
RAPPORT

**KARTLEGGING AV SOLENERGITILTAK
PÅ VESTFOLD FYLKESKOMMUNES EIENDOMMER**



Kunde: Vestfold Fylkeskommune

Prosjekt: Vestfold FK - Kartlegging av solenergitiltak

Prosjektnummer: 27566001

Sweco
Fantoftvegen 14P

NO-5072 Bergen, Norge
Telefon +47 55 27 50 00

www.sweco.no

Sweco Norge AS
Org.nr: 967032271
Hovedkontor: Oslo

Asbjørn Orheim Stoveland

Mobil +47 979 84 707
AsbjornOrheim.Stoveland@sweco.no

Sammendrag

Sweco Norge AS har utført kartlegging av potensial for solenergitiltak på Vestfold Fylkeskommunes eiendommer. Denne rapporten sammenfatter konklusjonene etter denne kartleggingen av solenergitiltak, samt tiltaksliste for etablering av solenergisystemer som vurderes som aktuelle. Rapporten inneholder beskrivelse av ulike teknologier, metodikk, forutsetninger, resultater og konklusjoner.

Totalt 15 eiendommer er blitt vurdert. Solenergitiltakene i denne rapporten er gruppert etter prioritet, hvor 1 er høyest, basert på LCOE (kost-nytte) og vurdering av om det er nær forestående å gjennomføre aktuelle tiltak.

Tiltakene har samlet sett et potensial for omtrent 1,6 GWh/år produsert solenergi, til en forventet merkostnad på ca 22,6 MNOK. Tiltakene med 1. prioritet har samlet sett et potensial på over 900 MWh, til en forventet merkostnad på ca 10,9 MNOK.

Prioritert tiltaksliste vurdert etter kost-nytte for eiendommene er vist i tabellen under:

| Bygg/Eiendom | Tiltak | Merinvestering [NOK] | Produsert energi [kWh/år] | LCOE [kr/kWh] | Eksportandel [%] | Tilbakebetalingstid [år] | Prioritet |
|----------------------------|---|----------------------|---------------------------|---------------|------------------|--------------------------|-----------|
| Melsom VGS | Solcelleanlegg på 1587 m2 for skrå tak. 248 kWp. Sør-, øst- og vestvendt. Fordelt på låve og administrasjonsbygg. | kr 2 000 000 | 201 600 | 0,75 | 5 | 15 | 1 |
| Thor Heyerdahl VGS (ARENA) | Solcelleanlegg på 2280 m2 for flatt tak. 356 kWp. Øst/vest-orientering. | kr 3 550 000 | 289 300 | 0,86 | 19 | 19 | 1 |
| Færder VGS | Solcelleanlegg på 1800 m2 for flatt tak. 280 kWp. Øst/vest-orientering. | kr 2 600 000 | 208 400 | 0,9 | 8 | 19 | 1 |
| Hinderveien Museumslager | Solcelleanlegg på 1475 m2 for flatt tak. 230 kWp. Øst/vest-orientering | kr 2 600 000 | 190 700 | 0,96 | 11 | 20 | 1 |
| Fylkeshuset | Vindusintegrerte solceller | kr 163 000 | 10 100 | 1,25 | 0 | 23 | 1 |
| Sande VGS | Solcelleanlegg på 880 m2 for flatt tak. 140 kWp. Øst/vest-orientering | kr 1 800 000 | 134 900 | 1,14 | 20 | 25 | 2 |
| Holmestrand VGS | Solcelleanlegg på 480 m2 for flatt tak. 75 kWp. Øst/vest-orientering | kr 980 000 | 62 000 | 1,14 | 11 | 23 | 2 |
| Greveskogen VGS | Solcelleanlegg på 800 m2 for flatt tak. 120 kWp. Øst/vest-orientering. | kr 1 615 000 | 96 700 | 1,18 | 3 | 20 | 2 |
| Kompetansebyggeren Korten | Solcelleanlegg på 760 m2 for flatt tak. 120 kWp. Øst/vest-orientering | kr 1 600 000 | 93 600 | 1,21 | 20 | >25 | 2 |
| Sandefjord VGS | Solcelleanlegg på 700 m2 for flatt tak. 110 kWp. Øst/vest-orientering | kr 1 500 000 | 87 000 | 1,21 | 0 | 25 | 2 |
| Skiringssal folkehøyskole | Solcelleanlegg på 297 m2 for skrå tak. 46 kWp. Sørvendt. Fordelt på store internat og peisstuen | kr 696 000 | 41 400 | 1,21 | 5 | 25 | 2 |
| Nøtterøy VGS | Solcelleanlegg på 580 m2 for flatt tak. 90 kWp. Øst/vest-orientering. | kr 1 300 000 | 74 285 | 1,26 | 5 | >25 | 2 |
| Haugar kunstmuseum | Solcelletakstein/bygningsintegert løsning på 442 m2 for skrått tak. 44 kWp. Sørøst- og sørvestvendt. | kr 1 000 000 | 42 500 | 1,64 | 18 | >25 | 3 |
| Greveskogen VGS | Solfangeranlegg på 80 m2 for flatt tak, med energiproduksjon for idrettshallen | kr 720 000 | 23 100 | 2,3 | - | > 25 | 3 |
| Færder VGS | Solfangeranlegg på 30 m2 for flatt tak, med energiproduksjon for idrettshallen | kr 500 000 | 8 500 | 3,35 | - | >25 | 3 |
| Re VGS | Ingen | - | - | - | - | - | |
| Midgard | Ingen | - | - | - | - | - | |

Rapporteringsstatus:

- Endelig
- Oversendelse for kommentar
- Utkast

| |
|--|
| Utformet av: |
| Asbjørn O. Stoveland Usman I. Dar Karin S. Cochard Lars Erik Lunde Eirik Hordnes |
| Kontrollert av: Sign.: |
| Elin S. Talhaug |
| Prosjektleder: |
| Asbjørn O. Stoveland |

Revisjonshistorikk:

| | | | | |
|------|------------|----------------|-------------|----------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | 13.02.2017 | Ferdig rapport | | |
| Rev. | Dato | Beskrivelse | Utformet av | Kontrollert av |

Innholdsfortegnelse

| | |
|---|-----------|
| Forkortelser og uttrykk | 3 |
| 1 Innledning | 4 |
| 2 Bakgrunn | 5 |
| 2.1 Klima og miljø | 5 |
| 2.2 Teknologi | 5 |
| 2.3 Rammebetingelser | 16 |
| 3 Metodikk | 21 |
| 3.1 Simuleringer og energiberegninger | 21 |
| 3.2 Lønnsomhet | 25 |
| 3.3 Generelle vurderinger | 26 |
| 4 Solenergitiltak per eiendom | 27 |
| 4.1 Sande VGS | 28 |
| 4.2 Melsom VGS | 33 |
| 4.3 Kompetansebyggeren «Korten» | 37 |
| 4.4 Holmestrand VGS | 41 |
| 4.5 Re VGS | 45 |
| 4.6 Sandefjord VGS | 47 |
| 4.7 Hinderveien Museumslager | 50 |
| 4.8 Skiringssal folkehøyskole | 53 |
| 4.9 Haugar kunstmuseum | 56 |
| 4.10 Greveskogen VGS | 59 |
| 4.11 Færder VGS | 64 |
| 4.12 Thor Heyerdahl VGS | 68 |
| 4.13 Nøtterøy VGS | 72 |
| 4.14 Midgard | 76 |
| 4.15 Fylkeshuset | 78 |
| 5 Prioritert tiltaksliste for solenergi i Vestfold Fylkeskommune | 81 |
| 6 Referanser | 82 |

Forkortelser og uttrykk

| | |
|-----------|---------------------------------------|
| AM | Air Mass |
| AC | Alternating Current |
| BIPV | Building Integrated Photovoltaics |
| BoS | Balance of System |
| BRA | Bruksareal |
| BTA | Bruttoareal |
| CaTe | Kadmium-Tellurid |
| CIGS | Kobber-indium-gallium-diselenid |
| COP | Coefficient of Performance |
| DC | Direct Current |
| EPD | Environmental Product Declaration |
| IAM | Incidence Angle Modifier |
| kWp | KiloWatt peak |
| LCOE | Levelized Cost of Energy |
| LID | Light Induced Degradation |
| MPP | Maximum Power Point |
| NOCT | Nominal Operating Cell Temperature |
| NVE | Norges Vassdrags- og Energidirektorat |
| PV | Photovoltaic |
| PCB | Polyklorert bifenyl |
| PVC | Polyvinylklorid |
| PVT | Photovoltaic/Thermal |
| SD-anlegg | Sentralt Driftsanlegg |
| SFE | Sogn og Fjordane Energi AS |
| STC | Standard Test Conditions |
| TEK | Byggteknisk Forskrift |
| VFK | Vestfold Fylkeskommune |
| VGS | Videregående skole |

1 Innledning

Vestfold Fylkeskommune (VFK) skal ha et gjennomgående miljø- og klimafokus i alle sine ansvarsområder. Målet er å bidra til en klimapolitikk som minst oppfyller fylkets andel av de nasjonale miljømålene, og å gjøre Vestfold til et foregangsfylke for miljøvennlig energibruk (VFK.no, 2017). VFK har utarbeidet en regional plan for klima og energi, hvor blant annet utnyttelse av solenergi omtales som en aktuell løsning men ikke tallfestet.

