls}$. Berekninga gjerast for månaden i , og der månadane summerast for årlig oppvarmingsbehov.

- Energibehov for kjøling (Standard Norge 2011)

$$Q_{C,nd,i} = Q_{gn,i} - \eta_{c,i} Q_{C,ls,i} \quad [\text{kWh}]$$

Utgangspunktet for berekninga av energibehovet for kjøling $Q_{C,nd}$ er snudd i forhold til oppvarmingsbehovet, der produktet av utnyttelsesfaktoren η_C og varmetapet $Q_{C,ls}$ trekkes frå varmetilskotet Q_{gn} . Berekninga gjerast også her for månaden i , der månadane summerast for årlig kjølingsbehov.

- Energibehov for vifter (Standard Norge 2011).

$$E_{fan,i} = \frac{V_{on} SFP_{on} t_{i,on} + V_{red} SFP_{red} t_{i,red}}{3600} \quad [\text{kWh}]$$

For å finne energibehovet for viftene, summerer ein produkta av luftmengda, V , spesifikk vifteeffekt relatert til luftmengda, SFP , og talet timar i månaden, henholdsvis i og utanfor driftstida. Årlig energibehov for vifter, E_{fan} , bereknas ved å summere energibehovet for månadane, i , i året.

- Energibehov for pumper i vatnbaserte varme- og kjøleanlegg (Standard Norge 2011).

$$E_p = V_w SPP t_{dr} \quad [\text{kWh}]$$

Energibehovet for pumper, E_p , er produktet av den sirkulære vatnmengda gjennom pumpa, V_w , spesifikk pumpeeffekt, SPP , og talet driftstimer i året for pumpe, t_{dr} .

- Varmebehov for frostsikring av varmegjenvinnar (Standard Norge 2011).

$$Q_{defrost,i} = 0,33 * V t_i \max[0; \theta'_{1,min} - \theta'_{1,i}] \quad [\text{kWh}]$$

I formelen er varmebehovet til frostsikring av varmegjenvinnar, $Q_{defrost}$, produktet av luftas varmekapasitet, luftmengda, V , talet timer i månaden, t_i , og maksimum av 0 og differansen mellom minste utetemperatur, $\theta'_{1,min}$, og gjennomsnittlig utetemperatur, $\theta'_{1,i}$. Denne er berekna ut frå månadens middeltemperatur.

FORMLAR BRUKT FOR VINDKRAFT

Vindturbinar leverer elektrisk energi i rundt 6000 av årets 8760 timar, men dei produserer ikkje med maksimaleffekt i alle timane. Derfor er det vanlig å bruka brukstid for å visa kor mange timar turbinen leverer med maksimaleffekt (NORWEA 2013):

$$\text{Brukstid } (h) = \frac{\text{Produsert energi over eit år (kWh)}}{\text{Installert effekt (kW)}}$$

- Formelen viser forholdet mellom produsert energi og installert effekt. Det er vanskelig å bruka brukstid for å finna den optimale turbinen. Grunnen er at ein turbin med låg generatoreffekt og/eller stor rotordiameter vil gi ein veldig høg

brukstid då installert effekt vil vera låg, men vil levera mindre energi enn ein turbin med større installert effekt og lågare brukstid (NORWEA 2013).

For å finna turbinen med lågast mulig produksjonskostnad per leverte kWh så trenger ein eit komplisert reknestykke som er avhengig av vindressursen, størrelsen og kostnadar på turbin, drift, vedlikehald og andre faktorar.

- Energi per sveipa areal er ein måte å rekna ut energiproduksjonen på, og gir talet leverte kWh per sveipa rotorareal (NORWEA 2013):

$$\text{Energi per sveipa areal} \left(\frac{kWh}{m^2} \right) = \frac{\text{Produsert energi over eit år (kWh)}}{\text{Sveipa rotor areal (m}^2\text{)}}$$

For å finna rotorareal så blir formelen for areal av sirkel (πr^2) brukt, der r er lengda på rotorblada. Som begrepet brukstid så kan ein ikkje bestemma dei optimale tala ved å bruka energi per sveipa areal.

