

Norges miljø- og biovitenskapelige
universitet
Fakultet for miljøvitenskap og teknologi
Institutt for naturforvaltning

Masteroppgave 2014
30 stp

Kostnadsevaluering av photovoltaiske-solceller integrert i fasade på Norske næringsbygg

Cost Evaluation of Integrated
Photovoltaic-Solar Cells in Facade of Norwegian
Commercial Buildings

Magnus Østbye

Forord

Denne oppgaven er skrevet ved institutt for Naturforvaltning ved Norges Miljø og Biovitenskapelige Universitetet. Det er avsluttende arbeidet for min toårige mastergrad i Fornybar Energi, og tilsvarer 30 studiepoeng.

Jeg vil rette en stor takk til veileder Thomas Martinsen, for inspirasjon og god veiledning gjennom hovedoppgaven. Det har vært til stor hjelp! Ellers vil jeg også gi en stor takk til familie og venner som har støttet og oppmuntret meg i innspurten av studietiden.

Ås, Mai 2014

Magnus Østbye

Sammendrag

Tema for oppgaven er kostnadsevaluering av bygningsintegreerte photovoltaiske-solceller i fasade på nye næringsbygg. Formålet er å utfordre resultatene fra rapporten; Kostnadsstudie, Solkraft i Norge 2013 utgitt av Enova (Multiconsult 2013), gjennom et case studie.

Remmen Kompetansesenter i Halden er brukt for case studiet, hvor antakelser og vinklinger er gjort, slik at bygget bedre skal kunne generaliseres mot næringsbygg segmentet.

Det er innhentet meteorologiske data for estimering av elektrisitetsproduksjon, fra Norges miljø og biovitenskapelige Universitet (Thue-Hansen V & A.A. 2013). Det er etablert kostnads- og lønnsomhetsberegninger for caset, gjennom netto nåverdimetode og Levelized Cost Of Energy (LCOE). En følsomhetsanalyse for LCOE, er gjennomført for å avdekke påvirkning av utvalgte forutsetninger.

Det ble for caset estimert en årlig energiproduksjon på over 13.600 kWh, fra et anlegg på 16,4 kWp. Ved å se fasade som alternativkost ved arealene benyttet til solcelleanlegget, oppnådde caset en LCOE på 1,15 NOK/kWh. For nettonåverdi-beregningene ble det et negativt resultat på 198 536 NOK, over en levetid på 25 år.

Konklusjonen for oppgaven er at case studie oppnår en betraktelig lavere LCOE en Enova. Hvor det hovedsakelig er alternativkostnad for fasade som er utslagsgivende, men også andre parametere som systemtap og komponentkostnader, har stor påvirkning for redusert LCOE.

Abstract

The theme for this thesis is cost evaluation of building integrated photovoltaic-solar cells, in facade of new commercial buildings. The purpose is to challenge the results of the report; Kostnadsstudie, Solkraft I Norge 2013, published by Enova (Multiconsult 2013), through a case study .

Remmen Kompetansesenter in Halden is used for the case study, where assumptions and conclusions made for better be able to be generalized to the commercial building segment.

Meteorological data for estimating electricity production, is collected from the Norwegian Environmental and Life Sciences University (Thue-Hansen V & A.A. 2013). Net present value method and Levelized Cost Of Energy (LCOE) is established for cost and profitability calculations for the case study. A sensitivity analysis of LCOE is conducted to reveal the influence of selected predicted reductions.

It was for the case study estimated an annual energy production of over 13,600 kWh, from a plant of 16.4 kWp. By setting facade as an optional cost for areas used for solar plant, the case study resulted LCOE of 1.15 NOK/ kWh. The net present value calculations, resulted in a negative value of 198 536 NOK, over a lifetime of 25 years.

The conclusion of the thesis is the case study achieves a significantly lower LCOE than Enova. Where the opportunity cost of facade has highest significance, but also other parameters such as system losses and component costs, have great influence for reduced LCOE.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Sammendrag	III
Abstract	V
Innholdsfortegnelse	VII
Figur og tabell liste	IX
Forkortelser	XI
1. Innledning	1
1.1. Bakgrunn.....	3
2. Metode og teori	8
2.1. Netto nåverdi-metode	8
2.2. LCOE.....	8
2.3. Følsomhetsanalyse.....	9
2.4. Vektet energipris	9
2.5. Formålsfordelt energibruk	9
2.6. Sol innstråling i Norge	10
2.7. Prisutvikling PV solceller	12
2.8. Energimerking og klassifisering	13
2.9. Fremtidige el-priser	15
3. CASE	16
3.1. Fakta om bygget	16
3.2. Energisystem	16
3.3. Lokasjon	18
3.4. Fasade	19
3.5. Fasadekostnader	19
3.6. Fasade for PV-solceller	20
3.7. Monterings vinkler	22
3.8. Fakta om valgt solcelleteknologi	23
3.9. Anleggskostnader	24
3.10. Fordeling av solcellemoduler	26
4. Resultater	27
4.1. Kostnader solcelleanlegg	27
4.2. Formålsfordelt forbruk – Remmen Kompetansesenter	28
4.3. Estimert årlig energiproduksjon	28

4.4. Forbruk og Energiproduksjon BIPV	30
4.5. Døgnvariasjoner i el-pris	31
4.6. Netto nåverdiberegning	32
4.7. LCOE.....	33
4.8. Påvirkning av Energimerking	34
5. Diskusjon.....	35
5.1. Levetid.....	36
5.2. Systempris.....	36
5.3. Drift og vedlikeholdskostnader.....	38
5.4. Global solinnstråling.....	39
5.5. Andre elementer relevante for resultater	41
6. Konklusjon	46
7. Referanser.....	47
VEDLEGG:	50
Vedlegg 01 - Energimerke Remmen Kompetansesenter.....	50
Vedlegg 02 - Energimerke Remmen Kompetansesenter – Med fjernvarme	54
Vedlegg 03 - Energimerke Remmen Kompetansesenter - Fjernvarme og BIPV	58
Vedlegg 04 – NPV og LCOE.....	62
Vedlegg 05 – Følsomhetsanalyse LCOE	64
Vedlegg 06 – Vektete el-priser den 3. Juni 2013 og 2030	66
Vedlegg 07 - PvSyst.....	67
Vedlegg 08 - Forbruksmålinger Remmen Kompetansesenter.....	68
Vedlegg 09 - Makseffekt Remmen Kompetansesenter Nov. 2013	72
Vedlegg 10 - Timesforbruk Remmen Kompetansesenter Nov. 2013.....	73

Figur og tabell liste

Figur 1 - Viser utvikling av PV-solceller installert fra år 2000 – 2012 (Gaetan Masson et al. 2013)	4
Figur 2 – Bilde til venstre viser BIPV fra Nanometer Technology (Nanometer-Technology), bilde øverst til høyre er solceller integrert i glassfasade (Kwan 2013) og bilde nederst til høyre er av et solcelleanlegg integrert i tak (Solar)..	5
Figur 3 - Prinsippfigur som viser systemgrense for levert energi	6
Figur 4 - Formel NPV (Multiconsult 2013)	8
Figur 5 - Formel for LCOE tilpasset PV (Darling et al. 2011)	9
Figur 6 – Månedsfordelt solinnstråling for Oslo 2012 fra forskjellige kilder (Multiconsult 2013).	11
Figur 7 – Snitt av målt solinnstråling ved Ås 2008 -2013, fordelt på måneder (Thue-Hansen V & A.A. 2013).	11
Figur 8 - Prisutvikling av krystallinske PV-moduler 2010 – 2013 (pvXchange 2013)..	12
Figur 9 - Konseptbilde av Remmen Kompetansesenter fra ASH arkitekt AS	16
Figur 10 - Energisystem Remmen Kompetansesenter med fjernvarme og PV-solceller	17
Figur 11 - Bilder fra Google-maps som viser lokasjon av Remmen Kompetansesenter	18
Figur 12 - Bilde av sør og østvendt fasade Remmen Kompetansesenter(Joelson 2013).	18
Figur 13 - Oversikt over fasadekostnader (Thorud 2013).....	19
Figur 14 - Sør-fasade med markerte områder for potensielt solcelleareal.....	20
Figur 15 - Utsnitt som viser høyde og vinkling på syd-vegg	21
Figur 16 - Illustrasjon av vinkling på solcellemodul.....	22
Figur 17 - Illustrasjon for Azimuth vinkling (himmelretning) av solcellemodul.	22
Figur 18 - Bilde av solceller i tak med Rolrif monteringsystemer (Schweizer 2013a)	24
Figur 19 - Detaljbilde av Solrif overgang mellom solcelle-moduler (Schweizer 2013b)	24
Figur 20 - Illustrasjon for plassering av moduler på 1 av 3 områder i sør-fasade. ...	26
Figur 21 - Illustrasjon av plassering av moduler på vegg på tak.....	26
Figur 22 - Graf som viser snitt -forbruket for Remmen Kompetansesenter og den estimerte produksjonen for 3. Juni, som er dagen med gjennomsnittlig (2008-13) høyest solinnstråling (Thue-Hansen V & A.A. 2013).	31

Figur 23 – Grafisk framstilling av spotpris for 2013 og 2030, og estimert produksjonskurve	31
Figur 24 - Visuell fremstilling av følsomhetsanalyse for LCOE – Endringer er gjort ut fra base case og er: Levetid +/- 10år, Totalsystempris +/- 10%, Drift & Vedlikeholdskostnader +/- 50% for prosentvis andel og Global solinnstråling +/- 10% (Vedlegg 05)	35
Figur 25 - Sammenlikning av global solinnstråling fra forskjellige kilder, hvor ÅS er gjennomsnittlige målinger fra NMBU (2008-2013)	39
Figur 26 - Graf som illustrerer teoretisk forbruk for noen få el-spesifikke formål og produksjonskurve	45
Tabell 1 - Prosentvis oversikt for formålsfordelt energibruk i kontorbygg med TEK 10 (THEMA & COWI 2013), og utdrag av EL-spesifikt forbruk som brukes for videre beregninger i prosjektet.....	10
Tabell 2 - Nivå og forutsetninger for energikarakter (NVE 11.02.2010).....	14
Tabell 3 - Skala for oppvarmingskarakter i energiattesten (NVE 11.02.2010).....	15
Tabell 4 - Utdrag Vedlegg 01 Energimerking for Remmen Kompetansesenter.....	17
Tabell 5 - Teknisk informasjon om CS6P 250M PV-modul (CanadianSolar 2011)..	23
Tabell 6 - Oversikt over anleggskostnader og prosentvis fordeling av kostnadsposter (Multiconsult 2013).....	25
Tabell 7 - Oversikt over anleggskostnader og prosentvis fordeling på kostnadsposter for Remmen Kompetansesenter	27
Tabell 8 - Prosentvis oversikt for formålsfordelt energibruk i kontorbygg med TEK 10 (THEMA & COWI 2013), og utdrag av EL-spesifikt forbruk som brukes for videre beregninger i prosjektet.....	28
Tabell 9 - Estimert årlig energiproduksjon og tapsfaktorer.	29
Tabell 10 - Oversikt over målt snittforbruk (vedlegg 08), estimert el-spesifikt forbruk, snitt solinnstråling 3. Juni ved UMB 2008-2013 og beregnet el-produksjon fra solcelleanlegget	30
Tabell 11 - Oversikt over faktorer for økonomiske beregninger	32
Tabell 12 - Følsomhetsanalyse LCOE, med faktorer, endring og differanse fra base-case markert i rødt og grønt (økning og reduksjon) Vedlegg 05	34

Forkortelser

PV	Photovoltaisk/ Photovoltaic
PR	Preformance Ratio
NS	Norsk Standard
LID	Light Indused Degradation
MPP	Maximum Power Point
IAM	Incidence Angle Midifier
TEK	Byggteknisk forskrift
STC	Standard Test Conditions
NPV	Net Present Value / Netto nåverdi
kWp	kilo Watt peak
kWh	kilo Watt hour
MWh	Mega Watt hour
BIPV	Building Integrated Photovoltaic
BAPV	Building Adapted Photovoltaic
NOCT	Nominal Operating Cell Temperature
LCOE	Levelized Cost Of Energy

1. Innledning

Globalt har energi blitt produsert og forbrukt på en lite bærekraftig måte. Klimaendringer har i større grad fått oppmerksomhet, men i mindre grad ført til endringer i klimagassutslipp. Med utgangspunkt i denne problematikken utga IEA allerede i 2006 første utgave av *Energy Technology Perspectives*. Siste utgave ble utgitt i 2012; *Energy Technology Perspectives 2012* (IEA 2012; Schweizer 2013a), som hadde fokus på hvordan forhindre global temperaturøkning på 2 grader og forbedre energisikkerhet. Målet med rapportene er å identifisere og gi veiledning for scenarier med renere, smartere og bedre forsyningsikkerhet for energi.

Nasjonale miljø og energi mål, er gjennom blant annet fornybar-direktivet og 20-20-20 målsetningen, vedtatt med bakgrunn i samme problematikk. EUs 20-20-20 målsetning omfatter 20 % klimagassutslipp, 20 % økning av fornybar energi og 20 % reduksjon av energiforbruket (Fredrik Sejersted 2012). Dette er viktige politiske og nasjonale beslutninger som må ligge til grunn for innføring av nye og umodne energiteknologier på et umodent marked.

Internasjonale direktiver og bestemmelser om lavere utslipp og miljøpåvirkning, sammen med stramme byggekrav og ny TEK under planlegging, etterstrebes det å redusere energiforbruket i bygg. Nybygg og rehabiliteringer med sikte mot null-, eller pluss standard, er kostbart og tidkrevende. Et steg på veien er å øke energiproduksjonen lokalt i boligmassen ved å utnytte omgivelsesenergi.

Av omgivelsesenergiene har solenergien en vesentlig rolle, det er også den største energikilden vi har her på jorden. Bygningsintegreerte Photovoltaiske (BIPV) solceller er et alternativ for å utnytte solstrålene for å produsere elektrisitet. Solcellemodulen integreres i byggets fasade eller tak og erstatter bygg-tekniske funksjoner, det er på flere måter et kraftig verktøy for å nå miljømessige, økonomiske, tekniske og estetiske mål.

Gjennom et økt fokus mot miljø og energieffektivitet de siste årene har det oppstått mange miljøbevisste bedrifter som setter krav til lokalene de benytter. Dette er med på at næringsbygg segmentet har ekstra drivere mot lavenergibygg og integrering av innovative teknologier. Med bakgrunn i

dette er næringsbygg et godt utgangspunkt for å grave dypere i potensialet for PV solceller.

Flere som har sett på kostnadene ved solenergi i Norge. Blant annet utga Enova i slutten av 2013 en rapport om kostnaden ved PV-solenergi i Norge (Multiconsult 2013). Denne tok for seg flere byer, blant annet Oslo og estimerte Levelized Cost of Energy – LCOE. Det ble konkludert med at solenergi for det norske markedet har behov for kraftig kostnadsreduksjon, og at dagens marked er avhengig av støtteordninger for å fremstå lønnsomt gjennom satt levetid.

Dette har ledet inn mot oppgavens problemstilling:

For et utvalgt case studie på Østlandet, vil det gjennom en teknisk og økonomisk vurdering for integrering av PV-solceller på nye næringsbygg, oppnås samme resultat som Enova rapporten; Kostnadsstudie, Solkraft i Norge 2013?

Følgene delproblemstillinger har blitt satt opp for å bidra til et godt og helhetlig resultat. Oppgaven som en helhet vil besvare disse spørsmålene.

- *Av observerte faktorer, hvilke påvirker kostnadene for BIPV?*
- *Hvordan vil BIPV påvirke energimerkingen av næringsbyggbygg?*
- *Hvordan vil lønnsomheten ved BIPV-solcelleanlegg for Norske næringsbygg være?*

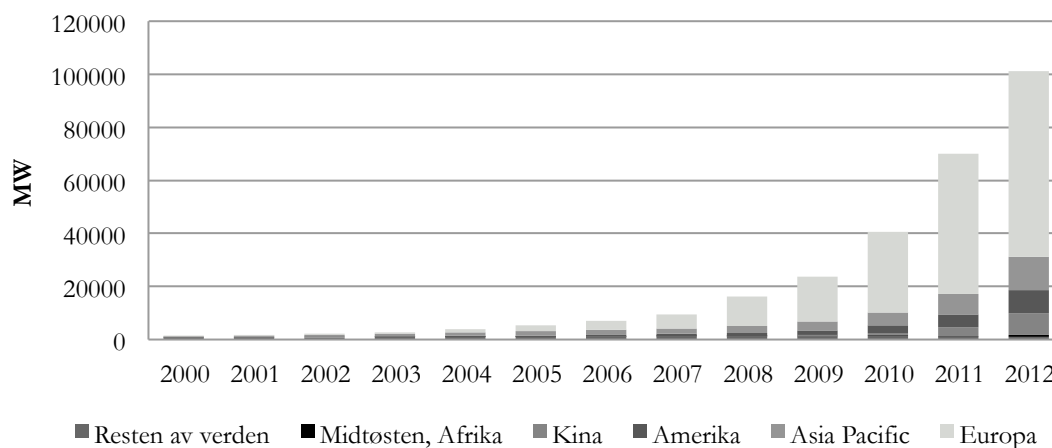
1.1. Bakgrunn

Enova rapporten om kostnadsstudie for solenergi i Norge 2013, har vurdert kostnadene knyttet til produksjon av elektrisitet gjennom solcelleteknologi. Simuleringer for 5 forskjellige byer i Norge, med skille på enebolig (7 kWp), næringsbygg (100 kWp) og bakkemonterte (>1MWp) anlegg, ble vurdert. Rapporten er gjennomført av Multiconsult, og er ment for å gi et bedre grunnlag for evaluering av enkeltsøknad om støtte med fokus på bidrag til kostnadsreduksjon gjennom innovasjon og teknologi. (Multiconsult 2013)

Oppdatert kostnadsdata viste i studien til en systempris på 12 NOK/kWp, 18 NOK/kWp og 26 NOK/kWp, for henholdsvis bakkemonterte anlegg, næringsbygg og eneboliger. Gjennomsnittlig energikostnad for de ulike byene ble simulert i PVsyst, der bakkemonterte anlegg kom best ut med 1,51 NOK/kWh. Næringsbygg fikk en gjennomsnittlig energikostnad på 2,2 NOK/kWh, og for enebolig en kostnad på 2,6 NOK/kWh. (Multiconsult 2013)

I tillegg til rapporten fra Enova har bakgrunnen for dette prosjektet har vært den kraftige utviklingen i Europa innen utnyttelse av solenergi. Flere nasjoner har hatt sterke insentiver og støtteordninger for innføring av solenergi. I de siste årene har kostnadsreduksjon økt konkurransedyktigheten for PV, ikke bare på nisjemarkeder off-grid som hytter og annen fritidsbruk, men også mot andre fornybare el-produksjons teknologier. I land med gode solinnstrålingsforhold og høye strømpriser er PV systemer konkurransedyktig for privat bruk (Federica Cucchiella et al. 2013). Sammen med statlige insentiver har dette ført til at andelen PV solceller installert har økt betraktelig. Som figuren under viser har det vært en kraftig vekst, spesielt i Europa.

Cumulativ utvikling av installert PV kapasitet 2000-2012



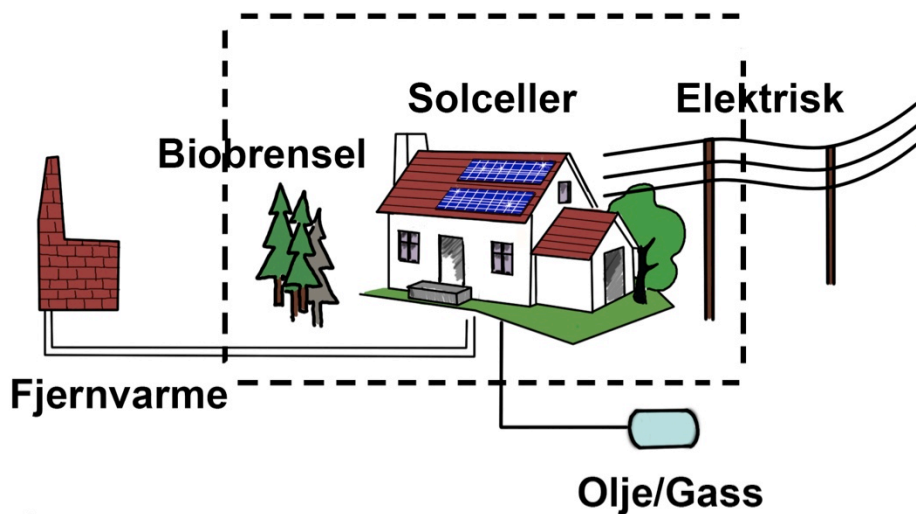
Figur 1 - Viser utvikling av PV-solceller installert fra år 2000 – 2012 (Gaetan Masson et al. 2013)

Teknologiutvikling og en kostnadsreduksjon er i dag med på å sette solenergi i en bedre posisjon for det norske markedet. Spørsmålet er om det er tilstrekkelig. Norge har hatt relativt lav utbygging de siste årene og det er et ønske å se på hvordan dagens teknologi og kostnader for BIPV solceller vil kunne være et bidrag for næringsbygg på det norske markedet. I figur 2 er det tre eksempler på hvordan BIPV kan være integrert i bygg.



Figur 2 – Bilde til venstre viser BIPV fra Nanometer Technology (Nanometer-Technology), bilde øverst til høyre er solceller integrert i glassfasade (Kwan 2013) og bilde nederst til høyre er av et solcelleanlegg integrert i tak (Solar)

Foreløpig forslag til ny TEK er at det skal baseres mer på levert energi for energimerking (F. Smits 2013). Dette betyr at en lokal energiproduksjon innenfor systemets energisystem, vil settes på lik linje med andre energieffektiviserende tiltak. Når det gjelder tiltak for reduksjon av levert energi, er isolering et ofte brukt tiltak. I tillegg til dette kan en trekke inn null-energibygg, hvor et av kravene for merking er at bygget skal innenfor systemgrensene produsere like mye eller mer energi, enn det er behov for. Systemgrense for levert energi er illustrert i figur 3 under.



Figur 3 - Prinsippfigur som viser systemgrense for levert energi

Alt dette sett samlet gir et potensiale for PV solceller på det norske markedet. PV-solceller kan være med på å optimalisere energisystemene for enkeltbygg, bidra til å nå energirammer gitt i byggetekniske forskrifter og skape merverdi gjennom energibesparelse og renommé.

Eksisterende bygg med PV-solceller

Det finnes i dag flere større PV solcelleanlegg montert på bygg i Norge. Her er et lite utdrag med noen som har hatt god mediedekning det siste året:

Oceania kunst- og kulturhus Os

Kulturhuset i Hordaland har et solcelleanlegg på 463 m² med 63,4 kWp installert effekt. AsplanViak KanEnergi har stått for kravspesifikasjonene og GETEK AS er installatøren til anlegget hvor det er forventet at et årlig produksjonspotensialet på 42 MWh. Inntil 20 % av an byggets elektrisitets behov vil bli dekket av solcelleanlegget på dager med full produksjon. Anlegget er sammensatt av 363 moduler på henholdsvis 175 Wp, med en virkningsgrad på 13,7 % og levetid satt til 25 år. Strømproduksjonen skal i hovedsak dekke byggets interne elektrisitetsforbruk, men vil også kunne levere ut på nettet i perioder med overskuddsproduksjon (AsplanViak 2013).