I lys av dette har Vestfold Fylkeskommune bestemt at det skal utarbeides en tiltaksplan for etablering av solenergisystemer på sine eiendommer. Denne rapporten sammenfatter arbeidet med dette, utført av Sweco Norge AS.

Eventuell gjennomføring av tiltaksplanen vil være avhengig av politisk beslutning om bevilgede midler.

Rapporten er utarbeidet av:

Asbjørn O. Stoveland

Usman I. Dar

Karin S. Cochard

Lars Erik Lunde

Eirik Hordnes

Elin S. Talhaug

Sweco Norge AS

2 Bakgrunn

2.1 Klima og miljø



Drift av norske bygg står for 36 prosent av det samlede totale energiforbruket i Norge. Det meste av forbruket dekkes av elektrisitet, men fjernvarme, olje, gass og biobrensel er også vanlige energibærere i Norge. Forbruk av ulike energibærere medfører ulik grad av CO₂-utslipp, samt andre lokale utslipp som NO_x, svevestøv og partikler. Lokal produksjon av fornybar energi reduserer behov for kjøpt energi og reduserer dermed slike utslipp.


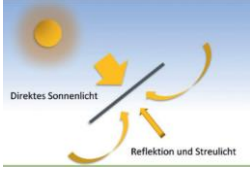
2.2 Teknologi

2.2.1 Solstrøm

Med solstrøm refererer vi til elektrisk energi produsert av solceller, eller photovoltaic (PV) solar cells. Solceller omdanner solinnstråling til elektrisitet ved å utnytte den fotoelektriske effekten, som opprettholdes så lenge solcellen er belyst. Solceller har tradisjonelt i Norge hovedsakelig blitt benyttet på steder uten tilgang til strømmettet (f.eks hytter, fyrstårn m.m.) men har de siste årene opplevd sterk vekst i større nettilknyttede anlegg i Norge, både for boliger og yrkesbygg.

Den mest utbredte solcelleteknologien er waferbaserte solceller av krystallinsk silisium, men det finnes flere typer solceller, sammenfattet i tabellen under.

| Type solceller | Beskrivelse |
|--|---|
| Polykrystallinske solceller  | Mest utbredt per i dag. Rimeligere enn monokrystallinske, men mindre effektive. Silisiumet består av flere krystallkorn som har grodd i hverandre til et fast stykke. [1] Moduler har typisk virkningsgrad på 14-16 prosent. |
| Monokrystallinske solceller  | Mer effektive enn polykrystallinske solceller, men dyrere. Silisiumet består av et enkelt krystall. Produksjonsprosessen er mer energikrevende. Moduler har typisk virkningsgrad på 15-21 prosent. |

| | |
|---|---|
| <p>Tynnfilm-solceller</p>  | <p>Tynne og lette solceller, med potensial for betydelig reduksjon i materialbruk og energi til produksjonsprosessen. Har lavere virkningsgrad enn solceller av krystallinsk silisium.</p> <p>Det finnes flere typer:</p> <p>Amorfe silisiumceller (a-Si): ca 7-9 % virkningsgrad Kadmium-Tellurid (CaTe): 9-10 % virkningsgrad Kobber-indium-gallium-diselenidceller (CIGS): 11-12 % virkningsgrad</p> <p>I tillegg forskes det i dag mye på organiske solceller, laget av organiske polymerer, som åpner for produksjon av svært billige solceller.</p> <p>Høye kostnader per installert kWp har medført at tynnfilm-solceller foreløpig er lite utbredt i Norge. [2]</p> |
| <p>Bi-facial solceller</p>  | <p>Solceller som absorberer lys fra begge sider samtidig. Spesielt aktuelle på rekkverk og steder med høy albedo-effekt (refleksjon). Disse er foreløpig på utprøvningsstadiet i Norge, planlagt i noen få prosjekter.</p> |

Solceller sammenkobles i solcellemoduler. En solcellemodul kan typisk inneholde 60 solceller og ha mål på 1 m x 1,6 m, men dette varierer. Et komplett solcelleanlegg består av både solcellemoduler og såkalt Balance of System (BoS) – komponenter:

- Solcellemoduler
- Vekselretter
- Montasjesystem
- Kabling
- Brytere og sikringer
- Måle- og styringsutstyr

Virkningsgrad for solcellemoduler har økt betraktelig det siste tiåret. Dette er på grunn av forbedringer i produksjonsprosessen, økt kvalitet i materialer m.m. Det er viktig å skille mellom solcellemodulenes virkningsgrad, og anleggets systemvirkningsgrad, som er virkningsgrad for hele anlegget sett under ett. Systemvirkningsgrad påvirkes av blant annet av snø og støv o.l., tap i vekselretter, design av solcelleanlegget med hensyn til moduler i serie og parallell og vekselretterens tilpasning til dette, ohmske tap i kabler, skyggeeffekter fra terreng og nære omgivelser m.m. (listen er ikke utfyllende). På grunn av at det i plusskundeordningen er en maxgrense på 100 kW innmatet EL på nettet, vil store anlegg kunne oppleve tap som følge av dette da slik overproduksjon må «strupes».

Et solcelleanlegg kan ha ulike orienteringer basert på ulike hensyn. For eksempel solcelleanlegg fastmontert på en skrå takflate følger som regel solcellepanelene den

aktuelle takflaten. For flate tak er sørvendt orientering samt øst-vest orientering vanlige løsninger.



Figur 1 - Venstre: Solcellepaneler følger takflaten (Campus Evenstad. Nr.no). Midten: Øst-vest orientert anlegg for flatt tak (Asko. Fornybar.no). Høyre: Sørvendt anlegg for flatt tak (Swecobygget. Bt.no).

Som mål på størrelsen til solcelleanlegg brukes ofte kWp, eller kilowatt-peak, i stedet for kvadratmeter solcelleareal. Dette fordi solcellemoduler har ulik grad av mellomrom mellom solcellene, samt ulik virkningsgrad som følge av teknologi, osv. Det blir derfor en tydeligere sammenheng mellom produsert solstrøm og anleggets installerte kWp.

Et solcelleanlegg basert på krystallinsk silisium-solceller har typisk 160 Wp (watt peak) installert per kvadratmeter solcellepanel. Dette angir hvor mye effekt som produseres ved standard testbetingelser (STC), som er samme betingelser som brukes for å angi virkningsgrad for solcellene. Antall kWp per kvadratmeter varierer likevel mellom ulike typer og kvaliteter på solcellene.

For beregningene i denne rapporten er det tatt utgangspunkt i paneler med virkningsgrad 15,6 % under STC, altså relativt ordinære polykrystallinske solceller.

Norsk solenergiforening oppgir samlet oversikt over de 10 største solcelleanleggene i Norge (pr januar 2017), som vist i tabellen under.

Tabell 1 – Norges 10 største solcelleanlegg. 8 av disse ble tilknyttet i 2016. (Solenergi.no, 2017) [3].




| Nr. | Navn | Merkeeffekt [kWp] | Tilknyttet [år] |
|-----|----------------------|-------------------|-----------------|
| 1 | Asko Vestby | 1851 | 2016 |
| 2 | Asko Kalbakken | 1160 | 2016 |
| 3 | Asko Sør | 720 | 2016 |
| 4 | UNIL, Våler | 600 | 2016 |
| 5 | Asko Midt | 429 | 2016 |
| 6 | Powerhouse Kjørbo | 312 | 2014 |
| 7 | Storcash Buskerud | 250 | 2016 |
| 8 | Vabakkjen Stord | 230 | 2016 |
| 9 | Hareid Elektriske | 230 | 2016 |
| 10 | Solsmaragden Drammen | 183 | 2015 |

2.2.2 Solvarme

Med solvarme refererer vi til termisk energi produsert av solfangere. Solfangere omdanner solinnstråling til varme ved å varme opp en absorlator, farget så mørk som mulig, som en væske sirkulerende gjennom. Overføringen til væsken gjøres enten direkte eller indirekte. Væsken kan være rent vann, en blanding av vann og glykol (ofte kalt «solarvæske») eller luft. Væskebaserte solfangere er det mest vanlige.

Varmen overføres deretter videre til byggets oppvarmingssystem eller varmt tappevannssystem.