Formelen beskriver effekten i vinden, men sjølv teoretisk er det umogleg å utnytta all effekten. Hadde all effekten blitt brukt så ville lufta ha stoppa heilt opp rett bak turbinblada.

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

P er effekten i vinden. ρ er tettheten til lufta (kg/m^3). A er sveipa rotorarealet (m^2). v er vindhastigheten (m/s) (NORWEA 2013).

- Ifølge Betz' lov så kan det maksimalt utnyttast 59,3 % av effekten i vinden til mekanisk energi. I tillegg kjem tap i turbinen som gjer at verkningsgraden vil maksimalt ligga opp mot 45 % (NORWEA 2013).

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_p$$

P er turbineffekten i vinden. C_p er verkningsgraden til turbinen.

FORMLAR BRUKT I NS 3701 FOR Å BESTEMMA DEI FEM KRAVA FOR PASSIVHUSSTANDARDEN

- Transmisjons- og infiltrasjonsvarmetap:

Tabell 2 – Høyeste varmetapstall for transmisjons- og infiltrasjonstap

Varmetapstall for transmisjons- og infiltrasjonstap, $H''_{tr,inf}$ W/(m ² ·K)	
Bygning der $A_{fl} < 1\,000\text{ m}^2$	Bygning der $A_{fl} \geq 1\,000\text{ m}^2$
$H''_{tr,inf,0} + W \frac{(1000 - A_{fl})}{100}$	$H''_{tr,inf,0}$

Figur 6.6 Formel brukt for å finna varmetapstall for byggstørrelser over og under 1000 m² BRA brukt i NS 3701.

Kjelde: (Pettersen 2012)

- Oppvarmingsbehov:

Tabell 4 – Krav til høyeste beregnede netto spesifikt energibehov til oppvarming

Arsmiddel- temperatur, θ_{ym}	Høyeste beregnede netto spesifikt energibehov til oppvarming kWh/(m ² ·år)	
	Bygning der $A_{fl} < 1\,000\text{ m}^2$	Bygning der $A_{fl} \geq 1\,000\text{ m}^2$
$\geq 6,3\text{ °C}$	$EP_{H,0} + X \frac{(1000 - A_{fl})}{100}$	$EP_{H,0}$
$< 6,3\text{ °C}$	$EP_{H,0} + X \frac{(1000 - A_{fl})}{100} + \left(K_1 + K_2 \frac{(1000 - A_{fl})}{100} \right) (6,3 - \theta_{ym})$	$EP_{H,0} + K_1 (6,3 - \theta_{ym})$

Figur 6.7 Formel brukt for å bestemma kravet for varmebehovet. Kjelde: (Pettersen 2012).

- Kjølebehov:

Tabell 4 – Krav til høyeste beregnede netto spesifikt energibehov til kjøling

DUT_s	Høyeste beregnede netto spesifikt energibehov til kjøling kWh/(m ² ·år)
$> 20\text{ °C}$	$\beta (20 - DUT_s)$
$\leq 20\text{ °C}$	0

Figur 6.8 Formel brukt for å finna kjølebehov brukt i NS 3701 Kjelde: (Pettersen 2012).

- Gjennomsnittleg effektbehov til belysning:

For bygningstypen i oppgåva (Kontorbygg) så er kravet 4,0 W/m².

- Komponentkrav (U-verdiar og verkingsgrad til varmegjenvinnar):

Tabell 6.4 Inndata for komponentkrav brukt i NS 3701.

<i>Inndata</i>	
<i>U-verdi yttervegg</i>	0,10 – 0,15 W/m ² K
<i>U-verdi gulv (på grunn)</i>	0,08 – 0,12 W/m ² K
<i>U-verdi yttertak</i>	0,08 – 0,12 W/m ² K
<i>U-verdi vindu og dører</i>	0,80 W/ m ² K
<i>Virk.grad gjenvinner</i>	80 – 85 %

KOSTNADAR FOR DEI FORSKJELLIGE TEKNOLOGIANE

Vindkraft

Tabell 6.5 Kostnadar for vindkraftanlegg.