Powerhous Kjørbo

Dette er Norges største solcelleanlegg som ble ferdigstilt i starten av 2014. Powerhouse er et samarbeid mellom Entra Eiendom, Skanska, Snøhetta, ZERO, Hydro og AsplanViak og har som målsetning å produsere pluss-hus i Norge. For anlegget som installeres på Kjørbo i Sandvika Akershus, er det planlagt 1556 m² PV solceller som skal ha over 200 MWh årlig elektrisitets produksjon. Det er benyttet topp moderne solcelleteknologi med virkningsgrad på hele 20,9 % som skal ha rundt 300 kWp, gjennom monokrystallinske solceller levert av Sunpower. Likt som for Oceana kunst- og kulturhus skal produksjonen i hovedsak gå til eget forbruk, men kan også levere ut på nett i perioder med høy produksjon og lavt forbruk (Drefvelin 2013; Powerhuose 2013).

Høgskolen i Hedmark – Evenstad

Solcelleanlegget på Evenstad stod ferdig i slutten av 2013 og har en garanti fra leverandør at anlegget skal produsere 57 MWh i året, men det forventes at det skal produseres opp mot 64,4 MWh. Solcellemodulene dekker 470 m² og blir montert på et sørvendt tak på et av skolens bygninger. Anlegget har en entreprisekostnad på 993 000 kr (Skår 2013b). Solcelleanlegget er bestilt og levert fra Tyskland og monteres av de norske installatørene Sønnico Elektro og FUSen. Produksjonen fra anlegget skal benyttes på området, hvor det er ladestasjoner for el-bil og stasjonær energilagring av el. Parametere og nøkkeltall for anlegget skal formidles til elever og ansatte ved skolen gjennom informasjonstavler. (Skår 2013a)

2. Metode og teori

2.1. Netto nåverdi-metode

For å estimere dagens verdi av en investering med fremtidige kontantstrømmer, bruker en netto nåverdi-metoden (NPV). Det settes en diskonteringsrate og en forventet økonomisk levetid for investeringen, hvor diskonteringsraten bestemmes av investorer og beskriver prosjektets forventning til utbytte og risiko. Ved å benytte netto nåverdi-metoden diskonteres fremtidige kontantstrømmer for et gitt antall år, ned til dagens verdi (Bøhren & Gjærum 1999).

Formel for netto nåverdi-metode er gitt som:

$$NPV = -I_0 + \sum_{n=1}^i \frac{C_n}{(1+r)^n}$$

Figur 4 - Formel NPV (Multiconsult 2013)

Beskrivelse av formel:

I_0 = Investeringskostnad år 0

n = År

r = Diskonteringsrate

C_n = Netto kontantstrøm

gjeldende år

i = Levetid i år

Dersom NPV viser til en positiv verdi er prosjektet lønnsomt etter de betingelser som er satt og prosjektet kan gjennomføres. Desto høyere NPV er, det bedre er lønnsomheten ved prosjekter. Ved et negativt resultat på NPV oppfyller ikke prosjektet de krav som er satt og bør ikke gjennomføres (Bøhren & Gjærum 1999).

2.2. LCOE

Levelized Cost Of Energy (LCOE) er en mye brukt metode for å beregne energikostnader gjennom levetiden for teknologi som produserer elektrisitet. Det er også en godt egnet for sammenlikning av ulike teknologier og komponenter så lenge en er konsistent ved innlegging av antakelser og faktorer (Darling et al. 2011).

Resultatet fra en LCOE er en kostnad – kr for hver levert energienhet – kWh gjennom levetiden til teknologien, og kan sees som en break-even verdi mot

energiprisen (Darling et al. 2011). LCOE fordeler altså totale kostnader, beregnet med diskontering fordelt på energiproduksjon. Her er det vist en versjon av LCOE formelen som er tilpasset PV-solceller i Figur 5:

$$LCOE = \frac{\text{Project cost} + \sum_{n=1}^N \frac{AO}{(1+DR)^n} - \frac{RV}{(1+DR)^N}}{\sum_{n=1}^N \frac{\text{Initial kWh} \times (1-SDR)^n}{(1+DR)^n}}$$

Forklaring til formel:

N = levetiden for systemet

DR = diskonteringsrenten

AO = årlige drift og vedlikeholdskostnader

RV = restverdien til systemet

SDR = årlig tapsfaktor

Figur 5 - Formel for LCOE tilpasset PV (Darling et al. 2011)

Ved å inkludere inflasjon eller holde inflasjon utenfor diskonteringsrenten, skiller en LCOE i henholdsvis nominell og reel. Hvis en ønsker å se på kostnadsnivåer og sammenlikning, vil en reel tilnærming være vel så nyttig, selv om den ikke vil gi like presise tall.

2.3. Følsomhetsanalyse

Hensikten med følsomhetsanalyse er å analysere variasjoner i forutsetningene for lønnsomhet. Først må det anslås en realistisk positiv og en negativ verdi til verdien som i utgangspunktet vil analyseres. En og en faktor analyseres, mens andre faktorene holdes konstant, og observere endringer ved resultatet (Multiconsult 2013).

2.4. Vektet energipris

Vektet energipris beskriver påvirkningen av variasjoner i spotpris og elektrisitetsproduksjon, hvor resultatet en vektet gjennomsnittlig enhetspris for energi over en tidsperiode. Likningen under beskriver beregning av vektet energipris for en tidsperiode:

$$\text{Vektet energipris} = \frac{\sum_{n=1}^{\infty} ((\text{Spotpris}_n + \text{Nettleie}_n + \text{Avgifter}_n) \times \text{Produksjon}_n)}{\sum_{n=1}^{\infty} (\text{Produksjon}_n)}$$

2.5. Formålsfordelt energibruk

For å se på forbruket av energi internt i bygg hvor det ikke er formålsfordelte målinger tilgjengelig eller hvor det ikke er tilstrekkelig for formålet, er en metode å hente inn data fra andre studier på området. Tabell 1 under viser

en oversikt over formålsdelt energibruk i kontorbygg med TEK10, et utdrag fra NVE rapport nr. 9 2013 (THEMA & COWI 2013).

Tabell 1 - Prosentvis oversikt for formålsfordelt energibruk i kontorbygg med TEK 10 (THEMA & COWI 2013), og utdrag av EL-spesifikt forbruk som brukes for videre beregninger i prosjektet.

Energistandard - TEK 2010	
Energipost	
Romoppvarming	22 %
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	9 %
Oppvarming tappevann	4 %
Vifter (ventilasjon)	14 %
Pumper	2 %
Belysning	15 %
Teknisk utstyr	26 %
Romkjøling	0 %
Ventilasjonskjøling	8 %
Sum netto energibudsjett	100 %

2.6. Sol innstråling i Norge

Solinnstråling registreres i forskjellige kategorier hvor direkte solinnstråling er innstråling som kommer direkte fra solen og ned på jordoverflaten. Diffus solinnstråling er sollys fra alle kanter som oppstår ved at solstrålene blir spredt og forstyrret i atmosfæren før de kommer ned til jorden. Global stråling er en den totale mengde solinnstråling av både diffus og direkte innstråling som treffer jorden (Liljequist 1962).

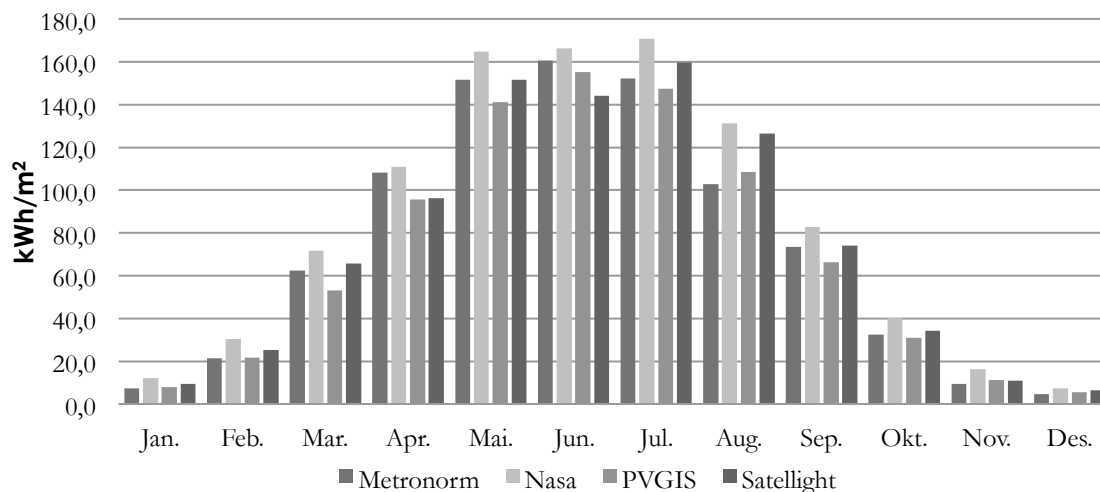
Solenergi benyttes i aller største grad i norske bygg i dag gjennom passiv solvarme. Dette er solinnstråling mot fasade og gjennom vinduer, som utgjør opp mot 10 % av oppvarmingsbehovet (Sweco 2007).

I Norge varierer solinnstrålingen mye med årstidene, hvor det er sen-vår og sommer månedene som tilfører mest energi. Det er også store variasjoner fra nord med opp mot 700 kWh/m²/år til 1100 kWh/m²/år i sør (Norsk-Solenergiforening 2013). Et annet moment er akkumulerte solinnstrålingen som vil ha en annen fordeling over landet enn den spesifikke innstrålingen. Ved akkumulerte sammenlikninger vil antall soltimer spille inn som en viktig faktor.

I figur 6 nedenfor er en samling av solinnstråling i Oslo fra forskjellige værstatistiske kilder. Her kommer det tydelig frem at det månedene april –

august som har størst innstråling, og at det hele året er potensiale for energiproduksjon.

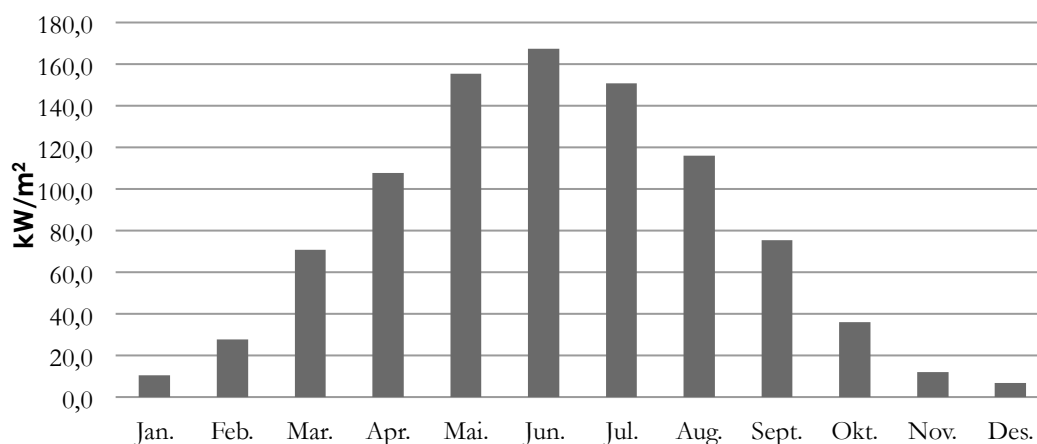
Solinnstråling Oslo 2012 - Horizontal falte



Figur 6 – Månedsfordelt solinnstråling for Oslo 2012 fra forskjellige kilder (Multiconsult 2013).

For beregninger i prosjektet har det blitt benyttet et gjennomsnitt av målinger gjort ved Ås. Gjennomsnittet er gjort for 6 år fra 2008 til 2013. Solmålinger fra Ås er benyttet ettersom dette er komplette målinger over flere år.

Gjennomsnitt av målinger -Ås 2008-2013



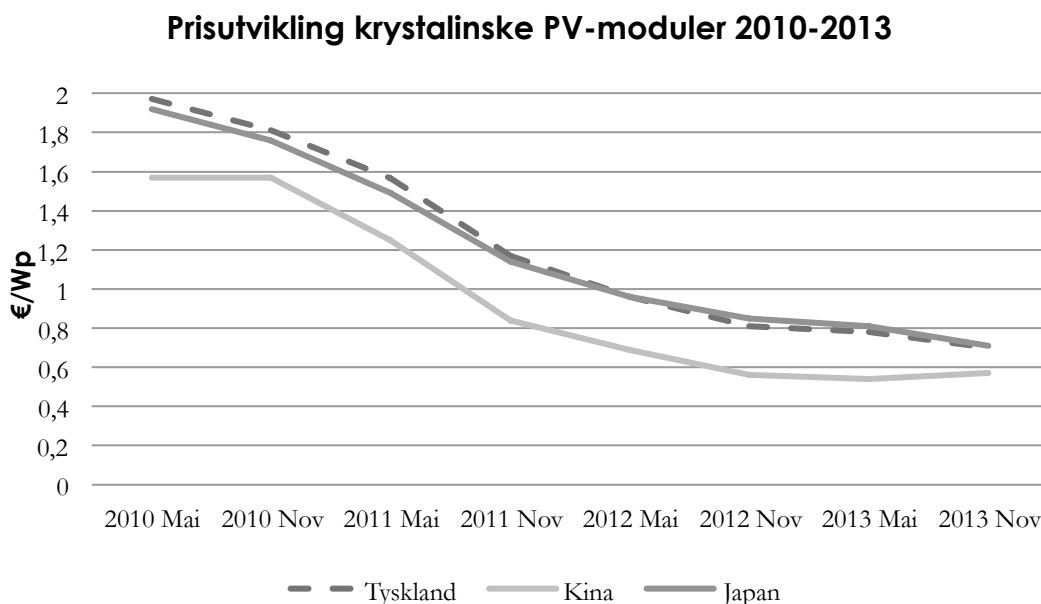
Figur 7 – Snitt av målt solinnstråling ved Ås 2008 -2013, fordelt på måneder (Thue-Hansen V & A.A. 2013).

I mangel på solide kilder nærmere lokasjon i Halden, vil dette utgjør et godt utgangspunkt for videre beregninger. I figur 7 over vises global solinnstråling, målt ved Ås i perioden 2008 til 2013 (Thue-Hansen V & A.A. 2013).

2.7. Prisutvikling PV solceller

Frem til 2008 var det forholdsvis gode vilkår for produsenter av solceller og flere av de største aktørene hadde driftsmarginer på over 15 % (AsplanViak & Multiconsult 2012). Etter dette har det vært store endringer, i løpet av et par år ble prisene halvert og mange av produsentene klarte ikke å opprettholde drift. Spesielt hardt rammet ble aktører i Europa, hvor mange av bedriftene ikke klarte å holde følge med konkurransen fra Kina. Dette har ført til at Kinesiske produsenter i dag produserer rundt 70-80 % av solcellene (AsplanViak & Multiconsult 2012).

I figuren under er viser prisutviklingen for PV-solceller i perioden mai 2010 til november 2013, som har hatt en betraktelig reduksjon.



Figur 8 - Prisutvikling av krystallinske PV-moduler 2010 – 2013 (pvXchange 2013).

Prisutviklingen på PV solceller refererer til en spesielt høy læringsrate de siste årene. Ifølge IEA har PV-solceller hatt en historisk læringsrate på 18 % (IEA 2010). I rapporten *Kostnadsstudie, Solkraft i Norge* (Multiconsult 2013) som

Multiconsult utførte for Enova i 2013 estimerte de totale energikostnader for PV-solceller på næringsbygg (100 kW anlegg) til 1.9 kr/kWh – 2.6 kr/kWh, hvor Oslo lå på ca. 2 kr/kWh.

2.8. Energimerking og klassifisering

Fra 1 januar 2010 tråde energimerkeforskriften i kraft. Formålet med forskriften er beskrevet i § 1: *"Forskriften skal bidra til å sikre informasjon til markedet om boliger, bygningers og tekniske anleggs energitilstand og mulighetene for forbedring, for derigjennom å skape større interesse for konkrete energieffektiviseringsiltak, konkrete tiltak for omlegging til fornybare energikilder, og gi en riktigere verdsetting av boliger og bygninger når disse selges eller leies ut.*

Energivurdering av kjeler og klimaanlegg skal bidra til at slike anlegg fungerer effektivt og med minimal miljøbelastning." (OED 2009)

Ifølge forskriften er eier av bolig og bygninger ansvarlig for at det foreligger en energiattest ved salg eller utleie. For yrkesbygg over 1000 m² er det pålagt med energiattest uavhengig av salg og utleie (OED 2009).

Ved gjennomført energimerking blir det utlevert en energiattest. Attesten er gyldig i 10 år, og omfatter:

Energimerket

Energimerket består av energikarakter og oppvarmingskarakter, og viser til bygningens energistandard(NVE 15.07.2010).

Målt energiforbruk

Dette er et punkt som kun er pålagt yrkesbygg, ved utfylling vil det være et gjennomsnitt av forbruket de tre siste årene. Dette kan være en fordel for andre og fylle ut, dersom målt energibruk viser til et lavere energiforbruk en det som er estimert for bygget. (NVE 15.07.2010)

Tiltaksliste

Vedlagt i energiattesten følger det med en tiltaksliste som viser til tiltak for energieffektivisering i bygget. (NVE 15.07.2010)

Sammendrag

Det følger også med et sammendrag som samler den viktigste informasjonen som er benyttet til energimerkingen. Dette er viktig for den som vil se nærmere på grunnlaget for energiattesten eller eventuell rettelse (NVE 15.07.2010).

Energikarakter

Energikarakteren beskriver byggets energibehov og oppgis i bokstaver, hvor A er best og G er dårligst. Det baseres på den samlede mengde kWh som er beregnet levert til bygget, ikke det som faktisk måles (NVE 15.07.2010). På neste sider er det vist i tabell 2, nivå og forutsetninger for energimerking.

Tabell 2 - Nivå og forutsetninger for energikarakter (NVE 11.02.2010).

Levert energi pr m2 oppvarmet BRA (kWh/m2)							
Energikarakter	A	B	C	D	E	F	G
	Lavere	Lavere	Lavere	Lavere	Lavere	Lavere	Ingen grense
	eller lik	eller lik	eller lik	eller lik	eller lik	eller lik	
Kontorbygning	85	115	145	180	220	275	> F
Forutsetninger	A	B	C	D	E	F	G
Øvre grenser	"Passivhus"	(A+C)/2	"TEK10"	(2C+F)/3	(2F+C)/3	"TEK 69"+7%	> F
Referanse	NS 3700 prNS 3701		Varmegjen vinner 80 %			Varmegjenvi nner 70 %	
Årsvirkningsgrad varme	0,88				0,77		
Kjølefaktor	2,4				2,2		
Luftmengder i driftstid	NS 3031 tab A6				NS 3031 tabell B1		
Luftmengder utenfor driftstid	NS 3031 tab A7				NS 3031 tabell A6		
SFP og belysning	Iht. prNS 3701 / NS 3700				Iht. NS 3031		
Utstyr og varmtvann	Iht. NS 3031				Iht. NS 3031		
Bevegelig solskjerming	"På" hele året						
Bygningsmodell	Bygningsmodeller som TEK 2010. Unntak barnehager: Nå PH-modell						
Arealkorreksjon	Nivåtilpasset arealkorreksjon boliger, avhengig av skalatrinn.						
Beregningsstandard EMS	NS 3031:2007 / A1:2010						

Oppvarmingskarakter

Karakteren for oppvarming skal beskrive hvilke energikilder som dekker rom og tappevannsbehovet i bygget, og andelen som dekkes. Hvor grønn er den beste karakteren som kan oppnås ved energikilder som ikke er fossilt brensel eller direkte bruk av elektrisitet. Fargen rød viser til det laveste nivået og viser til det motsatte av grønn, altså bygg som kun har enten direkte elektrisitet eller fossile energikilder (NVE 15.07.2010).

Tabell 3 - Skala for oppvarmingskarakter i energiattesten (NVE 11.02.2010).

30,0 %	47,5 %	65,0 %	82,5 %	100,0 %

2.9. Fremtidige el-priser

For fremtidige el-priser er det innhentet forventede el-priser for år 2030. Dette er et arbeid som er gjort ved Norges Miljø og Biovitenskapelige Universitet av Åsa Grytli Tveten. I rådføring med Åsa er det satt en lineær økning som tilsvarer 2,7 % fra dagens spot pris, til de priser som er estimert for 2030 (Tveten 2014).

For el-prisene i 2030 er baseline senarioet basert på rapporten: EU ENERGY, TRANSPORT AND GHG EMISSIONS TRENDS TO 2050 REFERENCE SCENARIO 2013 (Capros. P. Prof et al. 2013). Hvor resultatet viser til en gjennomsnittlig spotpris i Norge på ca 55,2 €/MWh(Tveten 2014) som tilsvarer 0,45 kr/kWh ved en eurokurs på 8,22 (Hentet 09.04.14 fra Norske Bank)(NorgesBank 2014). For Oslo var gjennomsnittlig spot pris for 2013 på 0,29 kr/kWh (NordPool 2014).

Nettleiepriser og andre avgifter er pr. 1. Februar på mellom 31,25 øre/kWh og 41,15 øre/kWh for de største nettselskapene i Norge. Det er brukt et gjennomsnitt på 36,62 kr/kWh for fremtidig nettleie og avgifter som øker i takt med fremtidig spotpris (Hafslund 2014).

3. CASE

3.1. Fakta om bygget

For prosjektet benyttes Remmen Kompetansesenter som eksempelbygg. Det ble ferdigstilt oktober 2013 av Veidekke Entreprenør AS på oppdrag fra Halden Utvikling AS. Bygget er lokalisert i Halden kommune like ved grensen til Sverige. Det er et kontorbygg på ca. 3.300 m² over 4 etasjer, orientert ganske nøyaktig nord – syd (Veidekke 2012).



Figur 9 - Konseptbilde av Remmen Kompetansesenter fra ASH arkitekt AS

3.2. Energisystem

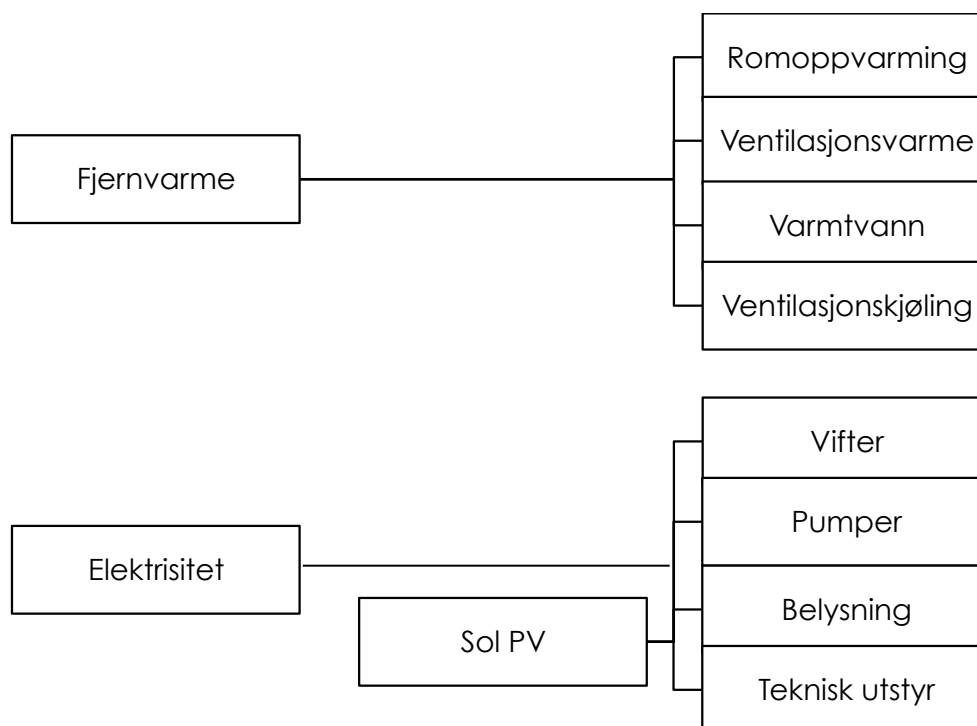
Etttersom bygget er ferdigstilt høsten 2013 er det ikke forbruksdata fra tidligere år, men tall fra november og mars vil være å regne som tellende for normaldrift. Med grunnlast på 40 – 50 kW (vedlegg 10) og en spisslast opp til 110 kW (vedlegg 09)(Johnsrud 2014). I tabell 4 under er det vist et utdrag fra energimerkingen av Remmen Kompetansesenter.