De tre mest vanlige solfangertypene er plane-, vakuumsør-, og lavtempererte solfangere (basseng-solfangere).

| Type solceller | Beskrivelse |
|---|---|
| <p>Plane solfangere</p>  | <p>Mest utbredt per i dag. Rimeligere og mer robuste enn vakuumsør, men mindre noe mindre effektive da de har høyere varmetap.</p> |
| <p>Vakuumsør-solfangere</p>  | <p>I teorien mer effektive enn plane solfangere da de holder på varmen bedre, men noe dyrere. Den høye virkningsgraden oppnås på grunn av meget god isolering. Rørene er tette og det er et isolerende lag med vakuum mellom solarvæsken og fri luft. Dette gjør dem også mer sårbare ovenfor mekaniske påkjenninger. Det finnes en del ulike utforminger mtp. hvordan energien overføres fra absorlator til væske.</p> |
| <p>Basseng-solfangere</p>  | <p>Dette er de enkleste og dermed de mest rimelige solfangerne. I prinsippet er de veldig like plane solfangere bortsett fra at de ikke har dekkglass og isolasjon. Disse gir mest energi når det ikke er kaldt ute da de har lavt refleksjonstap, og egner seg derfor best i varmere strøk.</p> |

Et solfangeranlegg består av følgende komponenter:

- Solfangere
- Varmelager/akkumulatortanker
- Distribusjonssystem (rør, gjengetting, isolasjon, solarvæske, filter tilbakeslagsventi, sirkulasjonspumpe, eventuelle varmevekslere)
- Ekspansjons- og dreneringskar
- Styring og overvåkning

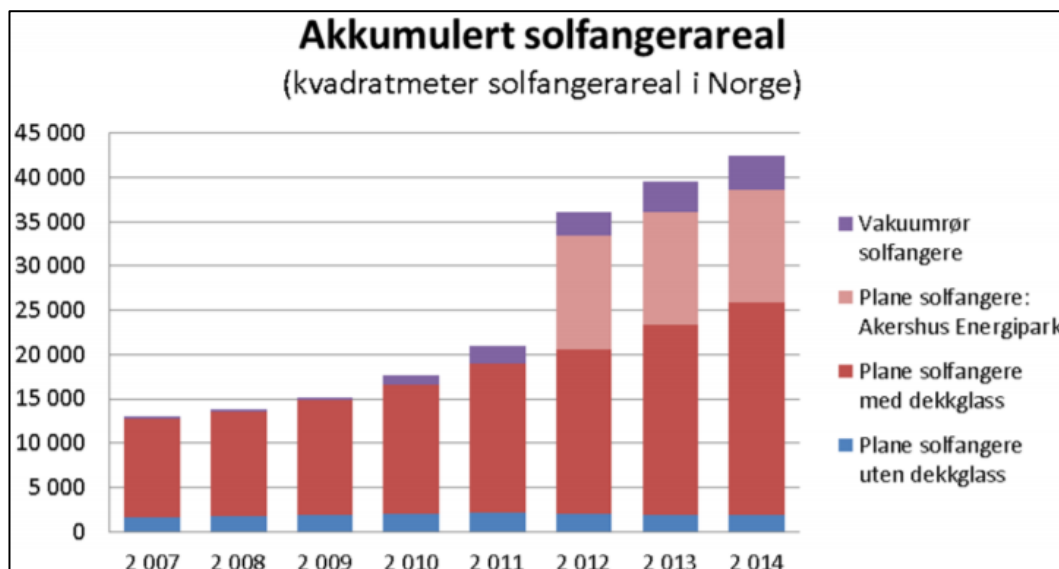
Virkningsgraden til solfangere er, i høyere grad enn solceller, sterkt avhengig av en rekke faktorer, blant annet innstråling, varmetapskoeffisient for transmisjonstap og for strålingstap, og temperaturforskjell mellom solarvæske og omgivelsene.

Total systemvirkningsgrad for et komplett solfangeranlegg er mer komplisert å beregne, da det er sterkt avhengig av temperaturnivå på produksjon og forbruksvann, m.m. Dersom varmen ikke blir brukt vil akkumuleringstanken ved et visst temperaturnivå stoppe å ta imot produsert varme. Dette innebærer at solfangersystem må ha en mekanisme for å takle eller unngå koking, samt at innstrålt solenergi da går tapt. Dette er vesentlig spesielt i bygg med lavt forbruk om sommeren.

For beregningene i denne rapporten er det tatt utgangspunkt i flate plane solfangere, med total systemvirkningsgrad på 35 % av innstrålt solenergi. Produsert solvarme er oppad begrenset til energibehovet for gjeldende periode, typisk behovet for varmt tappevann.

Solfangeranlegg kan integreres i helhetlige varmesystem i kombinasjon med varmepumpeanlegg, da gjerne med brønnpark. Dette åpner for lading av borehull om sommeren når varmen ellers ville gått tapt. Varmen kan også brukes til å øke temperaturen på fordampersiden til varmepumpen, noe som øker varmepumpens COP (et mål for varmepumpens effektivitet) og reduserer dermed energiforbruket til varmepumpens kompressor. Lading av borehull eller sesonglagring av varme i grunnen er derimot ikke egnet for anlegg hvor brønnparken brukes til frikjøling om sommeren. I denne rapporten er ikke integrasjon av solfangere i eksisterende varmepumpeanlegg anbefalt for noen av eiendommene.

Solfangeranlegg har hatt en viss vekst i det norske markedet, men langt fra så eksplosiv som veksten i solcelleanlegg siste par årene. Veksten i solfangeranlegg fra 2007 – 2014 kan sees i neste figur. I 2014 hadde Norge totalt 42 500 m², hvorav 90 % er plane solfangere og resten er vakuumsolfangere. Totalt tilsvarer dette en solfangerkapasitet på 30 000 kW termisk. [4] I 2015 var det akkumulert sett installert ca. 15 000 kWp med solceller i Norge.



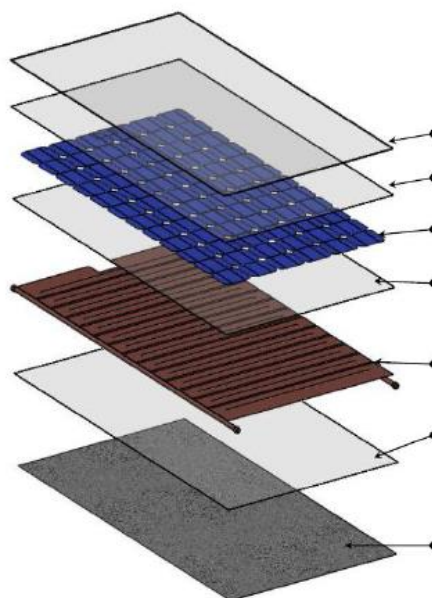
Figur 2 - Akkumulert solfangerareal i Norge, sist oppdatert 2015. (Solenergi.no, 2017) [3].

2.2.3 Kombinert varme- og EL-produksjon

Kombinert varme- og el-produksjon der hvor dette er ønskelig kan gjøres på 2 måter:

1. Separate solfanger- og solcelleanlegg
2. Hybride solpaneler eller PVT (PhotoVoltaic-Thermal).

Sistnevnte er solpanel som inneholder både solceller og solfanger. I teorien skal dette samspillet fungere godt ved at varme trekkes ut fra solcellene som ligger i øverste lag i panelet. På denne måten kan man «kjøle» solcellene, noe som gir høyere virkningsgrad, samtidig som man kan utnytte denne varmen til forvarming av vann, lading av borehull der hvor dette brukes av varmepumpe, med mer. Varmen kan også fortrinnsvis brukes til å øke temperaturen på fordampersiden til varmepumpen, noe som øker varmepumpens COP (et mål for varmepumpens effektivitet) og reduserer dermed energiforbruket til kompressoren.



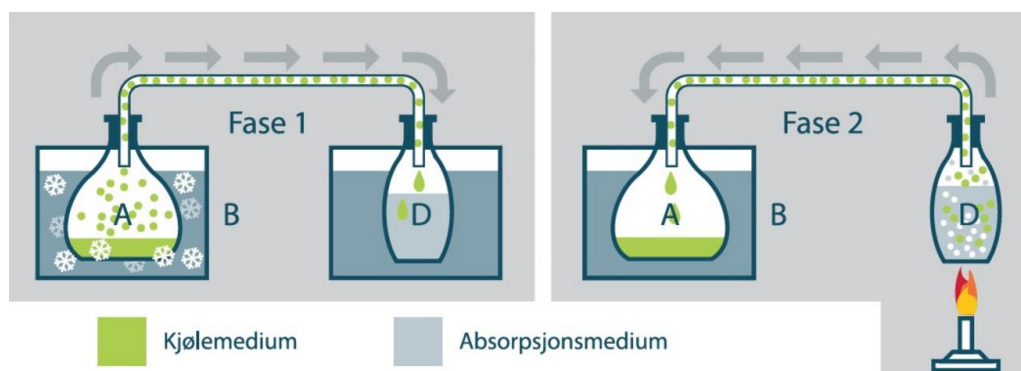
Figur 3 – Prinsipiell oppbygning av hybrid PVT solpanel

Løsningen har i teorien gode forutsetninger, men på grunn av lite volum i markedet (lite utbredt løsning i Norden) er det knyttet en del usikkerhet til løsningen. Et slikt anlegg må skreddersys i hvert enkelt tilfelle for å sikre at varmen utnyttes, og krever nøye prosjektering. Potensielt sett kan dette være en god teknologi for anlegg på bygg med lite takareal, og som både har stort nok behov for varme og elektrisitet. Løsningen vil bli utprøvd på Varden Skole i Bergen Kommune, som etter planen settes i drift sommeren 2017. [5]

Løsningen er ikke blitt anbefalt i noen av eiendommene i denne rapporten.