<i>Faste kostnadar</i>			
<i>Komponent</i>	<i>Eining</i>	<i>Einingskostnad</i>	<i>Totalt</i>
<i>TFXP 1 kV 2x4x240 AL jordkabel</i>	50	350	17500
<i>Kabelgrøft i lausmassar</i>	50	300	15000
<i>Måler for produksjonsanlegg kl.1</i>	1	8875	8875
<i>m/fjernavlesing</i>			
<i>Lastskillebrytar</i>	1	15000	15000
<i>Turbinkostnad 45 kW</i>	1	1140000	1140000
<i>Turbinkostnad 15 kW</i>	1	748750	748750
<i>Turbinkostnad 6 kW</i>	1	447000	447000
<i>Sum (kostnadar) 45 kW</i>		26586	1196375
<i>Sum (kostnadar) 15 kW</i>		17892	805125
<i>Sum (kostnadar) 6 kW</i>		11186	503375

Solceller

Tabell 6.6 Kostnader for solcelleanlegget. Kjelde:(Enova 2013).

<i>Kostnadstyp</i>	<i>Kostnadspost</i>	<i>Komponentpri</i>	<i>Del</i>	<i>Totalpri</i>
<i>e</i>		<i>s</i>	<i>(%)</i>	<i>s</i>
		(kNOK/kWp)		(kNOK)
<i>Materialar</i>	Modul	7,3	40,7	474,5
	Vekselrettar (Inverter)	2,1	11,6	136,5
	Mekanisk monteringsutstyr	2,1	11,9	136,5
	Elektrisk monteringsutstyr	0,5	2,8	32,5
	Driftsovervåkingsutstyr	0,4	2,3	26
<i>Installasjon</i>	Mekanisk installasjonsarbeid	3,1	17,5	201,5
	Elektrisk installasjonsarbeid, PV-system	0,6	3,6	39
	Elektrisk installasjonsarbeid, nettilknytning	0,5	2,9	32,5
<i>Anna</i>	Maskin/utstyr/verktøy	1,2	6,9	78
<i>Totalsum</i>	Totalt, 65 kW	17,8		1157

Solfangarar

<i>56 kW montert på vegg</i>	<i>Eining</i>	<i>Einingskostnad</i>	<i>Totalt</i>
<i>Solfangarar</i>	56	2472	138424
<i>Varmelager</i>	5600	11.70	65536
<i>Sirkulasjonspumpa</i>	1	5805	5805
<i>Systemstyring</i>	1	2460	2460
<i>Røyr</i>	1	5600	5600
<i>Arbeid</i>	34	400	13600
<i>Sum</i>		4133	231425

<i>50 kW montert på tak</i>	<i>Eining</i>	<i>Einingskostnad</i>	<i>Totalt</i>
<i>Solfangerar</i>	50.5	2472	124829
<i>Varmelager</i>	5000	13.11	65536
<i>Sirkulasjonspumpa</i>	1	5805	5805
<i>Systemstyring</i>	1	2460	2460
<i>Røyr</i>	1	5050	5050
<i>Arbeid</i>	29	400	11600
<i>Sum</i>		4306	215280

<i>15 kW montert på vegg</i>	<i>Eining</i>	<i>Einingskostnad</i>	<i>Totalt</i>
<i>Solfangarar</i>	15	2472	37078
<i>Varmelager</i>	885	6.44	5700
<i>Sirkulasjonspumpa</i>	1	5805	5805
<i>Systemstyring</i>	1	2460	2460
<i>Røyr</i>	1	1500	1500
<i>Arbeid</i>	11.5	400	4600
<i>Sum</i>		3810	57143

Solfangarar, bergvamepumper og energibrønn

Tabell 6.7 Kostnadar for 10 kW solfangarar og energibrønn, og utrekning for brønnlengd.