Bygget har i dag bare el-kjel, men er klagjort for fjernvarme når dette kommer (Johnsrud 2014). Kompetansesenter har i dag en energiklasse rød B, med beregnet levert energi ved normalisert klima på 110 kWh/ m².

Tabell 4 - Utdrag Vedlegg 01 Energimerking for Remmen Kompetansesenter

Totalt levet energi	362 418	kWh
Oppvarmet bruksareal	3 294	m ²
Virkningsgrad el-kjel	88	%
Driftstid oppvarming	12	Timer
Driftstid kjøling	24	Timer
Driftstid ventilasjon	12	Timer
Driftstid utstyr	12	Timer
Effektbehov belysning	6,40	W/ m ²
Effektbehov utstyr	11,00	W/ m ²
Effektbehov varmtvann driftstid	0,80	W/ m ²

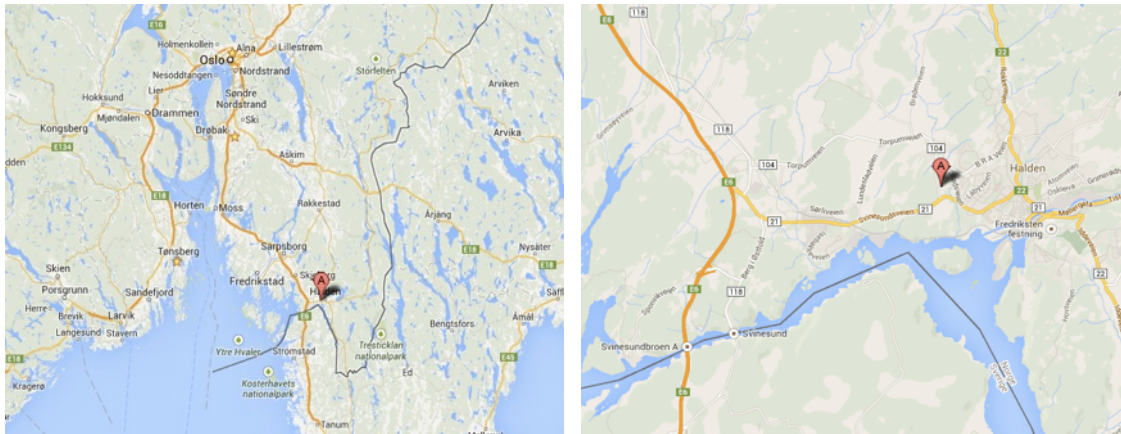
Ved å kunne generalisere bygget mot næringsbyggsegmentet, vil det være et bedre grunnlag for sammenlikning og videre studier. Ut fra dette er det antatt at Remmen kompetansesenter er tilkoblet en fjernvarmesentral som dekker både oppvarming og kjølebehov. Ved å trekke ut energi til oppvarming- og kjølebehov, er byggets el-spesifikke forbruk bedre egnet for sammenlikning med andre næringsbygg uavhengig av oppvarming- og kjøleteknologi. Under i figur 10 er det forestilte energisystemet for Remmen Kompetansesenter skissert.



Figur 10 - Energisystem Remmen Kompetansesenter med fjernvarme og PV-solceller

3.3. Lokasjon

Kompetansesenteret ligger som nærmeste nabo til Høgskolen i Østfold, i et forholdsvis flatt landskap med en del vegetasjon. Mot syd-øst er det åpent, rett syd er det litt skog som ligger ca. 100 meter fra bygningen og mot syd-vest er det planert en stor parkeringsplass. Kompetansesenteret har koordinatene: 59°07'46.5"N 11°21'03.1"E (**59.129580, 11.350860**)



Figur 11 - Bilder fra Google-maps som viser lokasjon av Remmen Kompetansesenter



Figur 12 - Bilde av sør og østvendt fasade Remmen Kompetansesenter(Joelson 2013).

3.4. Fasade

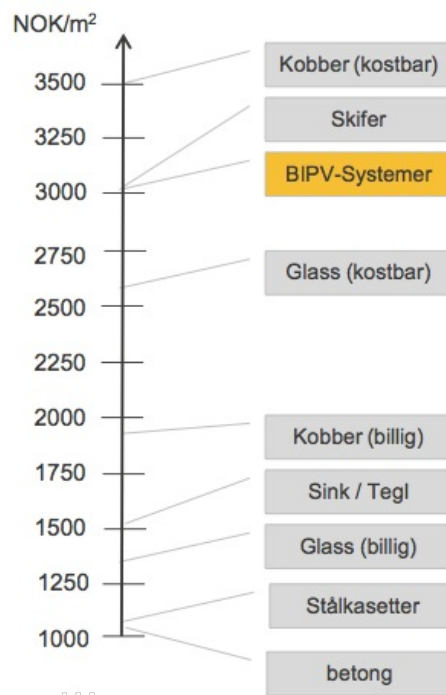
Bygget har prefabrikkerte ytterveggselementer levert av Jatak Norsk Takstol produsert ved Rygge i Østfold. Fasaden er i sink, som er et naturlig metallmateriale som patineres (eldes over tid), dette skal gi et naturlig utrykk og "smelte" inn i omgivelsene som består av mye fjell og stein. Fasaden er installert av Hellberg og Bjerkeli som er et lokalt blikkenslagerfirma (Joelson 2013).

3.5. Fasadekostnader

Anbudskostnaden for Remmen Kompetansesenter var 1.100.000kr, med tilleggskostnader på ca. 100.000 kr, var det fortsatt et prosjekt som var 10-12% rimeligere en det Hellberg & Bjerkeli har erfart fra tidligere prosjekter (Hanssen 2014).

For Kompetansesenteret som har et fasadeareal på ca 1.200 m² ble fasadekostnadene på ca 1000 kr/m² eks moms (Joelson 2013).

Figur 13 viser en oversikt over forskjellige fasadekostnader hentet fra Multiconsult (Thorud 2013).

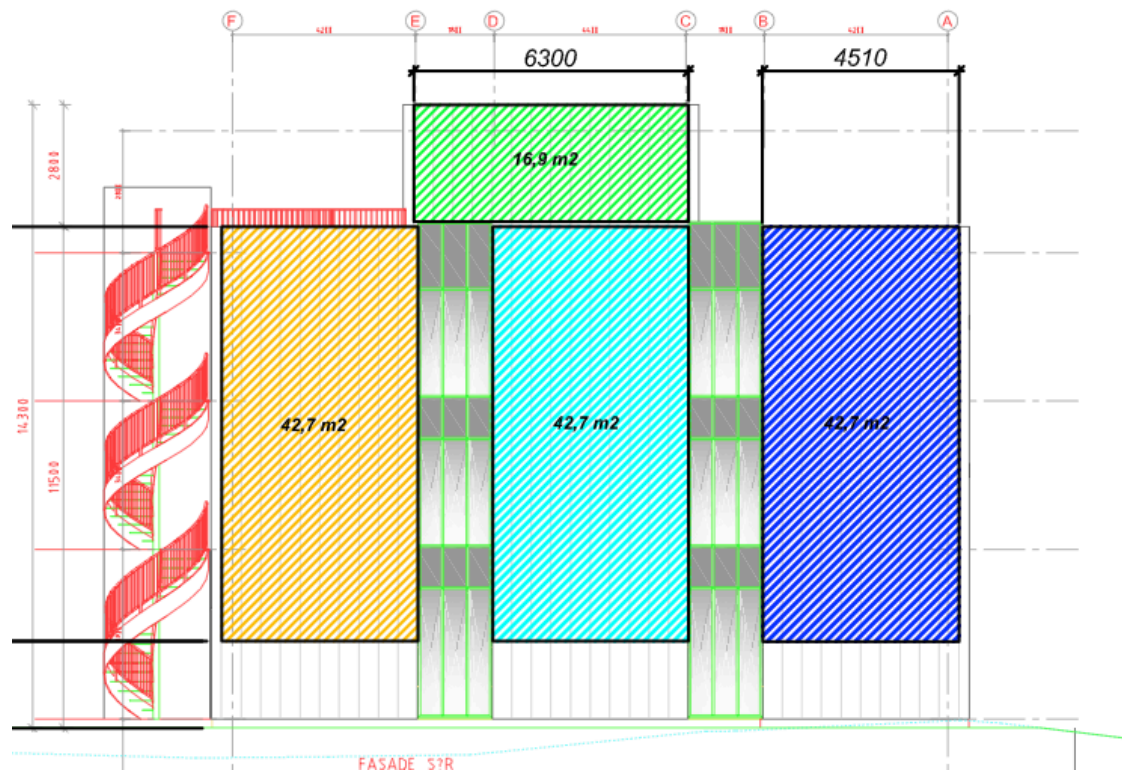


Figur 13 - Oversikt over fasadekostnader (Thorud 2013)

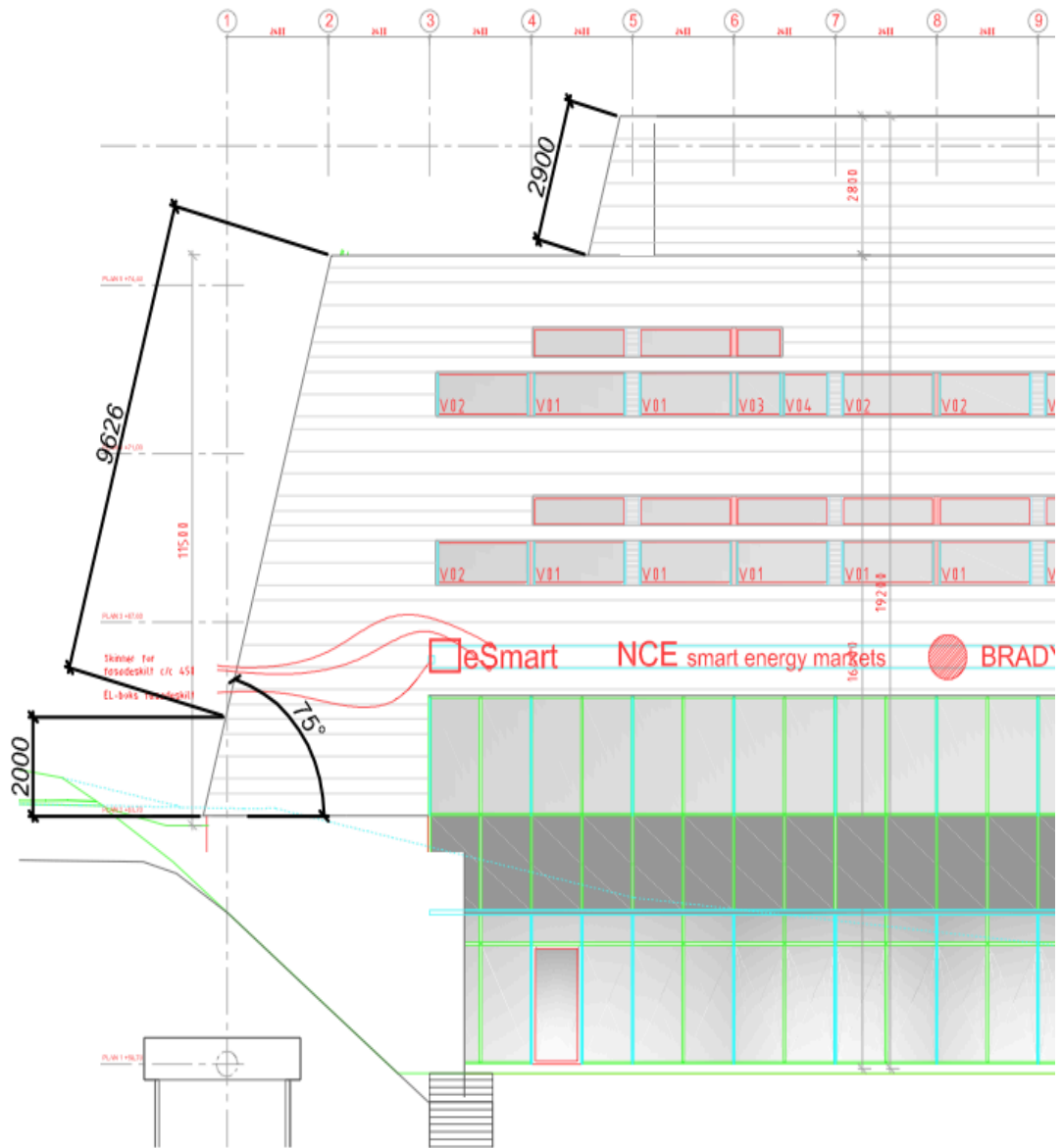
Det fremgår av figuren at kostnaden ved sink/tegl fasade er noe høyere en det som var tilfellet ved Remmen Kompetansesenter, men det gir en oversikt for forskjellige fasader og hvilke kostnadsdifferanser som kan forventes.

3.6. Fasade for PV-solceller

Byggets syd-vegg er delt opp i tre kolonner med fasade og to kolonner med vinduer. De tre kolonnene er markert gul, turkis og blå i figuren nedenfor. Veggene har en vinkel på 75°, som er positivt for et solanlegg. Syd for syd-veggen er det biloppstillingsplass, og dette er hensyntatt ved å heve nedre del av potensielt solcelleareal 2 meter opp fra bakkenivå. Dette for å unngå skyggekast fra parkerte biler på solcellene. Hver av de tre kolonnene har en bredde på 4 510 mm og en høyde på 9 629 mm, som hver for seg gir et areal på 42,7 m². På taket en opphevet etasje med en vegg som har dimensjonene 2 900 mm x 6 300 mm (16,9 m²), og har samme vinkling som syd-vegg. Veggene er markert grønne i figuren under. Totalt potensielt areal for sydvendt fasade blir med disse 4 områdene: 145 m². Under er det illustrert fasade fra syd i ulike farger de forskjellige arealene som er potensielt solcelleareal, og en illustrasjon fra øst som viser vinkling og høydedimensjoner.



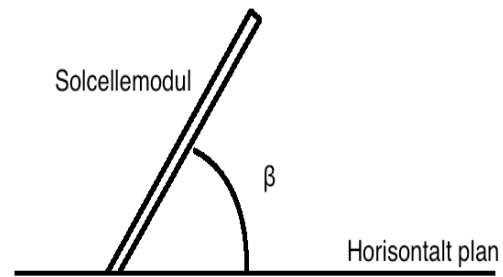
Figur 14 - Sør-fasade med markerte områder for potensielt solcelleareal



Figur 15 - Utsnitt som viser høyde og vinkling på syd-vegg

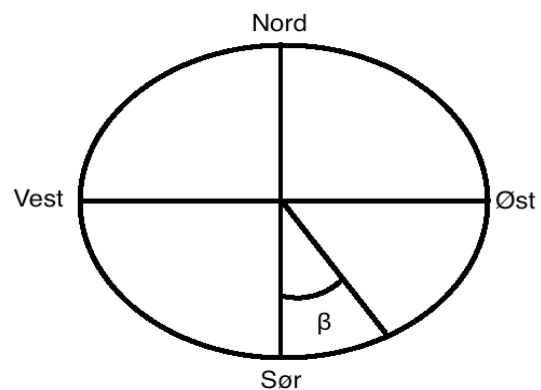
3.7. Monterings vinkler

Det er forskjellige effekter av å vinkle solcellen opp mot solen. Det vil for plassering i nordlige strøk være bedre med en stor vinkling for å bedre kunne fange opp den lave solen gjennom høst, vinter og vår. I Vintersesong i steder hvor det er snø, vil en stor vinkel også bedre kunne fange opp diffus refleksjon fra snødekte arealer. For sydligere områder vil en mindre vinkel, bedre fange opp solenergien i sommer- perioden hvor det meste av solpotensialet opptrer. For å optimalisere vinklingen er en derfor avhengig av å vite lokasjon hvor anlegget skal monteres (Landau 2014). Illustrert i figur 16.



Figur 16 - Illustrasjon av vinkling på solcellemodul

Azimuth vinkling - Vinkling i himmelretning er også vesentlig, her bør vinkelen solcellen er montert være mot det punktet hvor solen står høyest. Ofte vil dette være tilnærmet 180° sør her i Norge. Illustrert i figur 17. Det er selvfølgelig ikke alltid det er mulig å montere direkte mot sør, men avvik inntil 20° vil ha minimal innvirkning for energi-produksjon (H. 2012). Andre elementer i omgivelsene vil også kunne ha en rolle i forhold til skyggekast (Landau 2014).



Figur 17 - Illustrasjon for Azimuth vinkling (himmelretning) av solcellemodul.

3.8. Fakta om valgt solcelleteknologi

For prosjektet er det valgt en solcellemodul fra CanadianSolar. De leverer solcellemoduler med høy virkningsgrad og er blant markedslederne når det gjelder miljøpåvirkning gjennom solcellens levetid.

Modulen som er valgt for prosjektet er CS6P 250M, som har høy produksjon også under svake og diffuse lysforhold. Under er teknisk spesifikasjon (STC):

Tabell 5 - Teknisk informasjon om CS6P 250M PV-modul (CanadianSolar 2011).

Maks effekt	250 W
Spenning ved maks effekt	30,4 V
Ubelastet spenning	37,5 V
Strøm ved maks effekt	8,22 A
Kortslutningsstrøm	8,74 V
L x B x H	1638 x 982 x 40 – mm
Vekt	20 KG
Solceller pr modul	60 stk
Type solceller	Monokrystallinske
Virkningsgrad	15,54 %

CanadianSolar stiller med garanti som dekker 10 år med materiale og produksjonsfeil, og 25 års garanti på 80% av oppgitt effekt.

Varmepåvirkning for modulen er oppgitt til å være 0,45% reduksjon fra maks effekt for hver grad økning fra STC som er 25° C (CanadianSolar 2011).

Det finnes forskjellige innfestningsalternativer for BIPV systemer. For det norske markedet er det lite tilgjengelig informasjon, men systemer som er benyttet i andre land i Skandinavia og Europa har også leverandører i Norge. De fleste alternativene er beregnet for skråtak, hvor det er en overlappende legging av modulene.



Figur 18 - Bilde av solceller i tak med Rolrif monteringsystemer (Schweizer 2013a) Figur 19 - Detaljbilde av Rolrif overgang mellom solcelle-moduler (Schweizer 2013b)

Solrif er et alternativ for montering på skrå flater. Det er i utgangspunktet et system som er beregnet for tak med vinkler 10- 70 grader, men det er mulig å både redusere og øke utover dette med mindre endringer. Monteringsystemet er universelt og har forskjellige størrelser for modulene (Schweizer 2014).

Kostnaden knyttet til et slikt monterings-system er ikke en fast pris som settes likt for alle prosjekter, men avhenger av størrelsen på anlegget og tilpasninger som må gjøres. Ofte vil kostnaden ligge mellom 15c€/Wp - 30c€/ Wp ferdig levert. Som tilsvarer 1,2 – 2,4 NOK/Wp med en Eurokurs på 8,2 (Vogt 2014).

3.9. Anleggskostnader

For anleggskostnader er det hentet tall fra Multiconsult sin kostnadsstudie for solkraft i Norge (Multiconsult 2013), hvor det er benyttet kostnader for Enebolig som er nærmest på effekt (7 kWp). Endring gjort i forhold til Multiconsult er kostnad knyttet til selve solcellen og monteringskostnader og det er utelatt merverdiavgift.

Det er noe variasjon i komponentkostnader ved BIPV og BAPV, hvor spesielt solcelle-modulen og monteringsystemet har andre spesifikasjoner og kostnader. I tabell 6 er det en oversikt over solcelleanleggets kostnader, hvor modul og monterings-system kostnadene er beregnet på nytt for eksempelprosjektet Remmen Kompetansesenter.

Tabell 6 - Oversikt over anleggskostnader og prosentvis fordeling av kostnadsposter (Multiconsult 2013)

Kostnadstype	Kostnadspost	Enhetspris NOK/kWp	Andel %
Materiale	Solcellemodul	6 980	34 %
	Vesselretter	2 900	14 %
	Monteringssystem	2 400	12 %
	Drift overvåkingsutstyr	400	2 %
Installasjon	Mekanisk installasjonsarbeid	3 100	15 %
	EL installasjonsarbeid BIPV DC	1 100	5 %
	EL installasjonsarbeid AC	1 600	8 %
Annet	Maskin/ Utstyr/ Verktøy	1 700	8 %
	Diverse	400	2 %
Totalt	Systempris Remmen 16,4 kWp	20 580	100 %

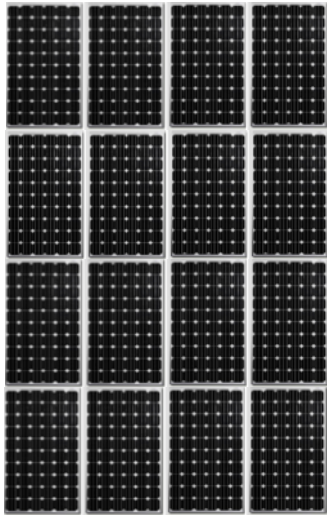
Solcelle-modul kostnaden er hentet fra den Svenske leverandøren Norden Solar. De har en pris på 2445 SEK inkludert moms per modul ved kjøp av over 50 stk (NordenSolar 2013). I Norske kroner blir dette eks moms per modul 1.745,30 ved en kurs på 92,65 SEK (28.03.2014). Med en enhetspris på 1.745,30 NOK, antatt at en svensk leverandør vil levere en slik leveranse fraktfritt til Norge blir prisen 6,98 NOK/kWp for den valgte modulen på 250 kWp.

Monteringskostnadene er beskrevet i kapittel 3.8 og er et estimat basert på informasjon fra slags konsulent i Ernst Schweizer AG (Vogt 2014).

3.10. Fordeling av solcellemoduler

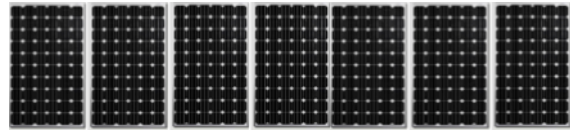
Det er viktig å fordele solcellene med hensyn til flere faktorer. At en utnytter de arealene en har tilgjengelig for å oppnå en høyest mulig installert effekt balansert med kostnader, miljø-gevinster og visuelle effekter er kanskje noen av de viktigste. Det er sett på forskjellige plasseringer for solcelle-modulene for de potensielle arealene, hvor endelig plassering er presentert under i figur 20 og 21.