2.2.4 Solkjøling

Å bruke solenergi til å kjøle med er en interessant løsning ettersom økt kjølebehov ofte oppstår samtidig med økt solinnstråling. Én mulighet er å bruke solceller direkte til å drive en kjølemaskin. En annen mulighet er å ta i bruk en absorpsjonskjøleprosess med solvarme som energikilde (varmedrevet kjøling). I stedet for å bruke elektrisk energi til en kompressor til å heve trykket til kuldemediet, slik som i en kompresjonsmaskin, kan en absorpsjonskjølemaskin bruke varme som drivkraft i kompresjonssyklusen. Dette krever at varme kan dumpes, som del av syklusen.



Figur 4: Prinsippskisse for periodisk absorpsjonskjøleprosess. Flammen til høyre i illustrasjonen kan tenkes å være varme fra solfangere. (Fornybar.no)

Løsningen har stort potensial for bygg og anlegg med høyt kjølebehov, men er ikke blitt anbefalt foran solceller for eiendommer i denne rapporten.

2.2.5 Bygningsintegreerte løsninger

Tanken bak bygningsintegreerte løsninger (BIPV, eller Building Integrated Photovoltaics) for solenergi er at løsningen skal oppfylle funksjonen til bygningsdelen den erstatter samtidig som den også produserer energi. Det finnes bygningsintegreerte løsninger både for solvarme og solceller, men solceller har flere ulike løsninger på markedet. Typiske bygningsintegreerte løsninger for solfangere er som erstatning for vegg og tak, mens solceller i tillegg til disse også kan integreres i glass. Integreert i vinduer kan solstrømproduksjon balanseres mot solavskjerming og slippe inn dagslys.



Figur 5 – Venstre: Solceller integrert i vinduer. Høyre: Solceller som takstein. [6]

Fordelen med bygningsintegreerte løsninger er altså at *merkostnaden* blir lavere ettersom komponenten erstatter bygningsdelen som ellers ville vært der. Typisk er kostnadene for bygningsintegreerte løsninger dyrere per produsert enhet energi sammenlignet med f.eks. et konvensjonelt solcelle- eller solfangeranlegg. I enkelte tilfeller kan de for øvrig være konkurransedyktige, avhengig av referansekostnaden på den alternative komponenten som skal erstattes. Dette markedet er foreløpig lite utviklet i Norge, men der er et betydelig potensial for reduserte priser i fremtiden.

2.2.6 Energilagring

I Norge er det som regel størst energibehov når det er minst tilgjengelig solinnstråling, og vice versa. Om sommeren blir det ofte overproduksjon av solenergi som det er ønskelig å bruke igjen på et senere tidspunkt. Teknologi for lagring av solenergi er viktig for å kunne «forskyve» leveransen slik at den leveres til forbruker når det er behov for den. Dette er en av utfordringene til mange fornybare energikilder ettersom «vinden blåser og solen skinner» kun enkelte timer i løpet av døgnet, uken og måneden.

For solceller og solfangere kan man liste opp følgende relevante lagringsmuligheter som finnes på markedet:

- Solceller (lagring av elektrisitet)
 - Batterilagring (korttidslager)
 - Hydrogenlagring (langtidslager)
- Solvarme (varmelagring)
 - Varmelagring i akkumuleringstanker (korttidslager)
 - Varmelagring i borehull (lagtidslager)

For solcelleanlegg vil lagring av solstrøm vurderes individuelt for hvert prosjekt, ettersom det skal balansere produsert solstrøm mot forbruket. Hensikten er å minimere mengden solstrøm som eksporteres på nettet, da denne energien har en lavere pris (se 2.3).

I Norge, sammenlignet med en del andre land, har lagring av solstrøm ikke hatt så stort fokus inntil relativt nylig. Dette er blant annet fordi Norge har relativt billig strøm, slik at solenergiteknologi er helt på grensen av hva som er lønnsomt. Når man i tillegg skal inkludere ekstrakostnader til lagring av større energimengder, vil dette gjøre løsningene ytterligere dyrere. I de fleste tilfeller vil f.eks. lagring av elektrisitet i batterier gjøre den samlede løsningen ulønnsom sammenlignet med å kjøpe strøm fra nettet, eller sammenlignet med å la solstrømmen gå til eksport.

Men både batteriløsninger og hydrogenproduksjon er løsninger med stort potensial som blir mer og mer tilgjengelige fremover, både på grunn av forbedret teknologi samt reduksjon av kostnader.

Korttidslagring av solvarme i akkumulatortanker er en naturlig del av solfangeranlegg. For sesonglagring finnes det flere spennende løsninger som er blitt utprøvd i andre land, men disse er relativt kostbare og er mest egnet for store energisentraler.

2.2.7 Miljøutfordringer tilknyttet solenergiteknologi

De reelle fotavtrykkene mht miljø og klima for spesielt solcelleanlegg har hatt økt fokus de siste par årene. Som påpekt i flere tekniske tidsskrifter (f. eks TU, 2016 [7]) har produksjonen av solcelleanlegg og utstyr tilknyttet solcelle- og solfangeranlegg stor innvirkning på den faktiske miljø- og klimagevinsten. Dette i tillegg til frakt, transport av utstyr og personell osv.

Hvor lang tid et solcelleanlegg bruker på å produsere samme mengde energi som ble forbrukt i produksjonen av anlegget kalles Energy Pay-Back Time, og er avhengig av de

samme forhold som påvirker produksjonen av solstrøm. For et typisk anlegg i Vestfold vil denne tiden være ca 2 år [8]. Levetid for solcelleanlegg anslås til ca 25 år (med forbehold om utskifting av f.eks vekselretter etter 10-15 år). Hvordan energien som gikk med til produksjon av solcelleanlegget blir produsert påvirker den reelle klimagevinsten for anlegget.

Solceller basert på silisium vil ofte inneholde noe bly på grunn av produksjonen. Dette blyet er det mulig å erstatte med andre materialer uten betydelig kostnadsøkning [9]. Utenom dette har moduler typisk ikke noe giftige stoffer. Tynnfilm-solceller finnes i flere typer, og er laget av ulike materialer og prosesser. Tynnfilm-solceller basert på kadmium-tellurid (CaTe) inneholder kadmium, og dette er vanskelig å erstatte i denne teknologien. CIS-tynnfilm-solceller (Kobber-indium-selenid) inneholder selenium, som er spesielt giftig ved brann.

Av disse årsaker har de blitt publisert flere oversikter over produsenter av eksempelvis solcelleanlegg, hvor de har blitt vurdert med hensyn på blant annet klima, åpenhet om utslipp, resirkulering, bruk av tungmetaller med mer.

Det anbefales å benytte en slik oversikt utarbeidet av en anerkjent og uavhengig part og la denne være førende for valg av produsent av utstyr når solenergi prosjektene i Vestfold skal realiseres. Sweco kan ikke per i dag anbefale en oversikt foran den andre, men følgende kilde er blitt referert til i flere medier, blant andre Teknisk Ukeblad [7] og The Guardian [10]:

2015 Solar Scorecard.

Utviklet av Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC). Gir score på, i tillegg til ovennevnte kvaliteter, vannressurser, forbud av slavearbeid, bruk av konfliktminerale, m.m.

Det anbefales på generelt grunnlag å sette seg inn i en slik oversikt og se hvordan forutsetningene passer overens med Vestfold Fylkeskommunes prioriteringer. Det anbefales også i prosjekteringen å gi krav til å fremvise EPD (Environmental Product Declaration) for levert utstyr ovenfor tilbydere og stille krav til verdier for disse i anbudsgrunnlaget. Nærmere utredning kreves for å tallfeste hva disse kravene bør være.