<i>Kostnad solfangar 10 kW</i>	<i>Eining</i>	<i>Einingskostnad</i>	<i>Totalt</i>
<i>Solfangar</i>	10	2472	24719
<i>Varmelager</i>	250	16	3899
<i>Sirkuleringspumpa</i>	1	5805	5805
<i>Systemkontroll</i>	1	2460	2460
<i>Røyr</i>	1	1000	1000
<i>Arbeid</i>	9	400	3600
<i>Sum</i>		4148	41483
<i>Kostnad energibrønn</i>	<i>Eining</i>	<i>Einingskostnad</i>	<i>Totalt</i>
<i>118 meter brønn ink. U-røyr</i>	118	250	29500
<i>20 meter boring for å nå vasspegel</i>	20	250	5000
<i>5 meter stålrøyr for oppkobling til varmepumpeanlegg</i>	5	750	3750
<i>Sum energibrønn</i>		2250	38250
<i>Brønnlengde</i>	<i>Benevning</i>		
<i>Effektuttak</i>	30	W/m	
<i>Varmepumpe</i>	17	kW	
<i>COP</i>	4.8		
<i>Brønnlengde</i>	118	m	
<i>Borelengde</i>	138	m	

PRODUKSJONAR FOR DEI FORSKJELLIGE TEKNOLOGIANE

Vindkraft

Tabell 6.8 Produksjon etter middelvind for 6 kW vindturbin.

6 kW		
<i>Middelvind</i> (m/s)	Årleg Produksjon (kWh)	Dagleg Produksjon (kWh)
3	3400	9.32
3.1	3530	9.67
3.2	3660	10.03
3.3	3790	10.38
3.4	3920	10.74
3.5	4050	11.10
3.6	4180	11.45
3.7	4310	11.81
3.8	4440	12.16
3.9	4570	12.52
4	4700	12.88
4.1	4830	13.23
4.2	4960	13.59
4.3	5090	13.95
4.4	5220	14.30
4.5	5350	14.66
4.6	5480	15.01
4.7	5610	15.37
4.8	5740	15.73
4.9	5870	16.08
5	6000	16.44
5.1	6650	18.22
5.2	7300	20.00

5.3	7950	21.78
5.4	8600	23.56
5.5	9250	25.34
5.6	9900	27.12
5.7	10550	28.90
5.8	11200	30.68
5.9	11850	32.47
6	12500	34.25
6.1	12950	35.48
6.2	13400	36.71
6.3	13850	37.95
6.4	14300	39.18
6.5	14750	40.41
6.6	15200	41.64
6.7	15650	42.88
6.8	16100	44.11
6.9	16550	45.34
7	17000	46.58
7.1	17550	48.08
7.2	18100	49.59
7.3	18650	51.10
7.4	19200	52.60
7.5	19750	54.11
7.6	20300	55.62
7.7	20850	57.12
7.8	21400	58.63
7.9	21950	60.14
8	22500	61.64

Tabell 6.9 Produksjon etter middelvind for 15 kW vindturbin.

15 kW		
<i>Middelvind</i> (m/s)	Årleg Produksjon (kWh)	Dagleg Produksjon (kWh)
3	10000	27.40
3.1	10600	29.04
3.2	11200	30.68
3.3	11800	32.33
3.4	12400	33.97
3.5	13000	35.62
3.6	13600	37.26
3.7	14200	38.90
3.8	14800	40.55
3.9	15400	42.19
4	16000	43.84
4.1	17300	47.40
4.2	18600	50.96
4.3	19900	54.52
4.4	21200	58.08
4.5	22500	61.64
4.6	23800	65.21
4.7	25100	68.77
4.8	26400	72.33
4.9	27700	75.89
5	29000	79.45
5.1	30100	82.47
5.2	31200	85.48
5.3	32300	88.49
5.4	33400	91.51
5.5	34500	94.52

5.6	35600	97.53
5.7	36700	100.55
5.8	37800	103.56
5.9	38900	106.58
6	40000	109.59
6.1	40900	112.05
6.2	41800	114.52
6.3	42700	116.99
6.4	43600	119.45
6.5	44500	121.92
6.6	45400	124.38
6.7	46300	126.85
6.8	47200	129.32
6.9	48100	131.78
7	49000	134.25
7.1	50050	137.12
7.2	51100	140.00
7.3	52150	142.88
7.4	53200	145.75
7.5	54250	148.63
7.6	55300	151.51
7.7	56350	154.38
7.8	57400	157.26
7.9	58450	160.14
8	59500	163.01

Tabell 6.10 Produksjon etter middelvind for 45 kW vindturbin.