For her av de 3 like arealene på sørveggen vil fordelingen av solcelle-moduler se slik ut:



Figur 20 - Illustrasjon for plassering av moduler på 1 av 3 områder i sør-fasade.

For den litt mindre vegg på taket vil det bli plassert slik:



Figur 21 - Illustrasjon av plassering av moduler på vegg på tak.

Til sammen vil det være plass til 66 solcelle-moduler på byggets vegger som vender mot sør. Hver solcelle har et areal på 1,6 m², og som til sammen for bygget utgjør 105,5 m².

4. Resultater

4.1. Kostnader solcelleanlegg

For solcelleanlegget som er prosjektert ved Remmen Kompetansesenter på 16,4 kWp er det en total enhetspris på 20 580 NOK/kWp, og totalt for solcelleanlegget er det 336 534 NOK. Solcelleanleggets kostnader er beskrevet i kapittel 3.9. Anleggskostnader.

Tabell 7 viser fordeling av kostnadsposter på enhetspris i NOK/kWh og totalt for kostnadsposten for et anlegg på 16,4 kWp, se kapittel 4.3. for beregning av installert effekt. Det er også vist den prosentvise andelen for hver av postene for å lettere synliggjøre fordelingen av kostnadene.

Tabell 7 - Oversikt over anleggskostnader og prosentvis fordeling på kostnadsposter for Remmen Kompetansesenter

Kostnadstype	Kostnadspost	Enhetspris	Totalpris	Andel
		NOK/kWp	16,4kWp NOK	%
Materiale	Solcellemodul	6 980	114 140	34 %
	Vesselretter	2 900	47 422	14 %
	Monteringssystem	2 400	39 246	12 %
	Drift overvåkingsutstyr	400	6 541	2 %
Installasjon	Mekanisk installasjonsarbeid	3 100	50 693	15 %
	EL installasjonsarbeid BIPV DC	1 100	17 988	5 %
	EL installasjonsarbeid AC	1 600	26 164	8 %
Annet	Maskin/ Utstyr/ Verktøy	1 700	27 799	8 %
	Diverse	400	6 541	2 %
Totalt	Systempris Remmen 16,4 kWp	20 580	336 534	100 %

4.2. Formålsfordelt forbruk – Remmen Kompetansesenter

Det er for Remmen Kompetansesenter gjort timesmålinger, men ikke i en tilstrekkelig detaljert grad for å kunne trekke rett ut til denne problemstillingen. Forbruk er derfor formålsfordelt som beskrevet i kapittel 2.4. under metode og teori.

For oppgaven sin del er det tatt utgangspunkt i at bygget blir koblet til fjernvarmesentral for rom- og tappevannsoppvarming, noe som bygget er klargjort for men området er under påvent av utbygging av fjernvarme (Johnsrud 2014).

Tabell 8 viser formål og hvilke prosentandel av totalt forbruk de respektive har. Det er trukket ut de el-spesifikke andelene som er antatt for Remmen Kompetansesenter, som utgjør hele 57% av totalforbruket.

Tabell 8 - Prosentvis oversikt for formålsfordelt energibruk i kontorbygg med TEK 10 (THEMA & COWI 2013), og utdrag av EL-spesifikt forbruk som brukes for videre beregninger i prosjektet.

	EL spesifikk
Energipost	
Romoppvarming	
Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	
Oppvarming tappevann	
Vifter (ventilasjon)	14 %
Pumper	2 %
Belysning	15 %
Teknisk utstyr	26 %
Romkjøling	
Ventilasjonskjøling	
Sum netto energibudsjett	57 %

4.3. Estimert årlig energiproduksjon

For å komme frem til årlig energiproduksjon for solcelleanlegget, er det hentet total solinnstråling fra gjennomsnittsmålingene i Ås 2008 – 2013, hvor årlig global solinnstråling i snitt var 985 kWh/m² (Thue-Hansen V & A.A. 2013). Under er det vist estimering av årlig energiproduksjon og de faktorer som er med.

Tabell 9 - Estimert årlig energiproduksjon og tapsfaktorer.

Årlig energiproduksjon

A = Totalt solcelleareal (m²)			105,5
r = Virkningsgrad solcellemodul (%)			15,5 %
FT = Transposjonsfaktor			1,05
H = Årlig global solinnstråling			985283
PR = Performance Ratio			0,85
	Totalt installert effekt	kWp	16,4
	Estimert årlig produksjon	kWh	13640,6
	Tap i systemet		
	Inverter		5,0 %
	Temperatur (NOTC 68°)		1,9 %
	DC kabler (1-3 %)		1,5 %
	Tap faktor LID		2,0 %
	Mismatch-tap - MPP		1,0 %
	Støv og snø		2,0 %
	Refleksjonstap - IAM		3,0 %
	Andre tap		0,0 %

I tabell 9 er det listet opp en rekke tap fra solcelleanlegg. Med unntak av temperaturtap er verdiene hentet fra Kostnadsstudie, Solkraft i Norge 2013 (Multiconsult 2013). Invertertapet er beregnet ut fra NOTC på 68° for gjeldende solcelle-modul i dette prosjektet beskrevet i kapittel 3.8. I tabellen er totalt solcelleareal hentet fra kapittel 3.10, og virkningsgrad for solcelle-modul hentet fra kapittel 3.8. PR er et resultat av tapene som er i systemet og totalt installert effekt er $A * r$. Til slutt er estimert årlig produksjon summen av $A * r * H * PR$, omregnet til kWh.

4.4. Forbruk og Energiproduksjon BIPV

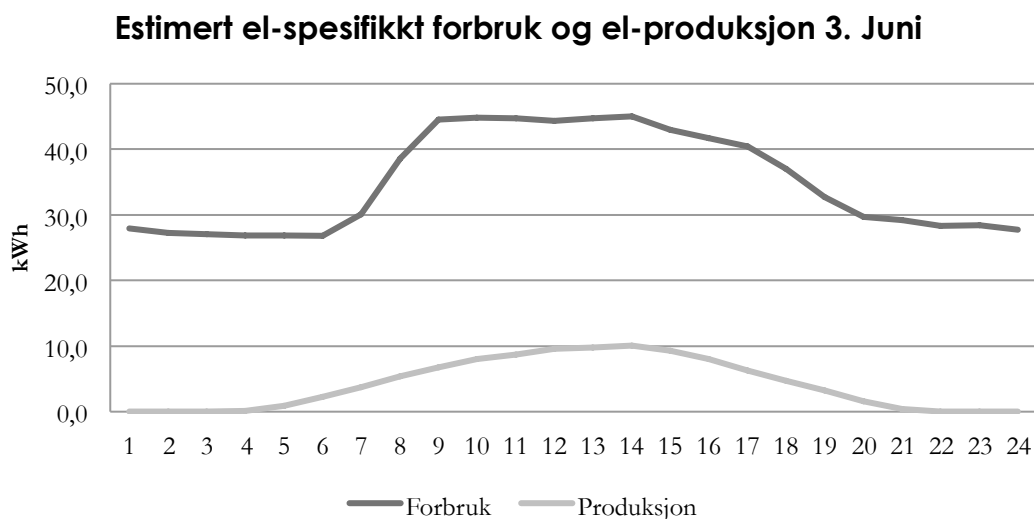
I tabellen under er det vist forbruk og produksjon av anlegget 3. Juni som er gjennomsnitt av de siste 6 år. Dette er den dagen i 2013 med høyest solinnstråling, og som vil vise størst daglig produksjon:

Tabell 10 - Oversikt over målt snittforbruk (vedlegg 08), estimert el-spesifikt forbruk, snitt solinnstråling 3. Juni ved UMB 2008-2013 og beregnet el-produksjon fra solcelleanlegget

Forbruk, Solinnstråling og Produksjon					
KL	Forbruk	EL-spesifikt	3 Juni (08-13)		
	Snit	Forbruk	Solinnstråling	Produksjon	
00:00	49	27,9	0,0	0,0	
01:00	48	27,3	0,0	0,0	
02:00	47	27,1	0,0	0,0	
03:00	47	26,8	11,3	0,2	
04:00	47	26,9	62,4	0,9	
05:00	47	26,8	157,6	2,3	
06:00	53	30,1	258,1	3,8	
07:00	68	38,6	367,8	5,3	
08:00	78	44,5	467,0	6,8	
09:00	79	44,8	551,8	8,0	
10:00	78	44,7	600,7	8,7	
11:00	78	44,4	657,4	9,6	
12:00	78	44,7	673,0	9,8	
13:00	79	45,0	690,9	10,0	
14:00	75	43,0	637,6	9,3	
15:00	73	41,7	552,6	8,0	
16:00	71	40,4	431,9	6,3	
17:00	65	37,0	325,5	4,7	
18:00	57	32,7	222,7	3,2	
19:00	52	29,7	108,8	1,6	
20:00	51	29,2	30,7	0,4	
21:00	50	28,3	0,0	0,0	
22:00	50	28,4	0,0	0,0	
23:00	49	27,7	0,0	0,0	
TOTALT		837,8	6807,8	99,0	
		kWh	W/m2	kWh	

I Tabell 10 er målt snittforbruk et utdrag fra vedlegg 08, estimert el-spesifikt forbruk er snittforbruket for aktuell time multiplisert med el-spesifikk andel på 57 % beskrevet i kapittel 4.2. Solinnstråling 3. Juni er snitt av målinger gjort ved UMB 2008-2013 (Thue-Hansen V & A.A. 2013). Beregnet el-produksjon fra solcelle-anlegget er: (solinnstråling for den aktuelle timen * FT) * A * r * PR/ 1000. Hvor FT, A, r og PR er faktorer vist i tabell 9, kapittel 4.3.

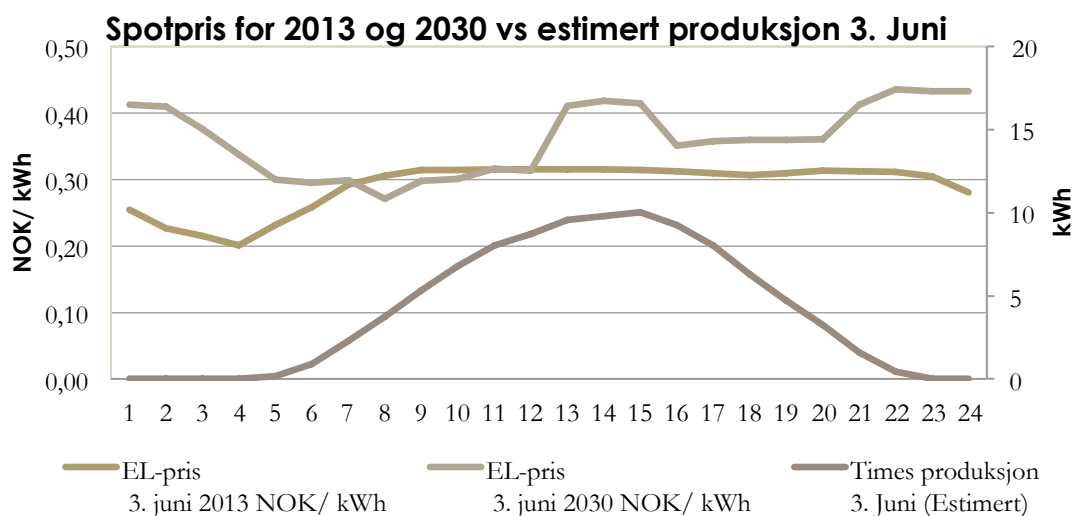
Fra tabell 10 over forbruk, solinnstråling og produksjon den 3. Juni på forrige side, er figur 22 nedenfor en grafisk fremstilling av el-spesifikt forbruk og produksjon. Her kommer det tydelig frem at det el-spesifikke forbruket i bygget er langt høyere en det som kan forventes av produksjon fra solcelleanlegget.



Figur 22 - Graf som viser snitt -forbruket for Remmen Kompetansesenter og den estimerte produksjonen for 3. Juni, som er dagen med gjennomsnittlig (2008-13) høyest solinnstråling (Thue-Hansen V & A.A. 2013).

4.5. Døgnvariasjoner i el-pris

For døgnvariasjoner i spotpris er det gjort et utdrag for 3. Juni 2013 og 2030. Figur 23 viser spotpris for de begge årene, sammen med estimert produksjon.



Figur 23 – Grafisk framstilling av spotpris for 2013 og 2030, og estimert produksjonskurve

Det er beregnet en vektet energipris for 3. Juni 2013 og 2030 (Vedlegg 06), med utgangspunkt i verdier fra figur 23. Resultatet for vektet energipris den 3. Juni 2013 er 0,68 NOK/kWh. For 2030 er vektet energipris 0,92 NOK/kWh.

4.6. Netto nåverdiberegning

Det er gjort en netto nåverdiberegning for prosjektet for å se om det er et lønnsomt prosjekt. Netto nåverdi ble for prosjektet med en levetid på 25 år og diskonteringsrente på 5,0% – 115 720 kr. Oppsett for årlig kontantoverskudd for NPV er vist i vedlegg 04.

For inntektene ved produksjon er det antatt at prisen for produsert elektrisitet er lik prisen for kjøpt elektrisitet. Dette følger av at produksjonen fra solcelleanlegget blir utnyttet innenfor byggets systemgrense og regnes som bespart forbruk og ikke solgt ut på nettet. Et annet element som er viktig å merke seg er at ettersom solcelleanlegget vil erstatte projektert/ opprinnelig fasade og dette er tatt med som en alternativkostnad.

Under i tabell 11 er det en oversikt over hvilke faktorer som er bukt i de økonomiske beregningene.

Tabell 11 - Oversikt over faktorer for økonomiske beregninger

Installert effekt (kWp)	kWp	16,4
Systempris per enhet	NOK/kWp	20 580
Total systempris	NOK	336 534
Alternativkostnad - Fasade	NOK	105 500
Årlig drift og vedlikeholds kostnader	% av system pris	2,0 %
Kostnad inverter bytte – 12,5 år	NOK	47 600
Økonomisk levetid	ÅR	25
Diskonteringsrate	%	5,0 %
Degraderingsrate	%	1,2 %
Energiproduksjon	kWh	13640,6
Årlig Økning el-pris	%	2,7 %

4.7. LCOE

For LCOE som gjennomføres her vil det finnes usikkerheter rundt kostnader og andre antakelser som er gjort gjennom prosjektet. Det er etterstrebet å legge så konkrete betingelser og fakta som mulig ut fra prosjektets omfang.

LCOE for dette prosjektet har kostnadene gjennom prosjektets økonomiske levetid på 25 år inkludert investeringskostnader. Videre antakelser og forutsetninger som er lagt til grunn for beregningene er vist i tabell 11 under nåverdiberegningen.

Beregnet med alternativkostnad for fasade: $LCOE = 1,15 \text{ NOK/kWh}$

Beregnet uten alternativkostnad for fasade: $LCOE = 1,49 \text{ NOK/kWh}$

Se vedlegg 04 for Excel-oppsett for LCOE beregning. Dette er en eksemplifisert beregning og bør ikke benyttes til annet en veiledning for andre reelle prosjekter.

Følsomhetsanalyse av LCOE

Det er gjennomført en følsomhetsanalyse for noen av hovedelementene som påvirker LCOE. Faktorene som er analysert er levetid, total systempris, drift og vedlikeholdskostnader og global solinnstråling.

Levetid er i utgangspunktet 25 år. Endringene som er gjort i analysen ser på en levetid på 15 år og 35 år som alternativer. Dette er 10 år forlenget og forkortet levetid.

Total systempris er analysert med 10 % økning og reduksjon av utgangspunktet i base caset på 336 534 NOK.

Drift og vedlikeholdskostnad er beregnet i base case, som 0,5 % av total systempris. I analysen økes og reduseres denne prosentandelen med 50%, til henholdsvis 0,75% og 0,25%.

Global innstråling er i caset er estimert til årlig 985 kWh/m². Det er for følsomhetsanalysen sett på 10% økning og reduksjon av denne verdien.

I tabell 12 under, vises det hvilke faktorer som er endret, endringsmengde og påvirkningen dette har på LCOE. Differanser merket rødt og grønt, gir henholdsvis økning og reduksjon i LCOE (Vedlegg 05).

Tabell 12 - Følsomhetsanalyse LCOE, med faktorer, endring og differanse fra base-case markert i rødt og grønt (økning og reduksjon) Vedlegg 05

Faktor	Endring	Differanse fra base-case
Levetid	+ 10 år	NOK 0,21
Levetid	- 10 år	NOK 0,53
Total systempris	+ 10 %	NOK 0,83
Total systempris	- 10 %	NOK 0,37
Drift & Vedlikeholdskostnader	+ 50 %	NOK 0,41
Drift & Vedlikeholdskostnader	- 50 %	NOK 0,17
Global solinnstråling	+ 10 %	NOK 0,09
Global solinnstråling	- 10 %	NOK 0,12

4.8. Påvirkning av Energimerking

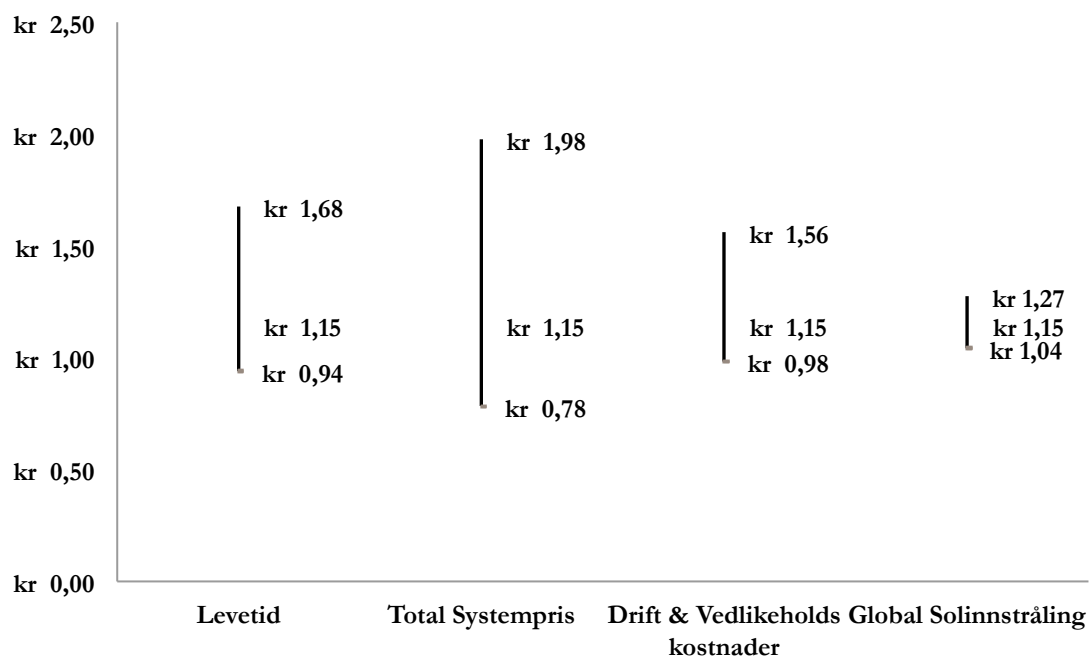
Det er gjort en energimerking for utgangspunktet ved Remmen Kompetansesenter (vedlegg 01). Ut fra dette er vedlegg 02 en ny tilsvarende energimerking for en variant hvor Kompetansesenteret er koblet til en fjernvarmeleverandør. Kravene for energimerking er også oppdatert slik at de er følger dagens spesifikasjoner.

Ut fra energimerkingen som benytter fjernvarme, er det gjort en utvidet energimerking med PV-solcelleanlegg som prosjektert i oppgaven (vedlegg 03). Dette tilsvarer differansen i forventet levert elektrisitet fra 278 377kWh (vedlegg 02) til 265 678kWh (Vedlegg 03). Og totalt for energibruk per kvadratmeter ved normalisert klima, har det vært en endring på 3,7%. Som er fra 110 kWh/m² (Vedlegg 02) til 106 kWh/m² (Vedlegg 03).

5. Diskusjon

Hensikten bak oppgaven har vært å sammenlikne resultatene fra Enova sin rapport Kostnadsstudie, Solenergi i Norge 2013 (Multiconsult 2013), med resultatene for et case studie. LCOE for case studiet er 1,15 NO/kWh, og til Enova har estimert LCOE for næringsbygg i Oslo til å være 2,02 NOK/kWh. Med differansen i LCOE, vil det være naturlig å ta utgangspunkt i følsomhetsanalysen og dens underelementer for oppsettet av diskusjonen. Mot slutten av kapitlet er det diskutert andre elementer som er relevante for oppgaven, men som ikke direkte inngår i følsomhetsanalysen.

I figur 24 under er det illustrert hvordan endring i levetid, systemkostnader og drift og vedlikeholdskostnader vil påvirke LCOE for solcelleanlegget.



Figur 24 - Visuell fremstilling av følsomhetsanalyse for LCOE – Endringer er gjort ut fra base case og er: Levetid +/- 10år, Totalsystempris +/- 10%, Drift & Vedlikeholdskostnader +/- 50% for prosentvis andel og Global solinnstråling +/- 10% (Vedlegg 05)

5.1. Levetid

Levetiden til solcelleanlegget er det satt lik garantitiden på 25 år som er oppgitt fra leverandør. Det er gjort estimater for 10 år forkortet og forlenget levetid. For levetid på 15 år, ble resultatet en kostnad på 1,68 kr/kWh. Mens for 35 års levetid reduseres LCOE til 0,94 kr/kWh. Levetid på 35 år som er det mest interessante resultatet. Det kan hevdes at selv om levetid er satt til 25 år, kan solceller produsere i opptil 5 og 10 år utover dette (Branker et al. 2011). For næringsbygg med eventuelt lavere levetid er dette vesentlig element som vil øke LCOE kraftig. Bruk av levetid lik garantitid gir en sikkerhet for elektrisitetsproduksjon og funksjonaliteten ved komponentene, som kan overføres til beregningene.

5.2. Systempris

Systempris er den av faktorene i analysen som gir størst utslag. Det ble sett på som et element av stort omfang og endringer på 10% i positiv og negativ retning antas som et godt utgangspunkt for analysen. Ved 10% økning i total systemkostnad økte LCOE fra 1,15 til 1,98 kr/kWh, nesten en dobling. LCOE endte på 0,78 kr/kWh ved en reduksjon på 10% av totale systemkostnader. Elementer som er direkte påvirkende for systemprisen diskuteres videre i underpunktene.

Anleggskostnader

Kostnadene tilknyttet solcelleanlegget er delt opp i kategoriene materiale, installasjon og annet. For dette prosjektet er mye av kostnadselementene hentet fra Multiconsult sin rapport (Multiconsult 2013) om solkraft i Norge, som ble utgitt i slutten av 2013. Unntaket er kostnader knyttet til solcellemodul og monteringsystem. Dette er kostnader som er spesielt innhentet for BIPV til dette prosjektet. Det vil ligge en usikkerhet tilknyttet de innhentede kostnadsestimatene gjort i rapporten fra Multiconsult, men det finnes mange alternativer for de ulike komponentene på markedet og det kan være en krevende prosess for innhenting av spesifikke kostnader. For et reelt prosjekt vil det være nødvendig med konkret komponentspesifikk-kostnad, men i et estimeringstilfelle som dette kan det være fornuftig å benytte tilsvarende verdier som andre studier for lettere å kunne sammenlikne i etterkant.