Tabellen under oppsummerer komponenter som spesielt bør vurderes ved bruk av solenergiteknologi.

| Komponent | Hensyn |
|------------------|---|
| Solcellemoduler | Energikrevende produksjon. EPD kan legges til grunn for valg av produsent. Tynnfilmmoduler: egne hensyn per teknologi. Bør stilles krav til materialbruk. |
| Monteringssystem | Mye bruk av aluminium, som er energikrevende å produsere. Resirkulert aluminium kan utnyttes. Gjelder både solceller og solfangere. |
| Kabler | PVC, PCB, brommerte flammehemmere. Bør stilles krav til materialbruk |
| Batterier | Noen batterityper inneholder miljøgifter som bly, kadmium, kvikksølv e.l. Bør stilles krav til materialbruk. |

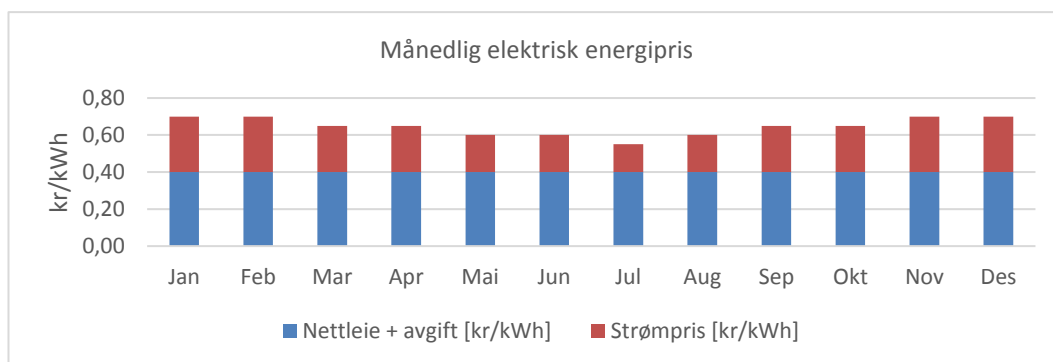
2.3 Rammebetingelser

2.3.1 Energipriser

Energipriser på de ulike energibærerne som reduseres som følge av energiltakene kan sammenlignes med Levelized Cost of Energy (LCOE) for den produserte mengden solenergi (Se kapittel 2.3 om LCOE). På eiendommene i dette prosjektet er likevel følgende energi priser relevante generelt.

| Energibærer | Energi pris (eks mva) | Merknad |
|---------------------------|-----------------------|---|
| Elektrisitet | 0,80 /kWh | Årlig gjennomsnittlig pris første år 0,65 kr/kWh. Årlig økning på 1,50 % over 25 år, f.o.m. installasjon. Inkluderer spotpris (strømpris), statens forbruksavgift, elsertifikatpåslag, Enovapåslag, nettleie og andre påslag. |
| Fjernvarme | 0,77 kr/kWh | Forutsettes 2 % lavere energi pris enn for elektrisitet |
| Flis (bioenergi) | 0,40 kr/kWh | Pris på stammevedflis med fuktighet <35 prosent i 2016 0,20 kr/kWh eks. mva. [11]. Korrigert for virkningsgrad. [12] |
| Naturgass | 0,20 kr/kWh | [13] |
| Fyringsolje | 0,70 kr/kWh | [11] |
| Varmepumpe (elektrisitet) | 0,25 kr/kWh | COP 2,5. |

Det er i all hovedsak pris på elektrisk energi som har vært avgjørende for eiendommene i denne rapporten ettersom det er primært solcelleanlegg som er vurdert som aktuelt. Derfor er prisvariasjon over året, samt prisutvikling over tid, kun hensyntatt for elektrisitet (og fjernvarme). Pris for elektrisk energi varierer i løpet av året, noe som har påvirkning på lønnsomheten til installasjonene. Månedlig fremvisning av forutsatt elektrisk energi pris er vist i Figur 6.



Figur 6 – Elektrisk energi pris fordelt på nettleie, avgift, strømpris og mva. [14] Prisen varierer i løpet av året, noe som påvirker lønnsomheten til solcelle- og solfangeranlegg. Prisen antas å øke med 1,50 % årlig.

2.3.2 Plusskundeordningen

For å beregne tilbakebetalingstid er det valgt å ta utgangspunkt i plusskundeordningen (kontra konsesjonspliktig anlegg). En plusskunde er en forbrukskunde som i enkelttimer har overskuddskraft som kan mates inn i nettet. Solstrøm går primært til å direkte dekke eget forbruk ved at solstrøm mates inn på «innside» av E-verksmåleren. Produseres det mer solstrøm enn det forbrukes, eksporteres dette på nettet og det regnes med at dette selges til spotpris.

En strømkunde med produksjon av solstrøm må i praksis velge mellom å være plusskunde og få konsesjon (omtalt under 2.3.4). Plusskundeordningen vurderes som mest aktuelt for eiendommene i denne rapporten. Dette er fordi at anlegg opp til en viss størrelse vil i hovedsak produsere energi til eget bruk, med lav andel eksport. Energi til eget bruk har en betydelig høyere pris enn eksportert solstrøm (da man også sparer nettleie), og dermed tjener man mest per produserte kWh.

NVE har vedtatt endringer i forskrift om kontroll av nettvirksomheten (kontrollforskriften) som hvor det innføres en ny definisjon av plusskunder som blir gjeldende fra 1. januar 2017. Fra samme dato fritas plusskunder fra å betale andre tariffledd for innmating [15].

I plusskundeordningen blir nettselskap gitt dispensasjon der de kan kjøpe overskuddskraft fra kunden, og at kunden slipper å betale andre tariffledd for innmating av kraft.

Nettselskapet er ikke forpliktet til å benytte seg av dispensasjonen. Dersom de ikke ønsker dette, må kunden selv opprette en avtale med kraftleverandør som er villig til å kjøpe overskuddskraften samt levere kraft.

For å benytte seg av ordningen er innmatet effekt inn på nettet begrenset til 100 kW og spenning er begrenset til 1000 V vekselspanning/1500 V likespenning. En plusskunde kan ikke ha konsesjonspliktig anlegg bak eget tilknytningspunkt eller omsetning bak tilknytningspunktet som krever omsetningskonsesjon. Se 2.3.4 Omsetningskonsesjon for solcelleanlegg.

Hvilken pris en kunde kan få i kr/kWh som plusskunde varierer mellom ulike nettselskap og kraftleverandører. Normalt kan man få tilsvarende gjeldende spot-pris på NordPool (rundt 0,25 kr/kWh), mens enkelte kraftleverandører har begynt å tilby rundt 0,80 kr/kWh til privatkunder [16].

Anlegg i denne rapporten vurderes å være av en slik størrelse at det lønner seg å benytte plusskundeordningen. For større anlegg kan det generelt vurderes om 100 kW-grensen vil medføre så store tap at det bør søkes om konsesjon.

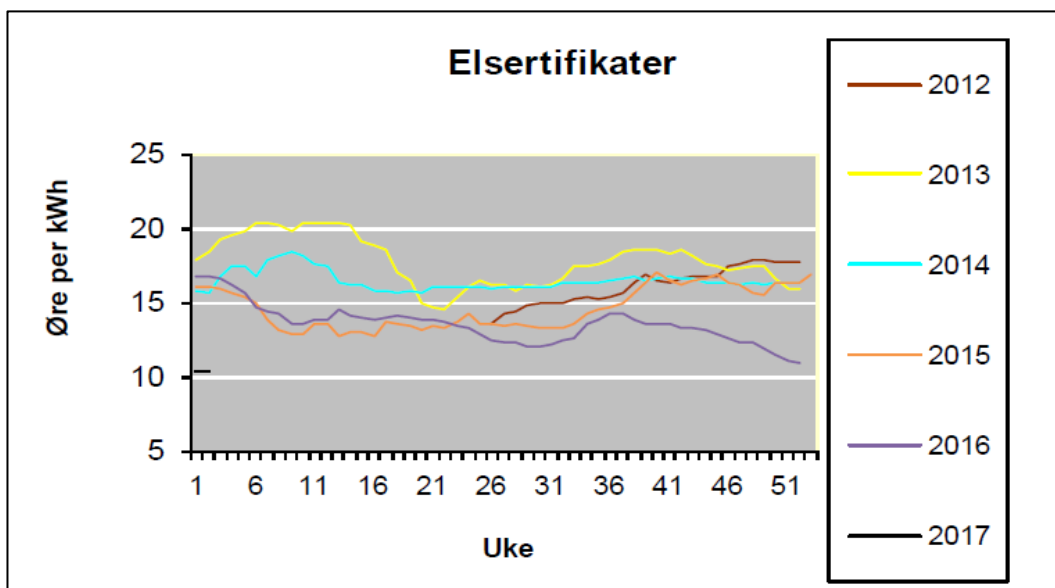
2.3.3 EL-sertifikater

Eiendommer med installert solcellekapasitet på over 100 kW vurderes her som aktuelle for el-sertifikater. Det forutsettes en pris på el-sertifikater på 0,12 kr/kWh som et konservativt estimat. Dette medregnes for tilbakebetalingstid for hver eiendom.