45 kW		
<i>Middelvind</i> (m/s)	Årleg Produksjon (kWh)	Dagleg Produksjon (kWh)
3	12500	34.25
3.1	15250	41.78
3.2	18000	49.32
3.3	20750	56.85
3.4	23500	64.38
3.5	26250	71.92
3.6	29000	79.45
3.7	31750	86.99
3.8	34500	94.52
3.9	37250	102.05
4	40000	109.59
4.1	43000	117.81
4.2	46000	126.03
4.3	49000	134.25
4.4	52000	142.47
4.5	55000	150.68
4.6	58000	158.90
4.7	61000	167.12
4.8	64000	175.34
4.9	67000	183.56
5	70000	191.78
5.1	73500	201.37
5.2	77000	210.96
5.3	80500	220.55
5.4	84000	230.14
5.5	87500	239.73

5.6	91000	249.32
5.7	94500	258.90
5.8	98000	268.49
5.9	101500	278.08
6	105000	287.67
6.1	108750	297.95
6.2	112500	308.22
6.3	116250	318.49
6.4	120000	328.77
6.5	123750	339.04
6.6	127500	349.32
6.7	131250	359.59
6.8	135000	369.86
6.9	138750	380.14
7	142500	390.41
7.1	145750	399.32
7.2	149000	408.22
7.3	152250	417.12
7.4	155500	426.03
7.5	158750	434.93
7.6	162000	443.84
7.7	165250	452.74
7.8	168500	461.64
7.9	171750	470.55
8	175000	479.45

Tabell 6.11 Produksjon for vindkraft.

*Dagleg
middelvind
over 3,4 m/s i*

<i>2014</i>	<i>6 kW</i>	<i>15 kW</i>	<i>45 kW</i>
<i>4.20</i>	13.59	50.96	126.03
<i>3.80</i>	12.16	40.55	94.52
<i>4.00</i>	12.88	43.84	109.59
<i>3.60</i>	11.45	37.26	79.45
<i>5.30</i>	21.78	88.49	220.55
<i>4.60</i>	15.01	65.21	158.90
<i>4.80</i>	15.73	72.33	175.34
<i>3.80</i>	12.16	40.55	94.52
<i>3.90</i>	12.52	42.19	102.05
<i>3.70</i>	11.81	38.90	86.99
<i>3.60</i>	11.45	37.26	79.45
<i>5.80</i>	30.68	103.56	268.49
<i>3.50</i>	11.10	35.62	71.92
<i>3.90</i>	12.52	42.19	102.05
<i>5.40</i>	23.56	91.51	230.14
<i>4.10</i>	13.23	47.40	117.81
<i>4.10</i>	13.23	47.40	117.81
<i>4.40</i>	14.30	58.08	142.47
<i>3.70</i>	11.81	38.90	86.99
<i>4.30</i>	13.95	54.52	134.25
<i>4.00</i>	12.88	43.84	109.59
<i>3.50</i>	11.10	35.62	71.92
<i>4.60</i>	15.01	65.21	158.90
<i>5.00</i>	16.44	79.45	191.78
<i>4.20</i>	13.59	50.96	126.03

5.20	20.00	85.48	210.96
5.10	18.22	82.47	201.37
4.50	14.66	61.64	150.68
4.80	15.73	72.33	175.34
4.10	13.23	47.40	117.81
4.70	15.37	68.77	167.12
4.20	13.59	50.96	126.03
5.30	21.78	88.49	220.55
4.30	13.95	54.52	134.25
4.00	12.88	43.84	109.59
4.70	15.37	68.77	167.12
5.70	28.90	100.55	258.90
4.40	14.30	58.08	142.47
4.30	13.95	54.52	134.25
4.20	13.59	50.96	126.03
5.90	32.47	106.58	278.08
5.80	30.68	103.56	268.49
7.50	54.11	145.75	434.93
3.80	12.16	40.55	94.52
4.50	14.66	61.64	150.68
5.50	25.34	94.52	239.73
6.10	35.48	112.05	297.95
3.70	11.81	38.90	86.99
6.20	36.71	114.52	308.22
3.90	12.52	42.19	102.05
3.90	12.52	42.19	102.05
3.60	11.45	37.26	79.45
5.10	18.22	82.47	201.37
3.50	11.10	35.62	71.92
4.00	12.88	43.84	109.59