Tilbake i kapittel 4.1 er anleggskostnadene fordelt etter kostnadstype. Materialkostnadene står for til sammen 62%, hvor solcellemodulene alene er 34%. Dette er en samling av komponenter og utstyr for selve solcelleanlegget. Installasjonskostnadene står for 28% av totalkostnadene. Til slutt er diverse stillas, verktøy og annet utstyr som trengs for installasjon og montering av et solcelleanlegg, samlet under annet og er 10% av totalkostnadene. Ved å dele opp kostnadene i slike kategorier kan det være lettere å se potensialet for hvor det er mulig å gjøre besparelser. Det er i dette tilfellet naturlig å skille ut solcellemodul og mekanisk installasjonsarbeid, som er de største postene for å se etter innsparinger.

Solcellemodul

Det har vært fokus på leverandør som holder til i Norden for å unngå utfordringer knyttet til kommunikasjon, frakt og andre prosesser som kan forlenge og fordyre prosjektet. Det endte opp med en svensk grossist og solcellemodul fra CanadianSolar. Dette er en solcellemodul som er godt egnet for nordisk klima og som stiller med solid garanti på både produksjonsfeil og effekt. Modulen som er valgt er CS6P 250M med virkningsgrad på 15,54% og 250W maks effekt (CanadianSolar 2011). Det har vært prøvd å finne en modul som verken er ledende eller utdatert i forhold til hva som er tilgjengelig på markedet. Det er mange høyeffektive moduler, som også har en betraktelig høyere kostnad som vil passe bedre for et foregangsprosjekt, hvor fokuset er mer rettet mot energiproduksjon. M250 fra CanadianSolar er ment som et godt alternativ for de prosjekter hvor målet er reduksjon i levert energi sett med et økonomisk perspektiv.

Monteringssystem

Det Norske markedet for BIPV er foreløpig i startfasen, og det er lite som verken er utbygd eller tilgjengelig. Internasjonalt er det flere forskjellige leverandører av fasadeintegreerte systemer for PV-solceller. Her er det spesielt Sentral- og Sør-Europa som utpeker seg. Det finnes systemer for tak, vegger, solskjerming og glassvegger, og det er store variasjoner i hva det innebærer for installasjon og kostnad. Solrif er en leverandør av monteringsystemer for solceller til tak og skrå fasader, og skal være et godt alternativ for prosjekter som ikke har vertikal fasade. Kostnadsestimatet til monteringsystemet er

relativt usikkert, og det er vanskelig å estimere dette spesielt bedre ettersom det er veldig prosjektavhengig. Ut fra estimatet på 15c€/Wp - 30c€/ Wp har beregningene i oppgaven benyttet 30c€/Wp, ettersom det er å forvente at levering fra utlandet og kjøpsprosessen en noe mer krevende (Vogt 2014).

For prosjekter med vertikal fasade vil det være om ikke nødvendig, hensiktsmessig å innhente mer spesifikke priser, for å redusere usikkerheten rundt kostnad og teknologi tilknyttet monteringsystemer.

Fasadekostnader

For fasadekostnadene har det vært kontaktet installatør for det konkrete bygget som har ført til en konkret prosjektkostnad. Om denne kan overføres til et generalisert bilde av næringsbygg er lite sannsynlig. Men for andre næringsbygg med tilsvarende fasade vil det være et godt utgangspunkt. Det var på forhånd antatt at monteringsystemene for BIPV solcelleanlegg ville være en betydelig større del enn det har vist seg å være, men den er fortsatt av betydelig størrelse og står for 12 % av kostnadene og er den 4. største kostnadsposten.

Det vil for andre typer fasade som glass, stein, betong og andre varianter bety at alternativkostnaden ved å installere fasade vil kunne endre seg betraktelig, noe som må tas hensyn til ved eventuelt mer spesifikke beregninger.

5.3. Drift og vedlikeholdskostnader

For drift og vedlikeholdskostnader er det et relativt lavt utgangspunktet, med 2%. Dette reflekterer at solcelleanlegg krever lite vedlikehold, når ført installert. Andelen benyttet er lik som for anlegg i næringsbygg fra Enova rapport (Multiconsult 2013), hvor det antas at det er innled personell som tar deg av vedlikehold. Det lagt inn endringer på 50% økning og reduksjon. Dette kan se brutalt ut, men 50% variasjon på 0,5% tilsvarer en endring på 1% av total systempris. Kostnad for inverter bytte er også trukket inn under drift og vedlikeholdskostnader, og er størstedelen av denne kostnadsposten. Inverter bytte er konstant, både med tanke på utbytnings år og kostnad. Dette gir en bedre forståelse av hvordan de årlige drift og vedlikeholdskostnadene påvirker LCOE. En økning på 50% vil resultere i at drift og

vedlikeholdskostnadene er 3% av total systempris, og en LCOE på 1,56 kr/kWh. Ved å redusere drift og vedlikeholdskostnaden med 50% endres LCOE til 0,98 kr/kWh. Det er tydelig at det er viktig med lave drift og vedlikeholdskostnader ettersom det gir store utslag på LCOE.

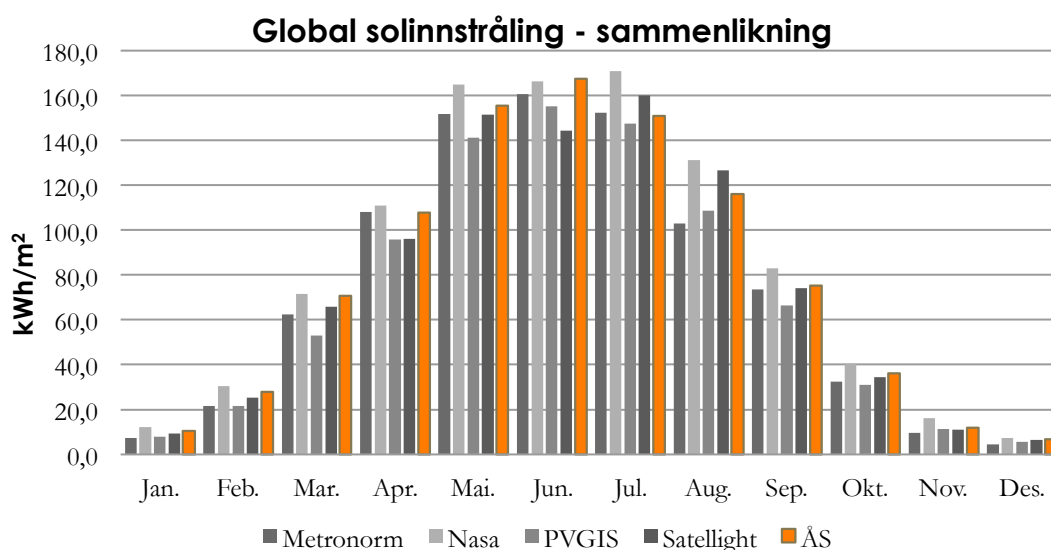
5.4. Global solinnstråling

Til slutt i følsomhetsanalysen er det tatt med variasjoner i solinnstråling som vises helt til høyre i figur 24. Her er det som for systemkostnader benyttet en endring på 10% høyere og lavere enn base case. Av faktorene som er tatt med er dette den som gir minst utslag med 1,27 kr/kWh ved reduksjon, og 1,04 kr/kWh ved økning.

En 10% endring i global solinnstråling endrer utgangspunktet på 985 kWh/m², dekker store deler av det Norsk Solenergi angir som variasjon for solinnstråling i Norge (Norsk-Solenergiforening 2013). Nedenfor er det nærmere diskutert data og påvirkninger for solinnstråling for caset.

Klimadata og solinnstråling

For solinnstråling i prosjektet er det benyttet data målt ved Norges miljø- og biovitenskapelige Universitet i Ås. Figur 25 viser en sammenlikning av global innstråling mot horisontal flate fra ulike kilder for Oslo 2012, og de gjennomsnittlige målingene gjort ved Ås fra 2008 til 2013.



Figur 25 - Sammenlikning av global solinnstråling fra forskjellige kilder, hvor ÅS er gjennomsnittlige målinger fra NMBU (2008-2013)

Det fremgår av figur 25, at Nasa jevnt over gir de høyeste målingene med Metronorm tett oppunder. PVGIS og Satellight gir de lavere verdiene gjennom året. Gjennomsnittet av målinger fra Ås ligger for de fleste måneder mellom de høyeste og laveste målingene, med unntak av Juni hvor den fremstår som den høyeste verdien. Forskjellene fra de forskjellige databasene er ikke veldig store, men de virker direkte inn på produksjonskalkuleringen og videre inn på økonomien for et prosjekt. Med mindre det etableres målinger på lokasjon, er det vanskelig å kartlegge om målingene og gjennomsnitt er for lave eller for høye i forhold til hva en kan forvente i området.

Det er en avstand på 68 km fra Remmen Kompetansesenter til Ås, som vil være et usikkerhetsselement. Det har gjennom prosjektet vært forsøk å samle målinger nærmere lokasjon i Halden fra metronom. Ufullstendige målinger og sammenlikning av flere målestasjoner, førte til mange estimeringer og gjennomsnittsverdier. Benyttet data for solinnstråling endte på Ås, ettersom det er komplette timesmålinger over flere år. Siden det ikke var behov for estimeringer av perioder uten data, er dette forventet å gi en bedre validitet for datagrunnlaget.

Andre meteorologiske data kan være usikre, som snø, temperatur og skygge, som vil ha lokale variasjoner og direkte ha en innvirkning på produksjons-estimatene. I case tilfellet har det vært benyttet verdier hentet fra Multiconsults rapport om solkraft i Norge 2013 (Multiconsult 2013). Unntak fra verdier som er innhentet er tap ved snø, som for BIPV integrert i vertikal fasade ikke vil være et problem (AsplanViak & Muliticonsult 2012), og skyggekast som ikke Remmen Kompetansesenter har. Hvor begge tapsverdier er satt som ubetydelige.

I likhet med faktorer knyttet til metrologiske data, er kostnader, virkningsgrader og tap for komponenter i systemet hentet fra rapporten om solkraft i Norge 2013 (Multiconsult 2013). Dette gir rom for ytterligere optimalisering når det gjelder prosjektspesifikke komponenter og parametere. Dette er faktorer som kan være vanskelig å fastslå med god presisjon. Ved å benytte likt utgangspunkt som rapporten for solkraft i Norge 2013, vil det gi et bedre sammenlikningsgrunnlag.

Monteringsvinkler og arealer

For solcelleanlegget på Remmen Kompetansesenter var det naturlig å benytte syd-vegg, ettersom denne har tilnærmet optimal azimuth vinkling. For BIPV er det vesentlig å se på byggets utforming og plassering siden det er fasaden som bestemmer monteringsvinkler. For Remmen Kompetansesenter har vinklingen opp mot himmelen vært 75° , noe som kanskje ikke er så vanlig for vertikale fasader. Prosjektet benyttet arealer som er lett tilgjengelig med gode solforhold, hvis det hadde vært ønske om størst mulig installert effekt og produksjon vil det være flere arealer på bygget som kunne vært benyttet. Utgangspunktet for kompetansesenteret har gitt en reduksjon fra optimal plassering på 12,6% (Vedlegg 07). Dette er ikke et spesielt lavt tall, og burde være oppnåelig for BIPV systemer integrert i tak med tanke på vinkling mot solen. Optimal vinkling mot solen er ca 40° og 0° azimuth ut fra det PvSyst viser for lokasjon (Vedlegg 07). For bygg hvor BIPV integreres vertikal fasade er det å forvente at reduksjonen fra optimal plassering vil øke opp mot det dobbelte (Vedlegg 07).

5.5. Andre elementer relevante for resultater

NPV

NPV beregningene i prosjektet for caset har usikkerheter tilknyttet energiproduksjon og el-priser, som begge er direkte påvirkende faktorer. Det vil også være variasjoner og usikkerheter bundet til andre inntatt faktorer i beregningene, som vil variere fra prosjekt til prosjekt.

For caset er det satt bespart energi for økonomiske beregninger. I forhold til solgt elektrisitet, vil bespart elektrisitet gi en høyere pris for hver energienhet. Inkludering av avgifter og nettleie er faktorer som tilsvarer differansen. Ved å benytte bespart energi, vil NPV oppnå et bedre resultat som følge av høyere inntekter. For caset har det vært naturlig å se på elektrisitetsproduksjon fra solcelleanlegget som bespart energi, ettersom produksjonsvolumene den dagen i året med mest solinnstråling, ikke oppnår samme mengder som etterspørselen etter el-spesifikt forbruk er i bygget (se kapittel 4.4).

Et eksempel på prosjektspesifikk variasjon er diskonteringsraten som i dette prosjektet er 5 %. Dette er et uttrykk på avkastningskrav og risiko ved prosjektet, hvor 5 % er et nivå som tilsier at det ikke skal være spesielt høyt

avkastningskrav. Investor for et slikt prosjekt vil kunne sette en forholdsvis lav diskonteringsrente for et slikt prosjekt, ved for eksempel se lønnsomhet og fordeler utenom de konkrete prosjektøkonomiske beregningene, som bedret miljø og energibruk.

Det er for caset heller ikke vurdert investeringsstøtte eller subsidier. Dette er holdt utenfor for lettere kunne sammenlikne resultatene på en best mulig universell måte mot andre studier og prosjekter. Ved å legge inn subsidier som for eksempel grønne sertifikater vil det gi et mer konkret kostnadsbilde og LCOE beregningene vil reduseres, som vil være nyttig for det enkelte prosjektet med den aktuelle subsidievarianten.

For lønnsomhetsvurderingen av et slikt anlegg hadde det vært interessant å se på størrelse på subsidie eller eventuelt økningen i el-prisen. En netto nåverdi på – 198 536 NOK over en levetid på 25 år er ikke spesielt avskrekkende i mitt perspektiv, hvor det burde være potensialet for samfunnsøkonomisk overskudd, ved bruk av subsidier.

EL-Priser

El-prisene som er benyttet i oppgaven er med utgangspunkt i et estimert basis-senario for 2030, og antatt linje utvikling fra snittpris i 2013 (Tveten 2014). Dette gir rom for store variasjoner ettersom det vil kunne være uforutsette markedsendringer som påvirker scenarioet for 2030.

Det er gjort en vektning av energipriser for 3. Juni 2013 og 2030 for å trekke frem variasjoner på spotpris og produksjon gjennom døgnet. Vektet energipris 3. Juni 2013 var 0,68 NOK/kWh, og relativt mye lavere en LCOE som beregnet for anlegget levetid (Vedlegg 06). For samme dato 2030 var den vektete energiprisen 0,92 NOK/kWh (Vedlegg 06). Med de antakelser og beregninger som er gjort for caset, er det en høyere kostnad knyttet til produksjon av en kWh enn det de vektete energiprisene oppnår for de ulike årene.

Det må nevnes at dette er beregninger fra døgnet med forventet høyest solinnstråling, fra benyttet måledata. Dette vil være mer en pekepinn mot hva som er potensialet, hvor en utvidelse til alle årets 8760 timer hadde vært interessant. Omfanget av oppgaven har ikke gitt rom for en videre utdyping,

et utdrag har måtte være tilstrekkelig. Dette er et av områdene som hadde vært interessant å ta tak i for videre arbeid.

Energimerking

Utgangspunktet for Remmen Kompetansesenter er energimerket (vedlegg 01) av Fasit AS. Med utgangspunkt i denne energiattesten er det gjennom caset satt opp nye energiattester i SIMIEN, hvor det er integrert nye teknologier. Selv om energiattest for fjernvarme (vedlegg 02) og fjernvarme og BIPV (vedlegg 03) er satt opp med basis i vedlegg 01, vil det kunne være variasjoner. Optimalt burde endringene vært gjort av Fasit AS, som har SIMIEN modellen for første energiattest. Dette har ikke vært mulig å oppdrive gjennom prosjektets forløp, og det er da bygd opp ny modell i SIMIEN. Men med dokumentasjon på opprinnelig energiattest (vedlegg 01) som underlag for nye modeller, er de å anta som et godt utgangspunkt for simulering av teknologiendringer og tilhørende resultater.

En annen fremgangsmåte for sertifisering av bygg er BREEAM. For caset er det ikke sett på BREEAM sertifisering eller endringer, men dette kunne vært veldig interessant å ta tak i ved videre arbeid. For implementering av solceller er det kanskje enda tydeligere endringer i BREEAM sertifisering enn det er i energimerking. Dette fordi BREEAM legger større vekt på bærekraft og livsløpet for bygget. PV-solcelleanlegg vil ha en ekstra effekt i tillegg til energiproduksjon, det vil også "tilbakebetale" den energien som er brukt for å produsere materialene i bygget (BREEAM 2014). Ifølge en rapport om solstrøm i Norge, vil et PV-anlegg etter underkant av 2 år ha produsert tilsvarende energimengde som det ble brukt for å produsere det (AsplanViak & Muliticonsult 2012). Etter dette er PV-anlegget med på å "tilbakebetale" den energien som ble brukt for å produsere andre elementer i bygget.

Benyttelse av Remmen Kompetansesenter for case-studie

For prosjektet ble det vurdert flere næringsbygg, hvor Remmen Kompetansesenteret ble valg ettersom det er et nytt bygg som er lokalisert på Østlandet, hvor det var tilgjengelig informasjon og tekniske data som etterspurt for caset.

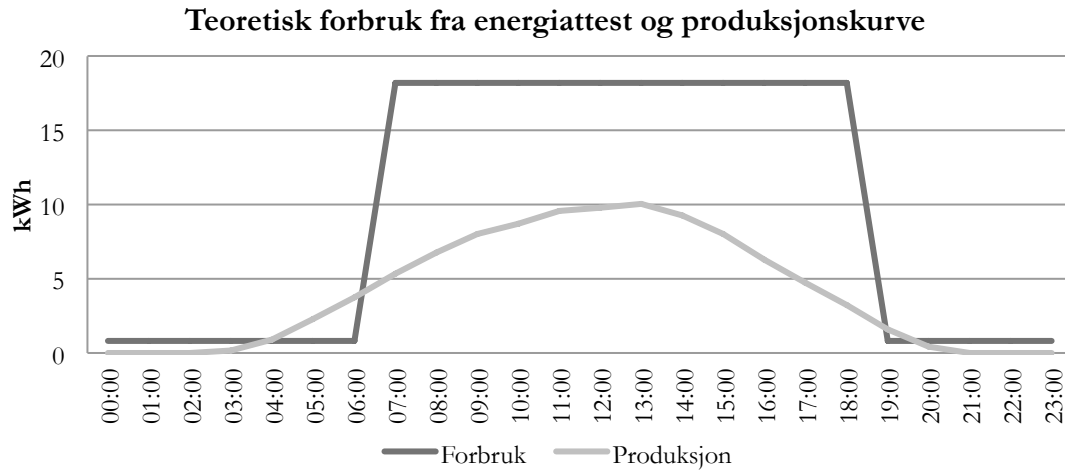
Det er gjort endringer i grunnlaget for Kompetansesenteret, for at casestudiet bedre skal kunne vurderes for næringsbygg generelt. Eksempel på dette er som nevnt i kapittel 3.2 Energisystem at oppvarming- og kjølebehov er holdt utenfor beregningene, ettersom dette vil variere i stor grad for ulike næringsbygg. Det er også gjort en formålsfordeling av el-spesifikt forbruk ut fra NVE rapport nr. 9 2013, som handler om energibruk i kontorbygg (THEMA & COWI 2013).

Det vil være variasjoner i energibruk, arealer, fasade, teknologibruk og mer til, for ulike næringsbygg. Det er etter beste evne gjort tiltak og antakelser i for Kompetansesenteret, for at dette skal kunne gi et godt utgangspunkt for en generalisering av næringsbyggsegmentet.

Energiforbruk ved Remmen Kompetansesenter

Remmen Kompetansesenter har i caset antatt å dekke oppvarming- og kjølebehovet gjennom fjernvarmetilkobling, hvor el-spesifikt behov benyttes til beregninger og sammenlikninger gjennom oppgaven. Dette er gjort ettersom det ofte er forskjellige oppvarming- og kjøleteknologier for forskjellige bygg. Utelukkelse av store og variable forbruksposter som dette, gir et bedre utgangspunkt for å se hvordan el-spesifikt produksjon fra BIPV kan flettes sammen med el-spesifikt forbruk for næringsbygg.

Energiforbruket ved Remmen Kompetansesenter har blitt målt med timesoppløsning siden midten av september 2013. Det har ikke vært formålsfordelt i en slik grad som har vært nyttig for denne oppgaven, og det er gjort en antakelse som tilsier at formålsfordelt forbruk i Remmen Kompetansesenter er i samsvar med fordelingen i NVE rapport 28-2012 (THEMA & COWI 2013) vist i kapittel 4.2. Dette har gitt en grov oversikt over formålsfordelt energibruk, men som er viktig å se på med en viss usikkerhet ettersom dette vil variere fra bygg til bygg. For nybygg vil det ikke foreligge forbruksmålinger, og en slik fordeling vil kunne hjelpe til å bygge en forståelse av forbruk. Til sammenlikning ble det i starten av dette gjort en kort estimering av el-spesifikt behov med utgangspunkt i teoretiske faktorer hentet fra energiattesten vist i figur 26 under.



Figur 26 - Graf som illustrerer teoretisk forbruk for noen få el-spesifikke formål og produksjonskurve

Forbruksgrafen i figur 26 tar bare utgangspunkt i forbruk av varmtvann, belysning og teknisk utstyr og er styrt av 12 timers driftstid (Vedlegg 01), men illustrerer tydelig et linjert forbruksmønster. Produksjonskurven er innhentet fra figur 22. Energiatterspørsel som dette vil lite sannsynlig opptre i virkeligheten, og derfor er det gunstig å estimere timesforbruk for det aktuelle bygg og formåls fordele dette.

6. Konklusjon

Installasjon av bygningsintegret solcelleanlegg på et næringsbygg vil bidra positivt ved energimerking og miljøaspektet for bygget, men ved antakelser og beregninger tilsvarende det som er gjort i dette prosjektet vil netto nåverdi opptre negativ.

LCOE resultatene fra case studie er betraktelig lavere en det Enova utga i sin rapport (Multiconsult 2013). Følsomhetsanalysen viser at variasjoner for casets hovedkostnader, at Enova sitt LCOE estimat for Oslo på 2,02 NOK/kWh er innenfor totalt utslag av usikkerhet. Det er hovedsakelig alternativkostnad for fasade som er utslagsgivende for differansen i LCOE, men også andre parametere som systemtap og komponentkostnader har betydelig påvirkning.

Caset med Remmen Kompetansesenter fikk en negativ netto nåverdi på 198 536 NOK. LCOE kostnaden ble beregnet til 1,15 kr/kWh. Begge disse resultatene er tegn på at med forventede elektrisitetspriser og avgifter som benyttet, er det ikke økonomisk grunnlag uten subsidier, for utbygging av bygningsintegre solcelleanlegg for næringsbygg på Østlandet i dag.

Følsomhetsanalysen inneholder faktorer med ulik påvirkningsgrad. Levetid og global solinnstråling er lite påvirkelige faktorer, som fører til en desto viktigere rolle for de resterende faktorene. For oppnåelse av en lav LCOE er det viktig å påse at drift og vedlikeholdskostnader er lavest mulig. I tillegg til alternativ fasadepost, er det for systemprisen noen kostnadsposter som tydelig utmerker seg, og vil kunne sees på som vesentlige for påvirkningen av LCOE. Selve solcellemodulen som står for den største kostnadsposten med 34%, med mekanisk installasjonsarbeid og veksleretter som nest og tredje størst med henholdsvis 15 % og 14 %.