El-sertifikater er en økonomisk støtteordning som gjør det mer lønnsomt å investere i kraftproduksjon basert på fornybare energikilder, som vann, vind, sol og bioenergi. Ordningen er regulert i Lov om el-sertifikater og forskrift om el-sertifikater. Norge ble fra 1. januar 2012 del av et norsk-svensk el-sertifikatmarked som skal bidra til økt produksjon av fornybar kraft. Fram til 2020 skal Sverige og Norge øke kraftproduksjonen basert på fornybare energikilder med 28,4 TWh (nve.no, 2017).

Kraftleverandører er pålagt å kjøpe el-sertifikater for en andel av solgt energi. Prisen på el-sertifikater bestemmes av tilbud og etterspørsel. Kraftprodusenter som bygger ut ny fornybar kraftproduksjon får tildelt el-sertifikater. Kraftprodusentene får tildelt el-sertifikater i inntil 15 år. Disse får ett el-sertifikat per MWh elektrisitet som produseres.

Pris for el-sertifikater har siste par årene lagt på rundt 0,15 kr/kWh eks. mva. (Energirapporten, Årgang 13 Nummer 40, 2016). Historisk pris for el-sertifikater siste 5 årene er vist i Figur 7.



Figur 7 - Historisk pris for el-sertifikater siste 5 årene. (Kilde: Energirapporten, 2017) [11]

2.3.4 Omsetningskonsesjon for solcelleanlegg

For enkeltstående anlegg og anlegg av en slik størrelse at det ikke egner seg for plusskundeordningen kan man få omsetningskonsesjon for solcelleanlegget. For eksempel hvis innmatet effekt på nettet er over 100 kW, eller spenning overstiger 1000 V AC/1500 V DC. En enhet med omsetningskonsesjon kan altså ikke være plusskunde, men det utelukker ikke el-sertifikater.

NVE opererer med 6 ulike sett med vilkår for omsetningskonsesjon avhengig av virksomhet:

| | |
|--------------------------|--|
| Omsetningsvirksomhet | Selskaper som har omsetning og/eller kraftproduksjon |
| Forenklede vilkår | Selskaper som har kraftproduksjon med årsproduksjon under 1 GWh og/eller konsesjonspliktig virksomhet av begrenset omfang |
| Kommune | Kommuner som videreselger konsesjonskraft til energiverk hvor de ikke har eierandeler |
| Nettvirksomhet | Selskaper som eier fordelings- og/eller overføringsnett og/eller har omsetningsvirksomhet |
| Nettvirksomhet i konsern | Ved sammenslåinger, kjøp/oppkjøp, annen ervervelse eller etablering hvor både nettvirksomhet og konkurranseutsatt virksomhet er involvert, kan NVE stille krav til organisering. En løsning som NVE har akseptert er en konsernorganisering hvor monopolvirksomheten organiseres i et eget datterselskap |
| Utenlandske foretak | Utenlandske foretak som vil drive kraftomsetning i Norge |

De første 3 kan vurderes for enkelte eiendommer i dette prosjektet. Disse vilkårene blir tildelt av NVE basert på ens søknad. Plikter inkluderer i hovedsak årlig rapportering av økonomiske og tekniske forhold.

For konsesjonspliktige anlegg selges solstrømmen til markedspris. Dette gjør at eiendommene i denne rapporten vurderes å komme like godt eller bedre ut økonomisk ved at plusskundeordningen benyttes. Dette fordi tap som følge av 100 kW-grensen vurderes som minimal, samtidig som spart strøm (produksjon til eget bruk) har en høyere pris enn eksportert (solgt) strøm og eksportandelen for disse eiendommene er relativt lav.

2.3.5 Støtteordninger

Enova gir i dag ikke investeringsstøtte til solcelleanlegg som enkelttiltak for yrkesbygg. Solcelleanlegg kan derimot støttes som del av helhetlig energiløsning i støtteprogram som for eksempel Energieffektive nybygg, men for Eksisterende bygg støttes solcelleanlegg i utgangspunktet ikke. I støtteprogram for Energiltak i anlegg kan fornybar kraftproduksjon støttes, forutsatt at prosjektet oppfyller alle følgende kriterier:

- Anlegget skal ikke motta el-sertifikater
- Anlegget skal ikke være tilknyttet nett
- Kraften produseres for eget bruk
- Kraftproduksjonen erstatter fossil kraft
- Minstekrav energimål er 100 000 kWh/år

Støttenivå ligger erfaringsmessig i størrelsesorden maks 1,25 kr/kWh årlig energimål, men dette vil variere.

Solfangere kan støttes av Enova i støtteprogram for Eksisterende bygg og program for varmesentraler. Her er støttenivå på 201 kr/m² solfanger per i dag.

Enova har også (som nevnt over) et støtteprogram for Energieffektive nybygg. Dersom et prosjekt støttes i dette programmet vil energimål fra solcelle- eller solfangeranlegget normalt kunne utløse støtte, men det må inngå sammen med andre ambisiøse tiltak. Støttenivå i slike prosjekter ligger mellom 1 og 10 kr/kWh avhengig av spredningseffekt m.m. Støtten er oppad begrenset av energimål (relativ til TEK-nivå) og merkostnaden for prosjektet (relativ til TEK-nivå).

Innovative solenergikonsepter kan også støttes av Enova i egne støtteprogram for ny teknologi. Disse programmene er Ny teknologi for fremtidens bygg, og Introduksjon av ny teknologi. Bygningsintegreerte løsninger, nye teknologier, lagringskonsepter, etc er eksempler på prosjekter som kan motta støtte. Enova støtter da en viss andel av merkostnaden i prosjektet (maks 40 %). Eksempelvis ble hybride solceller/solfangere ved Varden Skole i Bergen støttet i programmet Ny teknologi for fremtidens bygg.

2.3.6 Offentlige krav

Energikrav i teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK) har blitt vesentlig skjerpet i løpet av siste årene. Denne utviklingen forventes å fortsette. TEK-krav utløses ved hovedombygging og/eller nybygg. Eksisterende bygg i dette prosjektet vil derfor i begrenset grad berøres av dette.

Rammekravet for energieffektivitet i TEK (§ 14-2) kan økes med inntil 10 kWh/m² oppvarmet BRA pr år, forutsatt at det produseres fornybar elektrisitet til bygningen på minst 20 kWh/m² oppvarmet BRA per år (§ 14-5).

Krav til fornybar andel av oppvarmingsbehovet er per i dag opphevet, men forventes gjeninnført i løpet av 2017-2018.

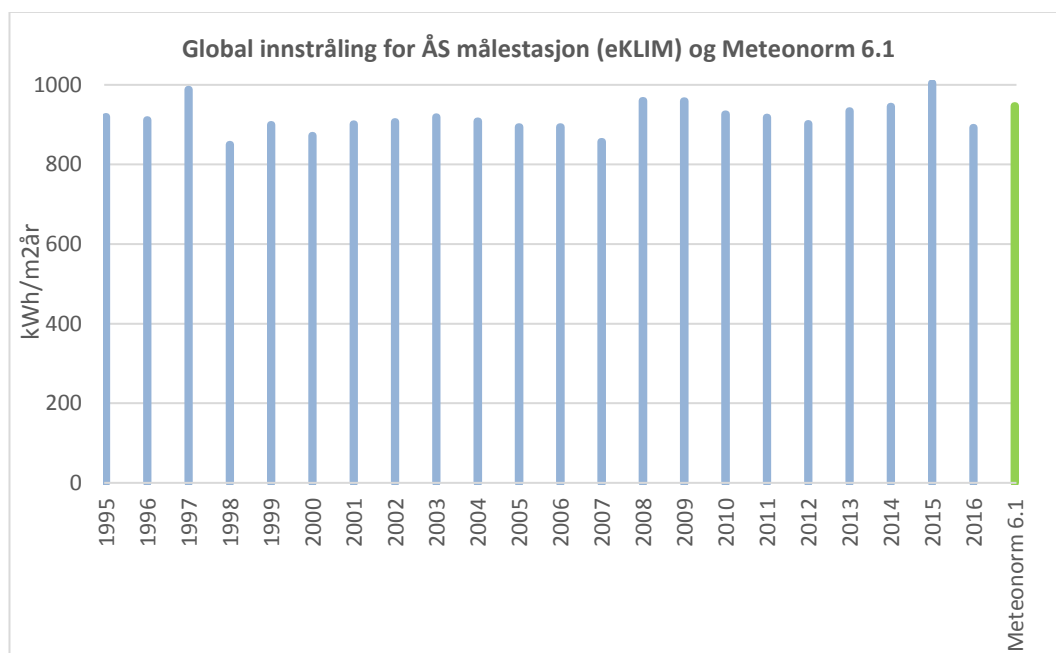
Love og regler for plusskundeordningen og el-sertifikater er gjeldende for de eiendommer hvor dette er aktuelt.

3 Metodikk

Metodikk for energiberegninger per bygg er beskrevet her. Underlag og inndata ble delvis fremskaffet på befaring og delvis oversendt fra Vestfold Fylkeskommune.