3.70	11.81	38.90	86.99
4.10	13.23	47.40	117.81
3.50	11.10	35.62	71.92
3.60	11.45	37.26	79.45
3.50	11.10	35.62	71.92
4.60	15.01	65.21	158.90
3.80	12.16	40.55	94.52
3.50	11.10	35.62	71.92
4.40	14.30	58.08	142.47
4.60	15.01	65.21	158.90
3.60	11.45	37.26	79.45
3.60	11.45	37.26	79.45
3.50	11.10	35.62	71.92
4.50	14.66	61.64	150.68
4.60	15.01	65.21	158.90
3.90	12.52	42.19	102.05
4.00	12.88	43.84	109.59
4.00	12.88	43.84	109.59
4.20	13.59	50.96	126.03
3.60	11.45	37.26	79.45
3.60	11.45	37.26	79.45
3.70	11.81	38.90	86.99
4.40	14.30	58.08	142.47
4.20	13.59	50.96	126.03
4.00	12.88	43.84	109.59
3.60	11.45	37.26	79.45
4.60	15.01	65.21	158.90
4.90	16.08	75.89	183.56
3.90	12.52	42.19	102.05
4.50	14.66	61.64	150.68

<i>5.00</i>	16.44	79.45	191.78
<i>4.30</i>	13.95	54.52	134.25
<i>4.90</i>	16.08	75.89	183.56
<i>4.90</i>	16.08	75.89	183.56
<i>Sum</i>	1391	5154	12560

Solceller

Tabell 6.12 Månadleg produksjon for solceller del 1.

Månadleg produksjon	Januar	Februar	Mars	April	Mai	Juni	Juli
Gjennomsnittleg solinstrålingsenergi	9.4	25.4	65.7	108.1	151.6	159.5	152.3
Månadleg produksjon 30 kW	270	730	1888	3106	4356	4583	4376
Månadleg produksjon 65 kW	585	1581	4091	6730	9439	9931	9482
Solnytte/leseratio	0.145						
Energibehov	5317	4896	5070	4618	5654	6503	6625
El. pris	1.258	1.178	1.039	0.784	0.799	0.739	0.675
Spottpriis	0.280	0.238	0.228	0.271	0.246	0.225	0.156
30 kW							
Differanse	5047	4166	3182	1512	1297	1920	2249
Netto	270	730	1888	3106	4356	4583	4376
Overproduksjon	0	0	0	0	0	0	0
65 kW							
Differanse	4732	3314	979	-2112	-3785	-3427	-2857
Netto	585	1581	4091	4618	5654	6503	6625
Overproduksjon	0	0	0	2112	3785	3427	2857
Alternativ 1: 30 kW							
Sal av straum	0	0	0	0	0	0	0
Redusert straumreking	340	860	1961	2435	3479	3387	2933
Sum inntekter							
Alternativ 2: 65 kW							
Sal av straum	0	0	0	573	931	770	445
Redusert straumreking	736	1863	4249	3621	4515	4805	4470
Sum inntekter							

Tabell 6.13 Månadleg produksjon for solceller del 2.