Energimerkingen av næringsbygg tilsvarende case-bygget, blir i mindre grad påvirket av BIPV-solceller. For caset var det 3,7 % reduksjon i totalt energibruk per m² ved normalisert klima. Dette er ikke i seg selv nok til å påvirke energimerkingen i stor grad, men vil kunne være et bidrag for marginale energiforbedringer.

7. Referanser

- AsplanViak & Muliticonsult. (2012). Solstrøm i Norge. I: SF, E. (red.). AsplanViak. (2013). *Solcelleanlegg Oseana kunst- og kultursenter*. asplanviak.no: AsplanViak AS. Tilgjengelig fra: <http://www.asplanviak.no/index.asp?id=36316> (lest 23.01).
- Bank, N. (2014). *Valutakurs for euro (EUR)*. Norges-bank.no: Norges Bank. Tilgjengelig fra: <http://www.norges-bank.no/no/prisstabilitet/valutakurser/eur/> (lest 09.04).
- Branker, K., Pathak, M. J. M. & Pearce, J. M. (2011). A revieww of solar photovoltaic leveliced cost of electrisity. Canada: Queen`s University Kingston.
- BREEAM. (2014). *What is BREEAM?* breeam.org. Tilgjengelig fra: <http://www.breeam.org/about.jsp?id=66> (lest 05.05).
- Bøhren, Ø. & Gjærum, P. I. (1999). *Prosjekt analyse Oslo/ Bergen*: Skarvet forlag. 587 s.
- CanadianSolar. (2011). CS6P 230/235/240/245/250M.
- Capros, P. Prof, Vita. De. A, N., T., D., P., P., S., E., A., M., Z., L., P., K., F., N., K., et al. (2013). EU ENERGY, TRANSPORT AND GHG EMISSIONS TRENDS TO 2050. ec.europa.eu.
- Darling, S. B., You, F. Q., Veselka, T. & Velosa, A. (2011). Assumptions and the levelized cost of energy for photovoltaics. *Energy & Environmental Science*, 4 (9): 3133-3139.
- Drefvelin, C. (2013). *Bygger Norges første plusshus - med 1550 m2 solceller*. TU.no: Teknisk Ukeblad. Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/bygg/2013/10/25/bygger-norges-forste-plusshus---med-1550-m2-solceller> (lest 20.01).
- F. Smits, e. a. (2013). ENERGIREGLER 2015 FORSLAG TIL ENDRINGER I TEK FOR NYBYGG. dibk.no.
- Federica Cucchiella, Idiano D'Adamo & S.C., L. K. (2013). Environmental and economic analysis of building integrated photovoltaic systems in Italian regions. *Journal of Cleaner Production*.
- Fredrik Sejersted, e. a. (2012). *Utenfor og innenfor - Norges avtaler med EU. I: utredninger, N. o. (red.)*. NOU 2012:2. regjeringen.no. Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/pages/36797426/PDFS/NOU201220120002000DDDPDFS.pdf> (lest 06.02.14).
- Gaëtan Masson, Marie Latour, Manoël Rekinge, Ioannis-Thomas Theologitis & Papoutsis, M. (2013). *Global Market Outlook for Photovoltaics 2013-2017*. Milan: EPIA.
- H., H. b. (2012). *Photovoltaics System Design and Practice*. 1.
- Hafslund. (2014). *Hafslund Nett har stadig blandt landets rimeligste nettleier*. Hafslundnett.no: Hafslund. Tilgjengelig fra: http://www.hafslundnett.no/nett/artikler/les_artikkel.asp?artikkelid=16 (lest 08.04).
- Hanssen, S. (2014). *Personal Communication - Mail*: Hanssen & Bjerkeli AS (25.03.2014).
- IEA. (2010). *Technology Roadmap: Solar photovoltaic energy*. 18 s.
- IEA. (2012). *Energy Technology Perspectives 2012, Pathways to a Clean Energy System*. IEA: International Energy Agency.
- Joelson, T. (2013). *Remmen Kompetansesenter*. Bygg.no: Bygg.no. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1176341> (lest 15.01).
- Johnsrud, J. (2014). *Personal Communication - Mail* (03.02.2014).

- Kwan, S. (2013). *Design Features*. <http://www.mech.hku.hk>: Hong Kong Science Park.
- Landau, C. R. (2014). *Optimum Tilt of Solar Panels*. Tilgjengelig fra: <http://www.solarpaneltilt.com> (lest 25.03).
- Liljequist, G. H. (1962). *METEOROLOGI*. Stockholm: Generalstabens litografiska ansalt.
- Multiconsult. (2013). *Kostnadsstudie, Solkraft i Norge 2013*. Enova. Nanometer-Technology. *BIPV Thin Film Amorphous Silicon Panels*.
- NordenSolar. (2013). *Solcellsmoduler*. NordenSolar.se. Tilgjengelig fra: <http://www.nordensolar.se/products/solcellsmoduler/> (lest 23.03).
- NordPool, S. (2014). *Elspot Prices: NordPool Spot*. Tilgjengelig fra: <http://www.nordpoolspot.com/Market-data1/Elspot/Area-Prices/ALL1/Hourly/> (lest 20.03).
- NorgesBank. (2014). *Valutakurs for euro (EUR)*. Norges-bank.no: Norges Bank. Tilgjengelig fra: <http://www.norges-bank.no/no/prisstabilitet/valutakurser/eur/> (lest 09.04).
- Norsk-Solenergiforening. (2013). *Teknologi*. Solenergi.no: Norsk Solenergiforening. Tilgjengelig fra: <http://www.solenergi.no/om-solenergi/> (lest 10.12).
- NVE. (11.02.2010). *Karakterskalaen*. Energimerking.no. Tilgjengelig fra: <http://www.energimerking.no/no/Energimerking-Bygg/Energimerking-av-bolig/Om-energiattesten/Energimerkeskalaen/> (lest 09.04).
- NVE. (15.07.2010). *Om energiattesten*. Energimerking.no. Tilgjengelig fra: <http://www.energimerking.no/no/Energimerking-Bygg/Energimerking-av-bolig/Om-energiattesten/> (lest 09.04).
- OED. (2009). *Forskrift om energimerking av bygninger og energivurdering av tekniske anlegg (energimerkeforskriften)*. Lovdata: Olje- og energidepartementet.
- Powerhuouse. (2013). *Powerhose Kjørbo*. powerhouse.no: Powerhouse. Tilgjengelig fra: <http://powerhouse.no/kjorbo/> (lest 20.01).
- pvXchange. (2013). *Price index*. Tilgjengelig fra: http://www.pvxchange.com/priceindex/Default.aspx?template_id=1&langTag=en-GB (lest 09.01).
- Schweizer, A. (2013a). *Ertragsstark und dicht wie ein Ziegeldach: Photovoltaik-Indachanlagen mit Solrif® von Schweizer*. <http://www.schweizer-metallbau.ch>.
- Schweizer, A. (2013b). *Leading in integration for partial- and full roofs: Photovoltaic in-roof mounting system Solrif® by Schweizer*.
- Schweizer, A. (2014). *Photovoltaic in-roof mounting system Solrif® by Schweizer*. <http://www.schweizer-metallbau.ch/en/home.html>: Schweizer. Tilgjengelig fra: http://www.schweizer-metallbau.ch/fileadmin/user_upload/00_Produkte/80_Sonnenenergie-Systeme/pdf_f/pdf_e/PV_Montage_Solrif_e_20140115.pdf (lest 24.03).
- Skår, F. (2013a). *Norges største solcelleanlegg*. Hihm.no: Høgskolen i Hedmark. Tilgjengelig fra: <http://www.hihm.no/Hovedsiden/Campus-Evenstad/Nyheter/Norges-stoerste-solcelleanlegg> (lest 22.01).
- Skår, F. (2013b). *Åpnet Norges største solcelleanlegg*. Hihm.no: Høgskolen i Hedmark. Tilgjengelig fra: <http://www.hihm.no/Hovedsiden/Om-Hoegskolen/Nyheter/2013/AApnet-Norges-stoerste-solcelleanlegg> (lest 22.01).
- Solar, P. *Roof top Sentosa Cove Fish Singapur*. Phoenix Solar.

- Sweco. (2007). Fornybar Energi 2007. Enova.no.
- THEMA & COWI. (2013). Energibruk i kontorbygg - trender og drivere. 9-2013. NVE.
- Thorud, B. (2013). *Solceller i Norge - Når blir det lønnsomt?* Smartgridkonferansen 2013: Multiconsult.
- Thue-Hansen V & A.A., G. (2013). *Meteorologiske data for Ås, NORGES MILJØ OG BIOVITENSKAPLIGE UNIVERSITET 1986 til 2013.*
- Tveten, Å. G. (2014). *Personal Communication and Mail* (03.04.2014).
- Veidekke. (2012). *Veidekke bygger kompetansesenter i Halden.* Veidekke.no: Veidekke. Tilgjengelig fra: <http://no.veidekke.com/nyheter-og-media/presserom/article82298.ece> (lest 15.01).
- Vogt, M. (2014). *Personal Communication and Mail: Ernst Schweizer AG* (24.03.2014).

VEDLEGG:

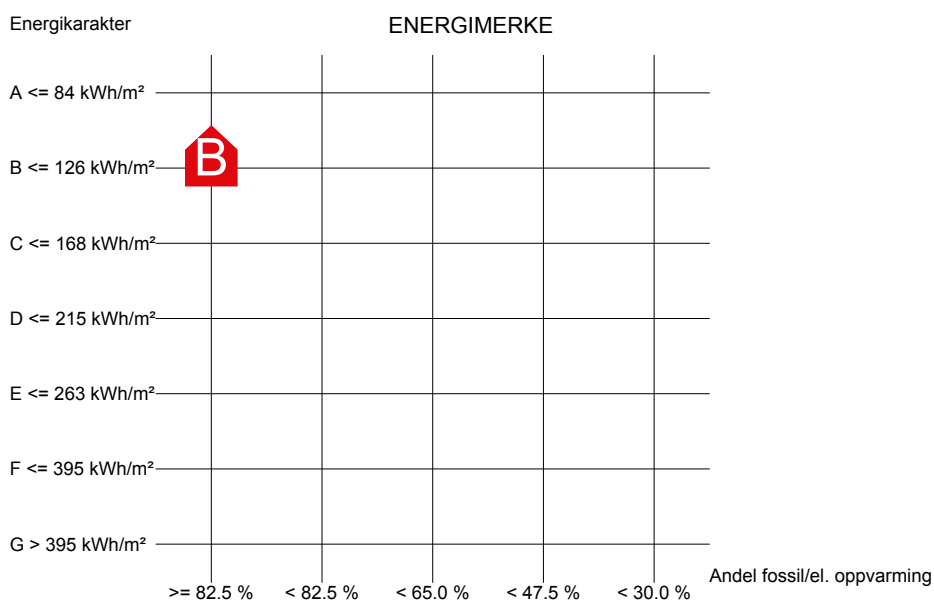
Vedlegg 01 - Energimerke Remmen Kompetansesenter



SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke
Tid/dato simulering: 14:03 18/9-2013
Programversjon: 5.016
Brukernavn: Mette Kringen
Firma: Fasit as
Inndatafil: C:\Remmen kompetansesenter rev 180913 mk.smi
Prosjekt: Remmen Kompetansesenter
Sone: Alle soner



Beregnet levert energi normalisert klima: 110 kWh/m²
Sum andel el/olje/gass av netto oppvarmingsbehov: 100.0 %

Beregnet levert energi	
Beskrivelse	Verdi
Energibruk normalisert klima	110 kWh/m ²
Energibruk lokalt klima	110 kWh/m ²



SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke
Tid/dato simulering: 14:03 18/9-2013
Programversjon: 5.016
Brukernavn: Mette Kringen
Firma: Fasit as
Inndatafil: C:\Remmen kompetansesenter rev 180913 mk.smi
Prosjekt: Remmen Kompetansesenter
Sone: Alle soner

Beskrivelse	Forventet levert energi	Verdi
Elektrisitet		362418 kWh
Olje		0 kWh
Gass		0 kWh
Fjernvarme		0 kWh
Biobrensel		0 kWh
Annen energivare		0 kWh
Total energibruk		362418 kWh

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	1438	
Areal tak [m ²]:	760	
Areal gulv [m ²]:	782	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	676	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	3294	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	11304	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,13	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,09	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	0,77	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	20,5	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,06	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	81	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	81	



SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke
Tid/dato simulering: 14:03 18/9-2013
Programversjon: 5.016
Brukernavn: Mette Kringen
Firma: Fasit as
Inndatafil: C:\Remmen kompetansesenter rev 180913 mk.smi
Prosjekt: Remmen Kompetansesenter
Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	80,8	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ² /s]:	1,91	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	6,3	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	2,0	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,88	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	110	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,40	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	109	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,60	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	24,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	
Driftstid belysning (timer)	12,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	12,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	6,40	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	6,40	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	11,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	11,00	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	0,80	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	4,00	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,06	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,17	
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	1,00	



SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke
Tid/dato simulering: 14:03 18/9-2013
Programversjon: 5.016
Brukernavn: Mette Kringen
Firma: Fasit as
Inndatafil: C:\Remmen kompetansesenter rev 180913 mk.smi
Prosjekt: Remmen Kompetansesenter
Sone: Alle soner

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Kontorbygg
Simuleringsansvarlig	Jannike Tvedt
Kommentar	

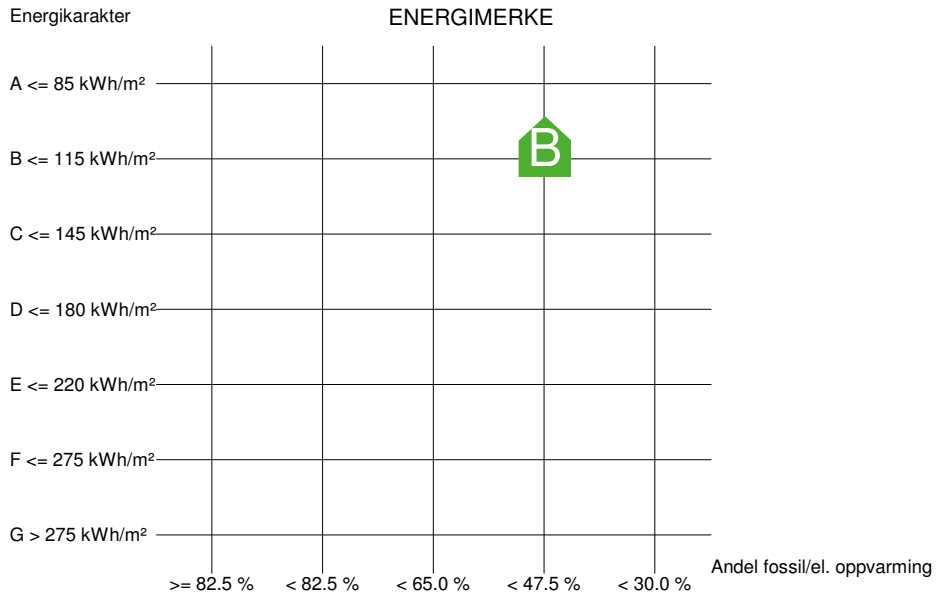
Vedlegg 02 - Energimerke Remmen Kompetansesenter – Med fjernvarme



SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke
Tid/dato simulering: 16:02 21/4-2014
Programversjon: 5.018
Brukernavn: Student
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\Users\Magnus\Downloads\Remmen Kompetansesenter_Fjernvarme.smi
Prosjekt: Remmen Kompetansesenter
Sone: Alle soner



Beregnet levert energi normalisert klima: 110 kWh/m²
Sum andel el/olje/gass av netto oppvarmingsbehov: 30.0 %

Beregnet levert energi	
Beskrivelse	Verdi
Energibruk normalisert klima	110 kWh/m ²
Energibruk lokalt klima	110 kWh/m ²



SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke
Tid/dato simulering: 16:02 21/4-2014
Programversjon: 5.018
Brukernavn: Student
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\Users\Magnus\Downloads\Remmen Kompetansesenter_Fjernvarme.smi
Prosjekt: Remmen Kompetansesenter
Sone: Alle soner

Beskrivelse	Forventet levert energi	Verdi
Elektrisitet		278377 kWh
Olje		0 kWh
Gass		0 kWh
Fjernvarme		84293 kWh
Biobrensel		0 kWh
Annen energivare		0 kWh
Total energibruk		362670 kWh

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	1438	
Areal tak [m ²]:	760	
Areal gulv [m ²]:	782	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	674	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	3294	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	11304	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,13	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,09	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	0,77	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	20,5	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,06	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	88	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	81	



SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke
Tid/dato simulering: 16:02 21/4-2014
Programversjon: 5.018
Brukernavn: Student
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\Users\Magnus\Downloads\Remmen Kompetansesenter_Fjernvarme.smi
Prosjekt: Remmen Kompetansesenter
Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	81,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,91	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	7,0	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	2,0	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,95	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	110	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,40	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	109	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,60	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	24,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	
Driftstid belysning (timer)	12,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	12,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	8,00	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	8,00	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	11,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	11,00	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	0,80	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	4,00	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,06	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,17	
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	1,00	



SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke
Tid/dato simulering: 16:02 21/4-2014
Programversjon: 5.018
Brukernavn: Student
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\Users\Magnus\Downloads\Remmen Kompetansesenter_Fjerrnvarme.smi
Prosjekt: Remmen Kompetansesenter
Sone: Alle soner

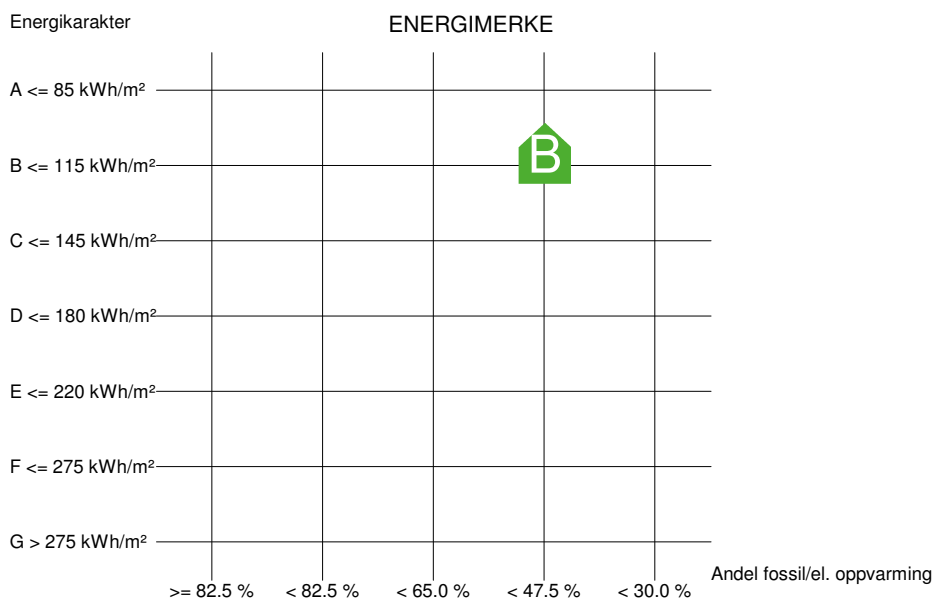
Inndata bygning		
Beskrivelse		Verdi
Bygningskategori		Kontorbygg
Simuleringsansvarlig		Magnus
Kommentar		



SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke
Tid/dato simulering: 16:03 21/4-2014
Programversjon: 5.018
Brukernavn: Student
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\Users\Magnus\Downloads\Remmen Kompetansesenter_Solceller.smi
Prosjekt: Remmen Kompetansesenter
Sone: Alle soner



Beregnet levert energi normalisert klima: 106 kWh/m²
Sum andel el/olje/gass av netto oppvarmingsbehov: 30.0 %

Beregnet levert energi	
Beskrivelse	Verdi
Energibruk normalisert klima	106 kWh/m ²
Energibruk lokalt klima	106 kWh/m ²



SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke
Tid/dato simulering: 16:03 21/4-2014
Programversjon: 5.018
Brukernavn: Student
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\Users\Magnus\Downloads\Remmen Kompetansesenter_Solceller.smi
Prosjekt: Remmen Kompetansesenter
Sone: Alle soner

Beskrivelse	Forventet levert energi	Verdi
Elektrisitet		265678 kWh
Olje		0 kWh
Gass		0 kWh
Fjernvarme		84293 kWh
Biobrensel		0 kWh
Annen energivare		0 kWh
Total energibruk		349972 kWh

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	1438	
Areal tak [m ²]:	760	
Areal gulv [m ²]:	782	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	674	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	3294	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	11304	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,13	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,09	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	0,77	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	20,5	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,06	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	88	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	81	



SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke
Tid/dato simulering: 16:03 21/4-2014
Programversjon: 5.018
Brukernavn: Student
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\Users\Magnus\Downloads\Remmen Kompetansesenter_Solceller.smi
Prosjekt: Remmen Kompetansesenter
Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	81,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ² /s]:	1,91	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	7,0	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	2,0	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,95	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	110	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,40	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	109	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,60	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	24,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	
Driftstid belysning (timer)	12,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	12,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	8,00	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	8,00	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	11,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	11,00	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	0,80	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	4,00	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,06	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,17	
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	1,00	



SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke
Tid/dato simulering: 16:03 21/4-2014
Programversjon: 5.018
Brukernavn: Student
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\Users\Magnus\Downloads\Remmen Kompetansesenter_Solceller.smi
Prosjekt: Remmen Kompetansesenter
Sone: Alle soner

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Kontorbygg
Simuleringsansvarlig	Magnus
Kommentar	

Vedlegg 04 – NPV og LCOE

Installert effekt (kWp)	kWp	16,4
Systempris per enhet	NOK/kWp	20 580
Total systempris	NOK	336 534
Alternativkostnad - Fasade	NOK	105 500
Årlig drift og vedlikeholds kostnader	% av syst.pris	2,0 %
Kostnad inverter bytte – 12,5 år	NOK	47 600
Økonomisk levetid	ÅR	25
Diskonteringsrate	%	5,0 %
Degraderingsrate	%	1,2 %

Energiproduksjon	kWh	13640,6
Årlig økning el-pris	%	2,7 %

ÅR	Driftsresultat	Drift & Vedlikehold	Innvestering	Kontantoverskudd
1	8 844	-6 731	-	2 113
2	8 973	-6 731	-	2 243
3	9 105	-6 731	-	2 374
4	9 239	-6 731	-	2 508
5	9 374	-6 731	-	2 644
6	9 512	-6 731	-	2 781
7	9 651	-6 731	-	2 921
8	9 793	-6 731	-	3 062
9	9 937	-6 731	-	3 206
10	10 083	-6 731	-	3 352
11	10 231	-6 731	-	3 500
12	10 381	-6 731	-47 600	-43 950
13	10 533	-6 731	-	3 802
14	10 688	-6 731	-	3 957
15	10 845	-6 731	-	4 114
16	11 004	-6 731	-	4 273
17	11 165	-6 731	-	4 434
18	11 329	-6 731	-	4 598
19	11 495	-6 731	-	4 765
20	11 664	-6 731	-	4 933
21	11 835	-6 731	-	5 104
22	12 009	-6 731	-	5 278
23	12 185	-6 731	-	5 454
24	12 364	-6 731	-	5 633
25	12 545	-6 731	-	5 815
			NPV	-kr 198 536