3.1 Simuleringer og energiberegninger

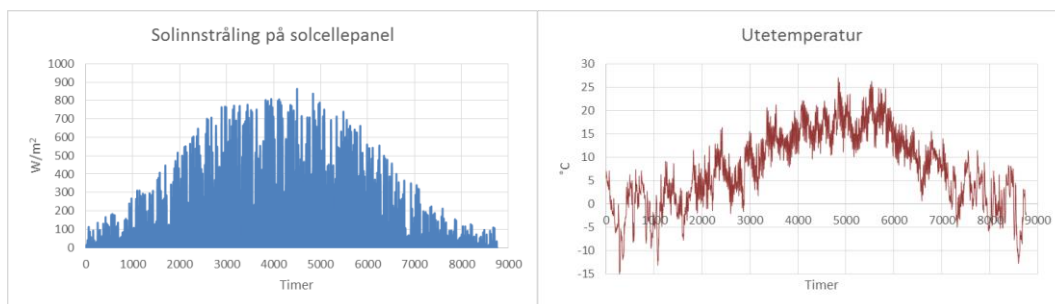
Beregning av energiproduksjon for solceller og solfangere per bygg er utført som beskrevet herunder. For meteorologiske værdata benyttes Meteonorm, som vurderes som representativ for Vestfold. I forbindelse med prosjektet er disse sammenlignet med målt solinnstråling på bakkestasjon (eKlim) på Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (Ås), da vær, klima og breddegrad her vurderes som representativt. Sammenligning er vist i Figur 8.



Figur 8 – Global innstråling for Ås målestasjon fra 1995 til og med 2016, sammenlignet med Meteonorm 6.1.

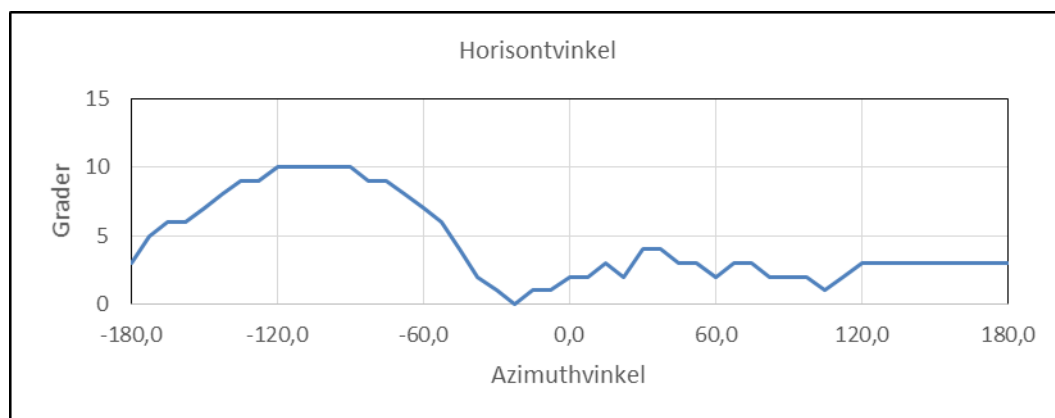
Beregningene benytter ovennevnte data og utføres på timesnivå for solceller, og månedlig for solfangere, mens resultatene presenteres akkumulert. Følgende værdata benyttes i beregningene:

- Solinnstråling (direkte og diffus) – direkte solinnstråling påvirkes betydelig av lokale skyggevirkninger
- Solvinkel (azimuth og høyde) – For tap grunnet Cosinus-effekten og refleksjonstap (IAM) og faktisk tilgjengelig innstråling på solcelle-/fanger areal
- Utetemperatur – For tap grunnet solcelletemperatur



Figur 9 – Venstre: eksempel på solinnstråling på plan med solceller, sammensatt av øst- og vest-orienterte plan. Høyre: Utetemperatur.

For inndata for horisontvinkel benyttes PVgis. Horisontvinkel påvirker tilgjengelig direkte innstråling samt albedo (reflektert innstråling). Eksempel på horisontvinkel som funksjon av azimuth-vinkel (retning) for Sande VGS er vist i Figur 10. Data er verifisert på befaring.



Figur 10 – Horisontvinkel fremvist for Sande VGS. Vinkelen er en funksjon av azimuth-vinkelen (retning) hvor 0 grader er sør, -120 grader er øst og 120 grader er vest.

I tillegg medregnes følgende elementer i energiberegningene:

Solcelleanlegg:

For solceller er energiberegningene utført iht tillegg P i NS 3031:2015. Følgende verdier medregnes på timesnivå:

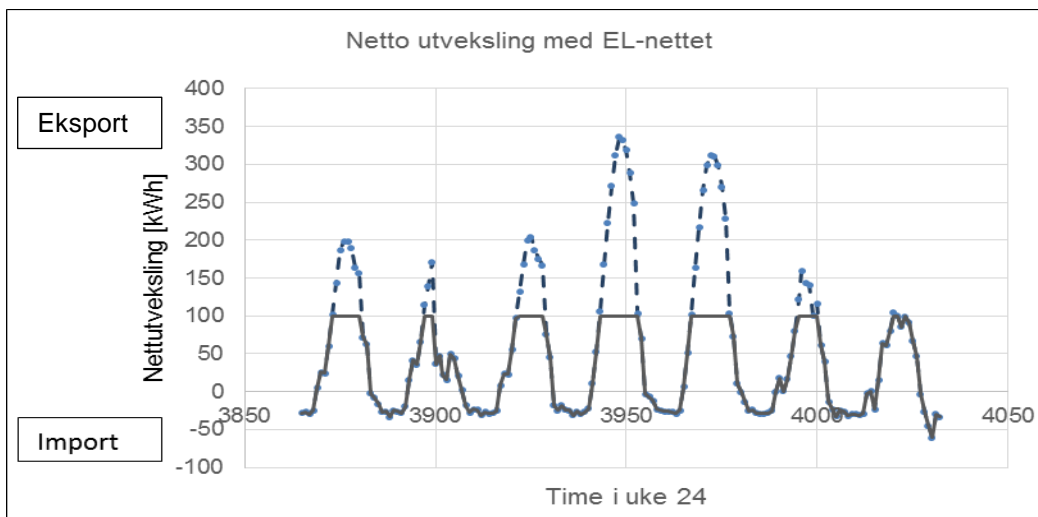
- Solcelletemperatur – avhengig av utetemperatur, solinnstråling, transmisjonskoeffisient, absorpsjonskoeffisient og varmetapsfaktor
- Tap pga soiling loss (snø, støv, løv, etc)
- Virkningsgrad for vekselretter
- Tap pga mismatch av strålingsnivå

Ovennevnte energiberegninger resulterer i solstrømproduksjon fra solenergianlegget på timesnivå for solcelleanlegg av en viss størrelse. Det utføres kontrollberegninger i PVsyst for å validere beregningene, en internasjonalt anerkjent programvare for solstrømsimuleringer.

Produksjon sammenstilles for hver time med målt EL-behov for hvert bygg/eiendom. Dette er hentet fra SFE (Sogn og Fjordane Energi) sin nettside, med eksport av forbruk i filer nedlasting. Dermed kategoriseres solstrømproduksjon i 2 kategorier:

- Solstrøm til eget bruk – besparer EL fra nettet
- Solstrøm eksportert ut på nettet – selges til spotpris

Eksport ut på nettet er til enhver tid begrenset til 100 kW per målepunkt iht plusskundeordningen.



Figur 1 – Eksempel på netto utveksling med EL-nettet, her vist på timesnivå for uke 24 for et eksempel på løsning med stor overproduksjon. Positiv verdi er eksport til nettet, mens negativ verdi er kjøpt EL fra nettet. Eksport er begrenset til 100 kW, noe som uten lagring fører til tap da denne produksjonen må «strupes».

Solfangeranlegg:

Følgende medregnes på månedsnivå:

- Innstrålt solenergi på solfangerflate
- Total systemvirkningsgrad
- Energibehov der hvor varme skal utnyttes (eksempelvis varmt tappevann til dusj)
- Utnyttbar andel solvarme produsert

Denne grovere sammenstillingen av behov og forbruk enn for solceller er som følge av at usikkerheten tilknyttet forbruk er betydelig større, noe som i høy grad legger usikkerhet på utnyttbar andel solvarme produsert. Verdiene som benyttes i beregningene er erfaringstall som vurderes å være representative for anleggene i denne rapporten.

Batterilagring

Det er gjort beregninger for å vurdere effekten av batterilagring som del av løsningen hvor eksport av solstrøm til nettet er betydelig. I dette prosjektet vil imidlertid ikke dette være en lønnsom løsning for noen av eiendommene, men det kan vurderes om det ønskelig å være pådriver for et demonstrasjonsprosjekt på en eller flere av eiendommene.

Pris på batterier har stor usikkerhet og varierer mye, men har vært på vei ned siste par årene. Erfaringsmessig ligger pris i størrelsesorden 2 500 – 10 000 kr/kWh, avhengig av teknologi, størrelse, med mer.