August	September	Oktober	November	Desember	Sum
116.2	74	34.2	11.3	5.8	914
3339	2126	983	325	167	26250
7235	4607	2129	704	361	56875
6303	4888	4636	4946	5399	64854
0.701	0.762	0.800	1.102	1.129	
0.157	0.194	0.219	0.253	0.279	
2964	2761	3653	4621	5232	38604
3339	2126	983	325	167	26250
0	0	0	0	0	
-932	280	2506	4243	5038	
6303	4607	2129	704	361	43762
932	0	0	0	0	13113
0	0	0	0	0	0
2339	1621	786	358	188	20707
					20707
147	0	0	0	0	2866
4416	3512	1703	775	408	35074
					37940

Solfangarar

Tabell 6.14 Månadleg produksjon for solfangarar.

	<i>Produksjon 56 kW montert på tak</i>	<i>Produksjon 50 kW montert på vegg</i>	<i>Produksjon 15 kW</i>
<i>Januar</i>	0	0	0
<i>Februar</i>	0	0	0
<i>Mars</i>	1269	1074	401
<i>April</i>	2145	2051	678
<i>Mai</i>	2752	2836	870
<i>Juni</i>	3154	3361	997
<i>Juli</i>	3074	3222	972
<i>August</i>	2622	2581	702
<i>September</i>	1554	1373	416
<i>Oktober</i>	0	0	0
<i>November</i>	0	0	0
<i>Desember</i>	0	0	0
<i>Sum</i>	16570	16498	5036

Solfangarar, bergvarmepumper, og energibrønn

Tabell 6.15 Produksjon for solfangarar, bergvarmepumper, og energibrønn del 1.

	10 kW montert på tak	Varmebehov	Varmebehov med solfangar	
Januar	0	3728	3728	
Februar	0	3035	3035	
Mars	213	1747	1534	213
April	406	437	31	406
Mai	562	426	-136	426
Juni	666	412	-254	412
Juli	638	426	-212	426
August	511	426	-85	426
September	272	418	146	272
Oktober	0	505	505	
November	0	1749	1749	
Desember	0	3064	3064	
Sum	3268	16372		2580
				15.76 %
	Kjøle- og varmebehov	COP på 4,0	COP på 4,8	Differanse levetid 15 år
Januar	3728	932	777	155
Februar	3035	759	632	126
Mars	1747	437	364	73
April	438	109	91	18
Mai	4083	1021	851	170
Juni	6489	1622	1352	270
Juli	6480	1620	1350	270
August	5689	1422	1185	237
September	523	131	109	22
Oktober	507	127	106	21
November	1749	437	364	73
Desember	3064	766	638	128
Sum	37531	9383	7819	1564

Tabell 6.16 Produksjon for solfangarar, bergvarmepumper, og energibrønn del 2.

Varmebehov ved COP på 4.8	Varmebehov ved COP 4.8	El. pris	Driftskostnad utan solfangar	Driftskostnad med solfangar
777	777	1.26	977	977
632	632	1.18	745	745
320	364	1.04	378	332
7	91	0.78	71	5
0	89	0.80	71	0
0	86	0.74	63	0
0	89	0.67	60	0
0	89	0.70	62	0
30	87	0.76	66	23
105	105	0.80	84	84
364	364	1.10	402	402
638	638	1.13	721	721
2873	3411		3701	3289
Redusert straumrekning levetid 15 år	Differanse 5 år	Redusert straumrekning 5 år	Alternativkostnad for varme	0.22
195	2951	3714		
149	2403	2830		
76	1383	1437		
14	347	272		
136	3232	2582		
200	5137	3796		
182	5130	3461	Årlege innbetalingar	
166	4504	3155	Redusert straumrekning	7912.82
17	414	316	10 kW Solfangar	979.28
17	401	321	Sum	8892.10
80	1384	1526		
144	2426	2739		
1376	29712	26147		

LCOE-, NETTO NOVERDI-, OG INTERNRENTEUTREKNINGAR

Vindkraft

Tabell 6.17 Lønnsemnds analysar for vindkraft med levetid på 20 år.