År	EL-produksjon	Estim. EL-pris	Inntekt
1	13477	0,66	8 844
2	13315	0,67	8 973
3	13155	0,69	9 105
4	12998	0,71	9 239
5	12842	0,73	9 374
6	12687	0,75	9 512
7	12535	0,77	9 651
8	12385	0,79	9 793
9	12236	0,81	9 937
10	12089	0,83	10 083
11	11944	0,86	10 231
12	11801	0,88	10 381
13	11659	0,90	10 533
14	11519	0,93	10 688
15	11381	0,95	10 845
16	11245	0,98	11 004
17	11110	1,00	11 165
18	10976	1,03	11 329
19	10845	1,06	11 495
20	10715	1,09	11 664
21	10586	1,12	11 835
22	10459	1,15	12 009
23	10333	1,18	12 185
24	10209	1,21	12 364
25	10087	1,24	12 545
SUM	292 589		

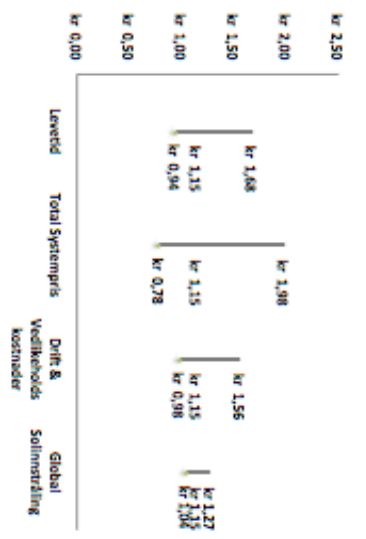
NPV	-kr 436 097	NPV	-kr 335 620,83
eks. Alt.kost		bare kostnad	
LCOE	-kr 1,49	LCOE	-kr 1,15
eks. Alt.kost		ink alt.kost	

Vedlegg 05 – Følsomhetsanalyse LCOE

År	BASE CASE					Sum produksj	År	El-produksjon	Estim. El-pris	Intekt	Sum produksjon	År	El-produksjon	-10%	10%
	Driftresultat	Drift & Vedlikehold	2,0%	1,0%	3,0%										
1	8844	6731	3365	10 096	-	2 113	1	13477	0,66	8 844	1	12129	14825		
2	8973	6731	3365	10 096	-	2 243	2	13155	0,67	8 973	2	11984	14647		
3	9105	6731	3365	10 096	-	2 374	3	13155	0,69	9 105	3	11840	14471		
4	9239	6731	3365	10 096	-	2 508	4	12998	0,71	9 239	4	11698	14297		
5	9374	6731	3365	10 096	-	2 644	5	12842	0,73	9 374	5	11557	14126		
6	9512	6731	3365	10 096	-	2 781	6	12687	0,75	9 512	6	11419	13956		
7	9651	6731	3365	10 096	-	2 921	7	12535	0,77	9 651	7	11282	13789		
8	9793	6731	3365	10 096	-	3 062	8	12385	0,79	9 793	8	11146	13623		
9	9937	6731	3365	10 096	-	3 206	9	12236	0,81	9 937	9	11013	13460		
10	10083	6731	3365	10 096	-	3 352	10	12089	0,83	10 083	10	10880	13298		
11	10231	6731	3365	10 096	-	3 500	11	11944	0,86	10 231	11	10750	13139		
12	10381	6731	3365	10 096	47 600	43 950	12	11801	0,88	10 381	12	10621	12981		
13	10533	6731	3365	10 096	-	3 802	13	11659	0,90	10 533	13	10493	12825		
14	10688	6731	3365	10 096	-	3 957	14	11519	0,93	10 688	14	10367	12671		
15	10845	6731	3365	10 096	-	4 114	15	11381	0,95	10 845	15	10243	12519		
16	11004	6731	3365	10 096	-	4 273	16	11245	0,98	11 004	16	10120	12369		
17	11165	6731	3365	10 096	-	4 434	17	11110	1,00	11 165	17	10000	12221		
18	11329	6731	3365	10 096	-	4 598	18	10976	1,03	11 329	18	9879	12074		
19	11495	6731	3365	10 096	-	4 765	19	10845	1,06	11 495	19	9760	11929		
20	11664	6731	3365	10 096	-	4 933	20	10715	1,09	11 664	20	9643	11786		
21	11835	6731	3365	10 096	-	5 104	21	10586	1,12	11 835	21	9527	11645		
22	12009	6731	3365	10 096	-	5 278	22	10459	1,15	12 009	22	9413	11505		
23	12185	6731	3365	10 096	-	5 454	23	10333	1,18	12 185	23	9300	11367		
24	12364	6731	3365	10 096	-	5 633	24	10209	1,21	12 364	24	9188	11230		
25	12545	6731	3365	10 096	47 600	41 785	25	10087	1,24	12 545	25	9078	11096		
26	12729	6731	3365	10 096	-	5 999	26	9966	1,28	12 729	SUM	263 330	321 848		
27	12916	6731	3365	10 096	-	6 186	27	9846	1,31	12 916					
28	13106	6731	3365	10 096	-	6 375	28	9728	1,35	13 106					
29	13298	6731	3365	10 096	-	6 568	29	9611	1,38	13 298					
30	13493	6731	3365	10 096	-	6 763	30	9496	1,42	13 493					
31	13691	6731	3365	10 096	-	6 961	31	9382	1,46	13 691					
32	13892	6731	3365	10 096	-	7 162	32	9269	1,50	13 892					
33	14096	6731	3365	10 096	-	7 366	33	9158	1,54	14 096					
34	14303	6731	3365	10 096	-	7 572	34	9048	1,58	14 303					
35	14513	6731	3365	10 096	-	7 782	35	8940	1,62	14 513					
36	14726	6731	3365	10 096	47 600	7 995	36	8832	1,67	14 726					
37	14942	6731	3365	10 096	-	39 389	37	8727	1,71	14 942					
38	15161	6731	3365	10 096	-	8 431	38	8622	1,76	15 161					
39	15384	6731	3365	10 096	-	8 653	39	8518	1,81	15 384					
40	15610	6731	3365	10 096	-	8 879	40	8416	1,85	15 610	SUM	430 150			

Installert effekt (kWp)	kWp	16,4	10 %	-10 %	15 AR															
Systempris per enhet	NOK/kWp	20 580			NPV	kr 412 288														
Total systempris	NOK	336 534	370 188	302 881	bare kostnad															
Alternativkostnad - Fa	NOK	105 500																		
Arlig drift og vedlikeho % av syst-pris	%	2,0 %	3,0 %	1,0 %	LCOE	kr 2														
Kostnad invester bytte NOK	AR	47 600			eks. Alt.kost															
Økonomisk levetid	AR	15	25	35	25 AR															
Diskonteringsrate	%	5,0 %			NPV	kr 436 097														
Degraderingsrate	%	1,2 %			bare kostnad															
Energiproduksjon	kWh	13640,6	15004,7	12276,5	LCOE	kr 1,49														
Arlig Økning ei-pris	%	2,7 %			eks. Alt.kost															
					NPV	kr 464 101														
					bare kostnad															
					LCOE	kr 1,20														
					eks. Alt.kost															
					LCOE	kr 0,94														
					ink alt.kost															

AR	Open	High	Close
Levetid	kr 1,15	kr 1,68	kr 0,94
Total Systempri	kr 1,15	kr 1,98	kr 0,78
Drift & Vedlikeho	kr 1,15	kr 1,56	kr 0,98
Global Solinstr	kr 1,15	kr 1,27	kr 1,04



Vedlegg 06 – Vektete el-priser den 3. Juni 2013 og 2030

For vedlegget er det hentet el-priser for 3 Juni fra base-scenarioet for estimerte el-priser i 2030 (Tveten 2014), og el-priser fra NordPool 2013 (NordPool 2014). Disse prisene er oppgitt i €/MWh og omregnet til NOK/kWh, ved å multiplisere med dagens eurokurs (Bank 2014) og dele på 1000. Nettleie og avgifter er for 2013, innhentet fra Hafslundnett (BREEAM 2014). For 2030 er nettleie og avgifter estimert frem i tid, som beskrevet i kapittel 2.7, med lineær økning på 2,7 %.

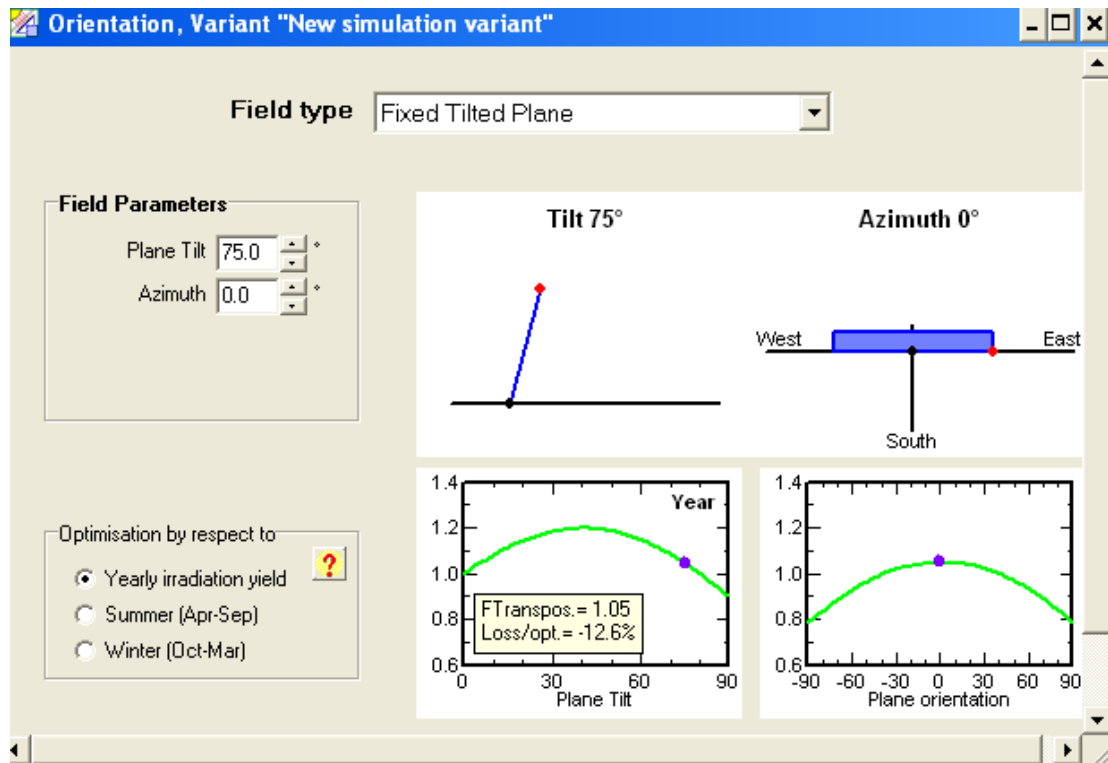
Produksjonen ved en time er vektet med sum av el-pris for den aktuelle time og nettleie og avgifter, som fører til inntekt denne time. Sum av inntekter dividert med total energiproduksjon gir en vektet energipris for gjeldende døgn i henholdsvis 2013 og 2030.

Time	Times produksjon	EL-pris		Nettleie og avgifter		Inntekt		EL-pris	
	3. Juni (Snitt 08-13)	3. juni 2013	3. juni 2030	2013	2030	2013	2030	3. juni 2013	3. juni 2030
	kWh	NOK/ kWh	NOK/ kWh	NOK/kWh	NOK	NOK	NOK	€/MWh	€/MWh
1	0,0	0,25	0,41	0,37	0,58	0,00	0,00	31,02	50,16
2	0,0	0,23	0,41	0,37	0,58	0,00	0,00	27,61	49,82
3	0,0	0,21	0,38	0,37	0,58	0,00	0,00	26,12	45,78
4	0,2	0,20	0,34	0,37	0,58	0,09	0,15	24,46	41,06
5	0,9	0,23	0,30	0,37	0,58	0,54	0,79	28,13	36,47
6	2,3	0,26	0,30	0,37	0,58	1,43	2,00	31,5	35,94
7	3,8	0,29	0,30	0,37	0,58	2,47	3,28	35,61	36,33
8	5,3	0,31	0,27	0,37	0,58	3,59	4,53	37,22	32,96
9	6,8	0,31	0,30	0,37	0,58	4,62	5,93	38,24	36,23
10	8,0	0,31	0,30	0,37	0,58	5,46	7,03	38,3	36,58
11	8,7	0,32	0,32	0,37	0,58	5,95	7,79	38,39	38,44
12	9,6	0,32	0,31	0,37	0,58	6,52	8,50	38,39	38,13
13	9,8	0,32	0,41	0,37	0,58	6,67	9,65	38,42	49,92
14	10,0	0,32	0,42	0,37	0,58	6,84	9,99	38,34	50,94
15	9,3	0,31	0,41	0,37	0,58	6,30	9,18	38,2	50,46
16	8,0	0,31	0,35	0,37	0,58	5,45	7,45	38,04	42,69
17	6,3	0,31	0,36	0,37	0,58	4,24	5,87	37,61	43,58
18	4,7	0,31	0,36	0,37	0,58	3,18	4,43	37,29	43,81
19	3,2	0,31	0,36	0,37	0,58	2,19	3,03	37,7	43,76
20	1,6	0,31	0,36	0,37	0,58	1,08	1,48	38,18	43,85
21	0,4	0,31	0,41	0,37	0,58	0,30	0,44	38,04	50,23
22	0,0	0,31	0,44	0,37	0,58	0,00	0,00	37,93	52,98
23	0,0	0,30	0,43	0,37	0,58	0,00	0,00	37,03	52,72
24	0,0	0,28	0,43	0,37	0,58	0,00	0,00	34,12	52,71
SUM	99,0					66,9	91,5		

Kurs NOK pr 8,22 09.04.14
Vektet energipris 3. Juni 2013 = 0,68

Vektet energipris 3. Juni 2030 = 0,92

Her ble PvSyst benyttet for å finne årlig optimalisering mot en flate med 75 graders vinkling. Lokasjon for simuleringen er Halden, hvor Remmen Kompetansesenter ligger. Som det fremkommer av resultatet under er det 12,6% tap fra vinkel som er optimalt for opptak, og en transposisjonsfaktor på 1,05.



Vedlegg 08 - Forbruksmålinger Remmen Kompetansesenter

Målt forbruk ved Remmen Kompetansesenter fra 16.09.2013 til 01.04.2014.

Dato	Dnr	1 [kWh]	2 [kWh]	3 [kWh]	4 [kWh]	5 [kWh]	6 [kWh]	7 [kWh]	8 [kWh]	9 [kWh]	10 [kWh]	11 [kWh]	12 [kWh]	13 [kWh]	14 [kWh]	15 [kWh]	16 [kWh]	17 [kWh]	18 [kWh]	19 [kWh]	20 [kWh]	21 [kWh]	22 [kWh]	23 [kWh]	24 [kWh]	Sum [kWh]	
16.09.2013	m	39	27	28	28	28	28	28	28	41	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	978
17.09.2013	h	39	28	27	27	28	28	28	28	40	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	979
18.09.2013	on	39	28	28	28	28	28	28	28	41	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	978
19.09.2013	to	39	27	28	28	28	28	28	28	41	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	978
20.09.2013	f	34	35	34	34	34	34	34	34	51	53	53	50	50	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	847
21.09.2013	h	9	9	9	9	9	9	9	9	34	48	48	46	47	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	507
22.09.2013	h	9	9	9	9	9	9	9	9	34	48	48	46	47	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	507
23.09.2013	m	9	10	10	10	10	10	10	10	34	48	48	46	47	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	508
24.09.2013	h	12	11	11	11	11	11	11	11	41	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	584
25.09.2013	on	3	3	3	3	3	3	3	3	36	43	43	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	571
26.09.2013	to	5	4	4	4	4	4	4	4	40	48	48	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	528
27.09.2013	f	14	13	15	15	14	14	15	14	52	55	55	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	878
28.09.2013	h	15	13	15	15	17	17	17	17	52	55	55	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	890
29.09.2013	h	16	14	16	16	14	14	16	16	55	55	55	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	900
30.09.2013	m	15	16	18	18	14	14	15	15	55	55	55	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	900
01.10.2013	h	25	26	25	27	26	24	26	26	58	60	60	62	62	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	1339
02.10.2013	on	61	60	65	65	65	64	64	64	71	82	82	79	79	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1692
03.10.2013	to	63	67	67	67	67	67	67	67	71	82	82	79	79	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1538
04.10.2013	f	50	60	61	61	59	60	60	60	66	78	78	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	1475
05.10.2013	h	50	53	49	49	50	49	49	49	64	78	78	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	1098
06.10.2013	h	54	58	61	61	62	63	63	63	64	78	78	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	1254
07.10.2013	m	43	46	44	44	42	44	45	43	54	71	71	66	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	1641
08.10.2013	h	69	69	70	70	70	70	70	70	80	91	91	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	2002
09.10.2013	on	71	71	70	70	70	70	70	70	80	91	91	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	2002
10.10.2013	to	97	96	95	95	99	99	99	99	111	121	118	109	109	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	2086
11.10.2013	f	99	99	99	99	99	99	99	99	111	121	118	109	109	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	2086
12.10.2013	h	41	41	47	47	45	45	47	47	47	57	57	58	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	1093
13.10.2013	h	38	35	40	40	39	39	39	39	38	36	36	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	783
14.10.2013	m	24	24	25	25	25	25	25	25	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	619
15.10.2013	h	17	27	25	25	19	19	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	850
16.10.2013	on	57	57	58	58	58	58	58	58	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	1174
17.10.2013	to	62	62	67	67	72	72	72	72	79	101	101	89	89	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	1040
18.10.2013	f	45	45	48	48	49	49	49	49	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1542
19.10.2013	h	46	45	48	48	49	49	49	49	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1542
20.10.2013	m	42	42	45	45	46	46	46	46	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	1542
21.10.2013	h	42	42	41	41	36	36	36	36	60	60	60	72	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	890
22.10.2013	on	42	42	41	41	36	36	36	36	60	60	60	72	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	890
23.10.2013	to	31	32	32	31	31	31	31	31	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1184
24.10.2013	h	15	15	15	15	14	14	14	14	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	868
25.10.2013	on	17	18	17	17	17	17	17	17	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	775
26.10.2013	f	20	19	18	17	17	17	17	17	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	815
27.10.2013	h	20	19	18	17	17	17	17	17	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	815
28.10.2013	m	28	28	27	27	27	27	27	27	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	888
29.10.2013	h	34	37	37	33	33	33	33	33	34	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	750
30.10.2013	on	42	34	34	31	31	33	33	33	34	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	888
31.10.2013	to	42	34	34	31	31	33	33	33	34	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	888
01.11.2013	h	50	47	47	47	47	47	47	47	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	1455
02.11.2013	h	49	46	46	46	46	46	46	46	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	1429
03.11.2013	h	55	55	55	55	55	55	55	55	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	1254

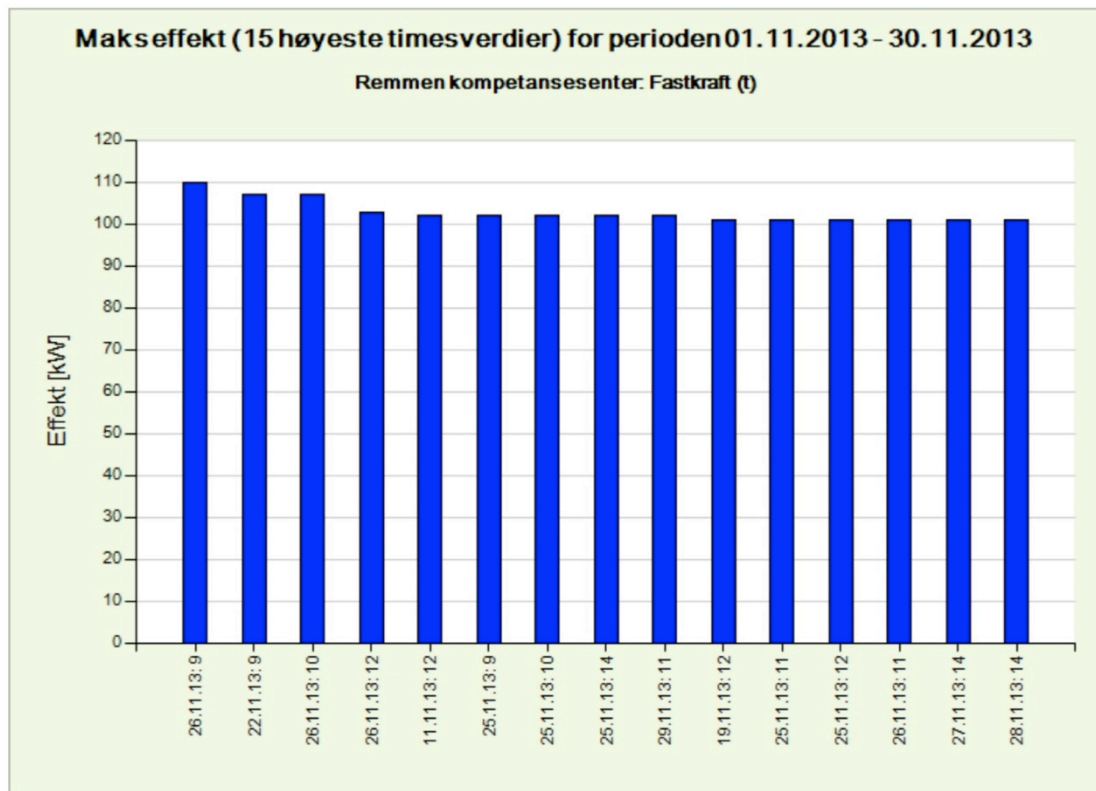
Date	1 [kmh]	2 [kmh]	3 [kmh]	4 [kmh]	5 [kmh]	6 [kmh]	7 [kmh]	8 [kmh]	9 [kmh]	10 [kmh]	11 [kmh]	12 [kmh]	13 [kmh]	14 [kmh]	15 [kmh]	16 [kmh]	17 [kmh]	18 [kmh]	19 [kmh]	20 [kmh]	21 [kmh]	22 [kmh]	23 [kmh]	24 [kmh]	Sum [kmh]		
04.11.2013	m	39	41	39	40	40	41	50	68	88	82	89	83	89	89	88	80	74	66	58	54	57	59	55	1500		
05.11.2013	h	55	45	47	47	49	48	58	71	87	95	92	100	96	88	88	83	68	52	47	50	40	44	38	1575		
06.11.2013	h	43	37	35	39	41	36	50	71	85	95	88	89	90	92	82	85	79	75	55	54	49	43	44	1519		
07.11.2013	h	44	40	40	44	40	37	49	59	83	88	85	85	85	85	79	79	70	57	49	49	41	40	42	1461		
08.11.2013	h	41	43	40	40	41	42	51	71	84	87	85	88	81	81	77	75	58	48	42	42	43	43	44	1486		
09.11.2013	h	40	40	45	40	41	40	39	41	42	41	38	37	37	46	46	60	65	55	49	46	40	41	40	1003		
10.11.2013	h	40	39	41	39	41	40	43	41	37	41	38	41	41	46	48	47	47	53	49	50	42	42	43	1043		
11.11.2013	m	42	45	46	44	44	43	56	87	93	98	99	102	94	96	86	85	75	71	50	44	42	43	43	1618		
12.11.2013	h	42	42	43	43	42	41	54	65	88	91	92	86	88	85	83	80	77	60	54	50	48	43	40	1476		
13.11.2013	h	42	41	41	41	39	39	53	67	88	91	91	90	91	90	82	79	79	67	61	54	43	42	37	1487		
14.11.2013	h	42	41	42	41	41	41	51	74	85	89	87	89	89	91	82	80	75	63	59	47	40	40	39	1465		
15.11.2013	h	40	40	42	42	42	43	54	74	87	97	90	99	90	99	83	83	77	65	52	44	45	46	42	1505		
16.11.2013	h	38	42	40	38	40	39	38	35	38	39	40	40	40	45	40	40	36	37	32	36	39	37	38	985		
17.11.2013	h	38	39	38	37	38	39	38	38	39	38	36	36	38	38	36	34	34	33	33	33	48	40	42	1507		
18.11.2013	m	43	38	40	39	41	37	54	77	87	91	94	101	99	99	86	86	78	69	53	43	42	40	44	1507		
19.11.2013	h	41	40	39	40	41	43	52	76	92	98	97	101	99	99	88	86	78	72	62	52	46	45	43	1579		
20.11.2013	h	43	44	40	44	40	43	60	83	97	98	96	92	94	96	86	79	70	62	62	54	50	47	43	1595		
21.11.2013	h	44	51	45	45	41	40	55	75	88	97	95	99	96	90	94	91	82	76	66	59	51	49	51	1601		
22.11.2013	h	47	51	42	44	47	44	66	90	107	96	97	107	96	95	95	85	83	83	66	53	50	50	50	1679		
23.11.2013	h	49	48	49	49	49	49	52	48	45	49	50	46	46	48	47	47	46	47	47	47	47	47	47	51	1216	
24.11.2013	h	46	50	50	51	49	49	49	50	50	45	47	46	46	52	51	65	66	66	66	66	60	60	60	54	1216	
25.11.2013	m	54	50	55	49	52	53	64	99	102	102	101	101	103	103	98	94	94	93	94	98	98	98	98	98	1702	
26.11.2013	h	57	51	54	52	49	49	72	98	110	107	101	103	98	97	93	89	80	80	80	66	67	69	69	54	1803	
27.11.2013	h	54	53	52	52	51	51	59	84	94	96	97	95	94	101	90	82	82	75	65	59	53	51	47	54	1707	
28.11.2013	h	44	44	48	46	44	48	57	80	92	95	99	93	94	101	83	86	82	70	56	52	51	51	47	54	1617	
29.11.2013	h	45	45	47	47	48	45	61	78	89	92	95	102	100	87	82	78	75	72	68	64	64	64	64	51	1606	
30.11.2013	h	54	49	49	47	48	47	52	47	47	44	46	44	44	44	44	46	46	46	46	46	46	46	46	50	1206	
01.12.2013	h	54	49	49	48	48	47	52	47	47	44	46	44	44	44	44	46	46	46	46	46	46	46	46	50	1206	
02.12.2013	m	52	47	50	48	49	51	66	88	99	97	103	103	97	99	88	87	82	72	59	54	58	58	51	1191		
03.12.2013	h	53	52	55	48	49	51	63	84	96	98	94	91	94	97	88	85	80	69	69	66	65	65	65	43	1627	
04.12.2013	h	41	44	43	42	44	44	54	83	97	99	93	100	93	96	87	80	88	83	66	65	65	65	65	54	1670	
05.12.2013	h	59	47	49	50	49	50	58	81	95	97	99	96	95	95	86	86	78	72	62	62	62	62	62	50	1606	
06.12.2013	h	51	53	51	49	48	46	60	84	98	95	97	105	95	95	88	85	82	75	69	67	67	67	67	51	1671	
07.12.2013	h	51	53	51	49	49	51	52	50	55	50	52	49	50	49	49	49	49	49	51	48	47	50	54	52	1208	
08.12.2013	h	52	55	51	55	52	51	54	54	52	53	52	53	53	47	47	54	57	54	54	52	58	55	53	53	1258	
09.12.2013	m	53	50	50	48	48	50	60	83	103	102	107	107	101	96	99	93	93	75	67	67	67	67	67	67	57	1758
10.12.2013	h	56	50	48	50	50	48	68	90	100	98	95	97	95	95	89	87	82	73	65	65	65	65	65	52	1679	
11.12.2013	h	56	51	52	49	50	46	75	75	102	97	95	99	99	96	91	87	80	77	77	74	74	74	74	61	1671	
12.12.2013	h	45	43	43	44	44	46	41	75	96	95	95	99	99	88	88	87	81	74	65	61	55	52	45	43	1508	
13.12.2013	h	47	47	48	44	49	46	46	72	92	92	92	100	100	100	85	87	87	75	75	62	52	51	48	52	1605	
14.12.2013	h	49	47	46	46	46	46	44	44	45	44	45	48	41	43	41	47	48	44	44	44	45	45	44	44	1095	
15.12.2013	h	49	45	46	46	44	44	44	44	43	43	45	48	41	43	48	50	51	43	43	43	49	47	47	47	1504	
16.12.2013	h	46	45	44	47	47	43	44	75	92	94	91	97	97	90	87	86	77	73	63	63	63	63	63	63	51	1594
17.12.2013	h	46	45	47	47	47	43	43	78	94	92	92	94	89	89	84	80	80	71	68	68	68	68	68	68	51	1572
18.12.2013	h	55	52	56	50	57	53	54	72	98	94	96	95	95	95	92	90	90	71	68	68	68	68	68	68	71	1700
19.12.2013	h	69	65	64	61	67	62	65	86	106	104	99	99	98	96	95	92	85	73	63	63	62	67	67	71	1872	
20.12.2013	h	63	65	60	62	62	60	64	88	101	94	98	97	99	91	90	87	79	71	61	58	59	61	61	61	1482	
21.12.2013	h	68	65	60	62	62	60	64	88	101	94	98	97	99	91	90	87	79	71	61	58	59	61	61	61	1482	
22.12.2013	h	68	65	60	62	62	60	64	88	101	94	98	97	99	91	90	87	79	71	61	58	59	61	61	61	1482	
23.12.2013	h	68	65	60	62	62	60	64	88	101	94	98	97	99	91	90	87	79	71	61	58	59	61	61	61	1482	
24.12.2013	h	68	65	60	62	62	60	64	88	101	94	98	97	99	91	90	87	79	71	61	58	59	61	61	61	1482	
25.12.2013	h	68	65	60	62	62	60	64	88	101	94	98	97	99	91	90	87	79	71	61	58	59	61	61	61	1482	

Дата	1 [кВтч]	2 [кВтч]	3 [кВтч]	4 [кВтч]	5 [кВтч]	6 [кВтч]	7 [кВтч]	8 [кВтч]	9 [кВтч]	10 [кВтч]	11 [кВтч]	12 [кВтч]	13 [кВтч]	14 [кВтч]	15 [кВтч]	16 [кВтч]	17 [кВтч]	18 [кВтч]	19 [кВтч]	20 [кВтч]	21 [кВтч]	22 [кВтч]	23 [кВтч]	24 [кВтч]	Sum [кВтч]	
24.12.2013	h	53	54	53	53	53	52	54	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	51	1314
25.12.2013	h	57	57	51	49	49	49	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1282
26.12.2013	h	48	50	48	48	51	51	46	48	50	51	49	46	49	47	48	48	48	47	47	48	48	49	49	46	1363
27.12.2013	h	47	47	47	47	44	44	46	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	1396
28.12.2013	h	49	46	46	44	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1288
29.12.2013	h	52	52	50	50	53	53	49	49	50	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1460
30.12.2013	h	51	50	50	47	50	49	49	49	50	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	1579
01.01.2014	h	49	51	50	47	48	48	49	50	54	60	61	55	58	61	54	59	59	59	53	51	49	50	51	50	1292
02.01.2014	h	51	53	49	49	50	50	51	49	57	59	58	63	60	63	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1332
03.01.2014	h	49	49	48	48	49	49	49	49	52	51	87	96	97	96	89	89	90	90	90	90	90	90	90	90	1644
04.01.2014	h	55	59	51	52	52	52	52	52	63	96	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	1624
05.01.2014	h	45	46	48	48	48	48	44	44	60	60	62	60	63	63	60	63	60	61	61	61	61	61	61	61	1316
06.01.2014	h	52	54	53	51	51	47	47	47	58	57	58	56	55	61	65	60	63	64	64	64	64	64	64	64	1335
07.01.2014	h	48	46	47	47	47	48	47	47	77	94	97	98	98	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	1654
08.01.2014	h	49	43	42	42	41	41	42	42	83	96	96	95	95	98	96	98	96	96	96	96	96	96	96	96	1628
09.01.2014	h	52	54	50	48	48	48	48	48	101	107	108	103	95	103	95	102	108	101	94	94	94	94	94	94	1741
10.01.2014	h	55	54	50	48	48	48	46	46	105	105	107	107	107	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	1782
11.01.2014	h	47	46	45	45	46	46	46	46	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	1616
12.01.2014	h	41	45	45	45	46	46	46	46	47	58	62	63	66	66	66	66	64	64	64	64	64	64	64	64	1311
13.01.2014	h	43	47	45	45	47	47	47	47	65	71	80	78	82	82	76	72	72	72	72	72	72	72	72	72	1583
14.01.2014	h	61	60	56	56	58	57	57	58	103	128	126	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	1724
15.01.2014	h	92	88	85	85	83	87	81	86	119	129	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	2488
16.01.2014	h	83	81	79	74	74	79	79	79	106	126	120	120	121	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	2208
17.01.2014	h	64	63	63	63	63	63	63	62	86	100	108	103	105	110	103	108	108	110	103	103	103	103	103	103	1890
18.01.2014	h	53	55	54	54	54	54	56	56	85	109	108	108	105	108	108	108	108	110	103	103	103	103	103	103	1912
19.01.2014	h	56	60	60	60	60	60	60	60	79	81	88	84	84	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	1680
20.01.2014	h	64	58	58	58	58	58	60	60	99	118	117	112	112	104	114	104	114	104	104	104	104	104	104	104	1719
21.01.2014	h	77	71	72	71	71	71	75	75	105	117	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	2093
22.01.2014	h	55	61	58	58	59	62	72	73	120	120	113	113	113	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	2055
23.01.2014	h	71	71	74	74	71	71	71	71	95	110	110	110	114	109	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	2156
24.01.2014	h	79	77	68	68	71	71	71	71	86	119	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	2127
25.01.2014	h	78	71	71	71	71	71	74	74	81	83	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	1967
26.01.2014	h	81	75	72	72	74	74	74	74	90	91	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	2039
27.01.2014	h	68	74	70	70	73	73	73	73	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	2090
28.01.2014	h	68	68	68	65	64	64	65	64	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	2104
29.01.2014	h	78	76	76	76	76	76	76	76	99	116	126	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	2297
30.01.2014	h	86	81	84	84	83	83	81	81	108	109	121	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	2279
31.01.2014	h	78	79	79	79	78	78	82	82	96	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	2218
01.02.2014	h	69	70	70	66	72	72	66	67	72	73	74	74	71	66	71	66	71	66	71	66	71	66	71	66	1864
02.02.2014	h	69	70	66	66	67	72	66	67	72	73	74	74	71	66	71	66	71	66	71	66	71	66	71	66	1897
03.02.2014	h	71	63	63	63	64	66	64	64	91	97	100	101	102	99	94	93	94	93	94	93	94	93	94	93	1825
04.02.2014	h	62	58	55	57	57	57	60	60	82	105	107	107	107	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	1829
05.02.2014	h	64	60	58	58	61	61	65	65	86	109	104	108	104	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	1930
06.02.2014	h	60	63	68	68	61	61	67	74	93	108	112	107	103	106	100	101	96	96	101	96	96	99	99	96	1938
07.02.2014	h	56	48	48	48	50	48	48	48	105	105	108	107	101	102	107	98	96	96	107	98	96	96	96	96	1759
08.02.2014	h	48	48	49	48	51	51	53	52	72	72	74	74	74	64	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	1427
09.02.2014	h	48	49	48	48	52	52	52	52	72	72	72	72	72	68	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	1427
10.02.2014	h	50	50	50	50	50	50	50	50	85	101	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	1839
11.02.2014	h	61	55	54	54	57	57	54	54	99	101	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	1837

Date	Day	1 [km/h]	2 [km/h]	3 [km/h]	4 [km/h]	5 [km/h]	6 [km/h]	7 [km/h]	8 [km/h]	9 [km/h]	10 [km/h]	11 [km/h]	12 [km/h]	13 [km/h]	14 [km/h]	15 [km/h]	16 [km/h]	17 [km/h]	18 [km/h]	19 [km/h]	20 [km/h]	21 [km/h]	22 [km/h]	23 [km/h]	24 [km/h]	Sum [km/h]		
12.02.2014	on	53	56	48	52	51	49	67	91	99	105	102	102	106	107	96	97	95	85	76	70	60	53	55	53	53	1828	
13.02.2014	to	52	55	54	55	49	48	68	93	108	110	102	108	114	107	98	94	89	82	67	58	58	60	60	60	52	1846	
14.02.2014	to	50	50	48	52	51	49	66	86	99	106	104	106	103	103	102	96	88	87	67	53	50	47	44	47	45	1715	
15.02.2014	to	48	48	46	46	49	47	44	49	51	47	44	48	44	48	47	45	45	48	48	50	50	49	49	48	45	1341	
16.02.2014	to	52	54	54	52	50	50	56	90	100	97	102	104	100	100	94	94	90	84	84	70	60	55	55	57	56	1166	
17.02.2014	to	54	55	51	56	52	52	71	92	104	105	98	104	102	100	94	94	88	88	88	69	60	52	52	53	52	1786	
18.02.2014	to	49	53	49	51	51	51	67	88	99	101	103	104	103	103	100	95	97	97	88	77	62	63	62	63	54	1827	
20.02.2014	to	53	56	54	58	63	61	79	94	115	104	94	95	101	98	100	94	89	89	80	72	56	52	55	54	52	1839	
21.02.2014	to	54	50	51	48	49	50	68	82	99	100	99	94	96	93	85	80	77	68	68	59	50	47	49	50	48	1154	
22.02.2014	to	47	47	45	49	48	48	51	45	48	43	42	42	44	43	43	44	47	47	43	43	47	47	46	45	44	1092	
24.02.2014	to	49	47	46	46	46	46	52	63	54	100	95	95	96	92	89	89	88	88	77	64	54	44	44	44	44	1032	
25.02.2014	to	50	51	46	49	49	49	68	82	108	97	95	95	96	93	95	93	88	88	84	81	68	58	54	50	48	1695	
26.02.2014	to	51	48	50	46	46	46	63	83	108	103	103	106	100	106	101	96	96	94	94	82	82	71	61	58	56	57	1798
27.02.2014	to	54	47	50	52	47	47	69	86	97	103	98	101	99	106	101	94	94	85	85	76	65	57	58	53	58	1741	
28.02.2014	to	55	48	48	48	51	46	61	82	97	102	100	103	104	107	98	95	90	89	73	62	57	51	47	48	46	1705	
01.03.2014	to	47	49	48	46	46	46	46	45	50	52	54	54	53	49	45	46	47	47	50	57	57	52	52	50	51	1206	
02.03.2014	to	50	49	53	49	49	49	52	55	53	50	44	43	49	48	45	46	47	47	53	53	46	48	50	56	51	1179	
03.03.2014	to	52	52	51	49	49	49	53	79	100	104	102	105	100	101	102	97	97	95	81	81	62	60	59	53	54	1152	
04.03.2014	to	56	54	53	53	53	51	67	78	98	104	105	105	106	103	103	97	97	90	81	81	67	61	61	60	60	1791	
05.03.2014	to	50	43	47	47	49	45	64	86	99	102	108	105	107	112	96	97	89	89	88	68	68	59	59	51	51	1799	
06.03.2014	to	52	50	49	48	52	50	68	87	101	102	104	100	101	101	99	87	87	85	72	60	60	47	46	45	44	1690	
07.03.2014	to	50	48	46	46	46	46	54	82	101	100	97	96	101	100	92	89	87	87	69	59	52	50	49	48	48	1646	
08.03.2014	to	55	51	49	49	50	48	44	44	45	39	38	42	40	40	46	46	40	40	43	43	44	44	42	42	42	1685	
09.03.2014	to	45	45	44	43	43	42	41	44	44	42	42	42	44	43	43	43	43	43	44	44	44	42	42	42	42	1692	
10.03.2014	to	49	45	45	45	46	45	53	80	97	101	98	100	96	97	97	89	86	89	72	72	68	61	61	60	60	1652	
11.03.2014	to	44	49	49	49	47	47	50	82	92	90	88	94	96	101	92	86	82	82	68	61	53	53	47	51	46	1636	
12.03.2014	to	43	48	48	46	46	47	64	82	91	86	86	86	86	95	84	81	85	84	78	78	71	71	54	54	52	1636	
13.03.2014	to	51	51	55	49	48	48	64	88	99	97	97	97	100	95	91	87	86	86	60	64	57	54	57	57	51	1708	
14.03.2014	to	47	45	43	49	45	51	61	82	96	96	87	91	96	102	94	95	84	84	60	60	53	48	43	44	44	1611	
15.03.2014	to	48	49	42	45	45	45	42	42	45	37	45	41	41	43	43	41	41	43	42	42	42	45	45	46	46	1080	
16.03.2014	to	48	49	42	51	43	47	45	41	44	40	39	40	41	38	40	40	38	40	40	42	42	45	45	48	50	1048	
17.03.2014	to	48	53	49	49	42	42	60	80	88	93	93	99	99	97	91	90	87	81	81	69	69	52	50	49	49	1674	
18.03.2014	to	49	45	44	47	43	39	59	75	101	96	95	94	95	92	85	84	85	85	76	76	59	59	52	52	46	1632	
19.03.2014	to	45	47	46	47	47	47	64	81	103	93	94	94	98	99	88	83	88	88	74	74	63	63	57	57	51	1665	
20.03.2014	to	53	50	46	49	49	46	61	80	88	90	92	88	90	90	82	83	83	83	69	69	64	49	48	48	48	1677	
21.03.2014	to	46	47	45	43	43	46	64	74	93	96	99	96	96	91	83	83	85	85	66	62	62	51	55	55	57	1615	
22.03.2014	to	53	49	45	50	47	47	46	42	42	44	46	42	42	41	41	40	40	39	39	42	42	44	45	48	44	1081	
23.03.2014	to	46	47	45	47	43	46	46	38	43	43	43	40	38	37	40	40	38	38	39	39	44	43	49	53	53	1045	
24.03.2014	to	50	50	48	48	50	48	56	81	96	102	101	98	96	92	88	88	85	85	72	72	56	46	48	48	41	1643	
25.03.2014	to	49	43	45	48	48	48	62	75	89	89	94	94	102	98	87	87	87	87	77	77	62	62	59	59	51	1690	
26.03.2014	to	52	55	51	55	55	57	70	87	101	98	100	100	100	99	91	87	90	90	80	80	67	61	61	57	51	1777	
27.03.2014	to	52	45	49	49	45	46	63	80	90	97	97	94	103	100	88	84	84	84	75	75	65	54	49	50	46	1659	
28.03.2014	to	47	53	47	45	46	52	65	81	96	91	95	95	97	95	87	85	84	84	62	62	50	49	49	42	49	1591	
29.03.2014	to	53	52	48	48	48	47	44	42	41	38	37	33	36	40	42	35	35	37	41	41	44	44	43	43	46	1032	
30.03.2014	to	50	50	46	44	46	47	44	41	40	40	35	35	37	37	40	42	39	39	45	45	44	44	44	44	44	991	
01.04.2014	to	59	62	63	63	63	63	73	73	97	97	94	94	94	94	89	89	89	89	78	74	70	70	50	50	50	1720	
02.04.2014	to	49	48	48	47	47	47	55	68	78	79	78	89	89	79	75	75	73	71	71	65	60	52	51	51	49	1470	
03.04.2014	to	50	48	48	47	47	47	55	75	89	90	90	89	89	79	75	73	73	71	70	70	60	54	53	51	51	1591	

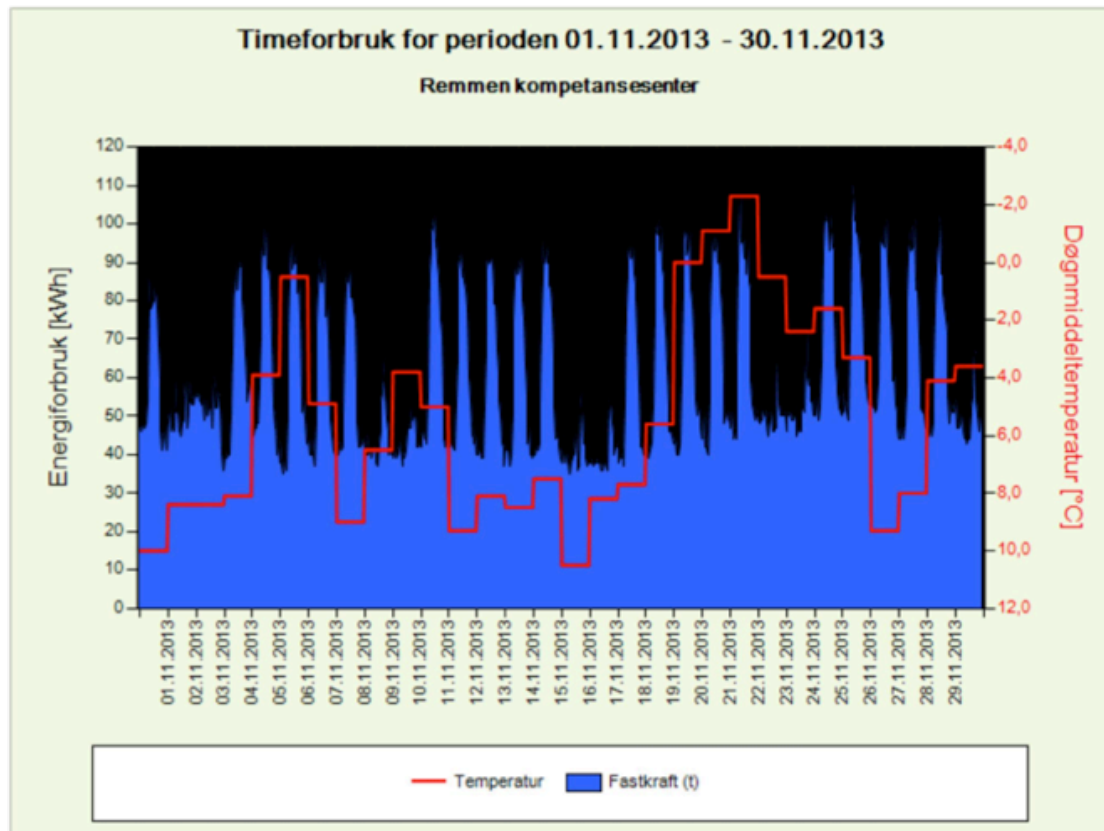
Vedlegg 09 - Makseffekt Remmen Kompetansesenter Nov. 2013

Vedlegg 09 viser til de 15 høyeste timesverdiene målt ved Remmen Kompetansesenter. (Johnsrud 2014)



Vedlegg 10 - Timesforbruk Remmen Kompetansesenter Nov. 2013

Vedlegg 10 viser til målt timesforbruk og døgnmiddeltemperatur ved Remmen Kompetansesenter November 2013. (Johnsrud 2014)





Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

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