Diskonteringsrente	5.00 %							
Annuitetsfaktor	8.02 %							
Levetid	20 år							
	Alt. 1: 45 kW i Rygge							
År	0	1	2	3	4	5		
Kontantstrøm	-1196375	47459	47459	47459	47459	47459		47459
Netto noverdi	kr -576 122							
Internrente	-2.11 %							
	Alt. 2: 45 kW i Oslo (Blindern)							
År	0	1	2	3	4	5		
Kontantstrøm	-1196375	-4818	-4818	-4818	-4818	-4818		-4818
Netto noverdi	kr -1 196 589							
Internrente	-							
	Alt. 3: 15 kW i Oslo (Blindern)							
År	0	1	2	3	4	5		
Kontantstrøm	-805125	-736	-736	-736	-736	-736		-736
Netto noverdi	kr -775 517							
Internrente	-							
	Alt. 4: 6 kW i Oslo (Blindern)							
År	0	1	2	3	4	5		
Kontantstrøm	-503375	-898	-898 246	-898 246	-898 246	-898 246		-898 246
Netto noverdi	kr -490 066							
Internrente	-							
	LCOE	Alt. 1	Alt. 2					
		1.28						
	Alt. 3	Alt. 4						
		14.29						
			32.22					
	Årlig kapitalkostnad	Alt. 1	Alt. 2					
		96000						
	Alt. 3	Alt. 4						
		64605	40392					

Solceller

Tabell 6.18 Lønnssemdsanalyser for solceller med levetid på 25 år.

Diskonteringsrente	5.0 %						
Annuitetsfaktor	7.10 %						
Levetid	25 år						
Alt. 1: 30 kW solceller							
År	0	1	2	3	4	5	
Kontantstrøm	-741000	5887	5887	5887	5887	5887	5887
Netto novardi	kr -626 691						
Interrente	-9.86 %						
Alt. 2: 65 kW solceller							
År	0	1	2	3	4	5	
Kontantstrøm	-1364000	10660	10660	10660	10660	10660	10660
Netto novardi	kr -1 155 959						
Interrente	-9.95 %						
	Alt. 1	Alt. 2					
LCOE	2.02	1.71					
Årlig kapitalkostnad	52576	96779					

Solfangarar

Tabell 6.19 Lønnssemdsanalysar for solfangarar med levetid på 25 år.

Diskonteringsrente	5.00 %							
Annuitetsfaktor	7.10 %							
Levetid	25 år							
56 kW montert på vegg								
År	0	1	2	3	4	5		
Kontantstraum	-231425	3602	3601.86	3601.86	3601.86	3601.86		
Netto novardi	kr -177 233							
Internrente	-6.24 %							
50 kW montert på tak								
År	0	1	2	3	4	5		
Kontantstraum	-215280	3602	3601.859339	3601.859339	3601.859339	3601.859339		
Netto novardi	kr -162 158							
Internrente	-5.82 %							
15 kW montert på vegg								
År	0	1	2	3	4	5		
Kontantstraum	-57143	1108	1107.92446	1107.92446	1107.92446	1107.92446		
Netto novardi	kr -41 404							
Internrente	-4.94 %							
56 kW montert på vegg 50 kW montert på tak 15 kW montert på vegg								
LCOE	0.99	0.93	0.81					
Årleg kapitalkostnad	16420	15275	4054					

Solfangarar, bergvarmepumper, og energibrønn

Tabell 6.20 Lønnsemdsanalysar for solfangarar, bergvarmepumper, og energibrønn med levetid på 25 år.

Diskonteringsrente	5.00%							
Annuitetsfaktor	8.02%							
Levetid	20 år							
Alt. 1: 10 kW Solvarme, varmepumper, og energibrønn								
År	Investeringskostnad	Årleg kontantstraum	2	3	4	5		
Kontantstraum	-79733	8892	8892.10	8892.10	8892.10	8892.10		
Netto noverdi	kr 29 602							
Interrente	9.25%							
Alt. 2: Varmepumper og energibrønn								
År	Investeringskostnad	Årleg kontantstraum	2	3	4	5		
Kontantstraum	-38250	7913	7912.82	7912.82	7912.82	7912.82		
Netto noverdi	kr 57 487							
Interrente	20.16%							
	Alt. 1	Alt. 2						
LCOE	0.52	0.34						
Årleg kapitalkostnad	6398	3069						



Noregs miljø- og
biovitenskaplege
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no