For batterilagring medregnes følgende per time:

- Utnyttbar kapasitet [kWh] i batteriet (eller tilgjengelig «plass»)
- Effektbegrensning på lading [kW]
(Batteri kan ikke oppta mer enn en gitt mengde energi per time)
- Effektbegrensning på utlading [kW]
(Batteri kan ikke avgi mer enn en gitt mengde energi per time)

Ved overproduksjon lades dermed batteriene så lenge det er nok tilgjengelig kapasitet, forutsatt at effektbegrensningen ikke overskrides. Når behovet overstiger forbruket igjen vil batteriene supplere tilgjengelig energi, også forutsatt at effektbegrensningen ikke overskrides.

3.2 Lønnsomhet

Som lønnsomhetsindikator benyttes LCOE (Levelized Cost of Electricity) i NOK/kWh. Dette tydeliggjør samlet energipris for installasjonen sammenlagt for anleggets levetid. Tallet kan sammenlignes med forventet energipris i anleggets levetid. LCOE hensyntar imidlertid ikke at deler av produsert energi går til eget bruk mens andre deler går til eksport. Derfor er også tilbakebetalingstid beregnet for tiltakene.

Levelized cost of energy er beregnet fra følgende formel:

$$LCOE = \frac{I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{M_{el} \times (1-L_f)^n}{(1+i)^t}}$$

Hvor:

| | |
|----------|------------------------------------|
| I_0 | Investeringskostnad ved oppstart |
| M_{el} | Energi produsert i år t |
| A_t | Total årlig kostnad i år t |
| L_f | Årlig degraderingsrate for paneler |
| i | Diskonteringsrate |
| n | Økonomisk levetid |
| t | Gjeldende år |

Følgende antakelser er lagt til grunn:

- Årlige vedlikeholdskostnader – 0,50 % av totale prosjektkostnader
- Årlig degraderingsrate for paneler – 0,70 %
- Diskontineringsrente – 3,0 %
- Økonomisk levetid – 25 år
- Økning i EL-pris – 1,5 %
- Innkjøp av ny vekselretter etter 12 år

Lønnsomhetsindikatoren har en tendens til å være mest gunstig for store installasjoner. (Denne effekten er gjeldende opp til et visst nivå, men økende systemstørrelse vil etter hvert også øke andel eksportert EL til nettet, noe som reduserer lønnsomheten. LCOE er derfor ventet å øke med systemstørrelse over et visst nivå. For prosjekter med omsetningskonsesjon vil ovennevnte effekt ikke være gjeldende på samme måte). Vestfold FK må derfor vurdere investeringskostnad for hver eiendom opp mot eget budsjett.

Investeringskostnad

Investeringskostnader er beregnet etter Swecos egne kalkyler basert på faktiske kostnader i prosjekter kombinert med erfaringstall fra bransjen. Kostnad for solcelleanlegg og/eller solfangeranlegg ikke er direkte lineær med størrelsen på anlegget, men anleggenes ulike komponenter øker i varierende grad med størrelsen på anlegget. Derfor er systemkostnad beregnet for hver eiendom på komponentnivå, men summen presenteres samlet.

I tillegg er det antatt og medtatt følgende kostnader for å ivareta konservative estimater:

For solcelleanlegg:

- Uforutsette kostnader – 10 % av totalkostnad utstyr, rigg og drift
- Prosjektering – 7 % av totalkostnad utstyr, rigg og drift

For solfangeranlegg:

- Uforutsette kostnader – 15 % av totalkostnad for utstyrt, rigg og drift
- Prosjektering – 15 % av totalkostnad for utstyrt, rigg og drift

For solfangeranlegg er støtte fra Enova medregnet i investeringskostnaden.

3.3 Generelle vurderinger

For hver eiendom er det gjort generelle overordnede vurderinger for å avdekke momenter ved eiendommen som gjør den mer eller mindre egnet for solenergitiltak. Disse vurderingene er gjort på bakgrunn av blant annet:

- Utsendt spørreskjema for utfylling av detaljer fra driftspersonell
- Befaring av eiendom sammen med driftspersonell
- Oversendt underlag fra Vestfold FK ved prosjektstart, inkludert:
 - Plan- og snittegninger (PDF og DWG)
 - Tilstandsanalyser for eiendommene, utført av Sivilingeniør Anders Overrein AS i 2016
 - Pålogging til SFE (Sogn og Fjordane Energi) for nedlasting av elektrisk energiforbruk på timesnivå for eiendommene
 - Oppgitt målt energiforbruk per eiendom
 - Eiendomsliste med kommentarer om oppvarming, bruksareal, m.m.
- Egne verktøy og beregninger

Fra disse kildene er følgende punkter spesielt vurdert:

- Aktuelle takflater
- Nærliggende skyggeeffekter fra takoppbygg, rør og deler på tak, nabobygg, trær, m.m.
- Horisontvinkel
- Energibehov (både elektrisk og termisk hvis tilgjengelig)
- Eventuelle arkitektoniske eller antikvariske forhold

Kartlegging av solenergitiltak per bygg er dermed gjennomført på et overordnet nivå, med vurdering av de viktigste faktorene. For eksempel tallfesting av takets bæreevne for utbygging av installasjon på tak med bruk av ballast må nærmere utredes i forprosjekt.

4 Solenergitiltak per eiendom

I dette kapitlet gjennomgås en mer detaljert vurdering av hver eiendom. Her vil det i tillegg til en kort oppsummering av anbefalt tiltak, med markering av anbefalte flater, være følgende innhold per eiendom:

- **Vurdering av eiendommen**

Her presenteres bakgrunnsinfo om eiendommen samt funn som er gjort på befaring og de viktigste momenter fra mottatt underlag. Dette gjelder størrelse på aktuelle flater, nærliggende lokale skyggeeffekter, alder på bygg og deler, antikvariske hensyn, beskrivelse av teknisk anlegg, med mer.

- **Energibalanse**

Her presenteres målt energibehov for bygget, for den energibærer som påvirkes av solenergiproduksjon. I de fleste tilfeller gjelder dette målt el-forbruk, som avlest hos SFE. Energiforbruket sammenstilles mot produsert solenergi for den foreslåtte løsningen for eiendommen. Dette fremstilles:

- **Månedlig**

For å se helhetlig energiproduksjon mot forbruk

- **Per time for utvalgt uke (sen vinter)**

For å se på produsert energi i forhold til energiforbruket i periode med høyt energibehov

- **Per time for utvalgt uke (sommer)**

For å se på produsert energi i forhold til energiforbruket i periode med lavere energibehov og høy produksjon

Dette for å synliggjøre hvordan produksjon av solenergi vil samstemme med energibehovet for den enkelte eiendom.

4.1 Sande VGS

Et solcelleanlegg på 140 kWp, eller ca 880 m² øst/vest-orientert anlegg for flatt tak vurderes som egnet for Sande VGS. Dette vil kunne produsere ca. 90 000 kWh/år til egen bruk, samt ca 22 500 kWh/år til å eksportere ut på EL-nettet (ca 20 % av målt el-forbruk), til sammen ca 112 400 kWh. Dette vil kreve en investeringskostnad på rundt 1,8 MNOK eks mva og medføre en LCOE på 1,14 kr/kWh eks mva. Beregnet tilbakebetalingstid blir 25 år. Tilgjengelige takflater tilsvarer ca 2 900 m² og solcelleareal blir ca 30 % av dette.



Figur 11 – Markering av de aktuelle takflater på Sande VGS for solcelleanlegg. Det er plass til ytterligere solceller distribuert på de ulike takflatene, men dette vil ytterligere øke andel eksportert strøm til nettet.

Solfangeranlegg vurderes som lite aktuelt per i dag på grunn av lite oppvarmingsbehov for varmt tappevann. Det anbefales generelt at bygget vurderes for vannbårent varmeanlegg i sammenheng med rehabilitering og etterisolering, noe som vil gjøre solfangere mer aktuelt. Det bør da utredes om et felles varmeanlegg med Sandehallen er aktuelt.

Vurdering av eiendom

Sande VGS består av 3 delbygg; Bygg A, B og C. Byggeår for byggene er hhv. 1979, 1979 (eldste del) og 1995 (nyere del), og 1996. Samlet brutto areal er ca 8359 m². Skolen er i utgangspunktet stengt sommerstid, med redusert ventilasjon og belysning avslått.

Belysning består av lysrørarmaturer i det meste av arealene, men ved oppussinger de siste årene prioriteres LED-plater lagt i himling. Bygget vurderes å være godt ventilert, med relativt god varmegjenvinningsgrad (hovedsakelig roterende varmegjenvinnere). Der er romregulering med KNX, samt SD-anlegg med innebygd maksimalvokter (effektbegrensning).

Skolen har per i dag elektrisk oppvarming uten vannbåren varmeanlegg, samt elektriske varmebatterier i ventilasjonsanlegg. Skolen har ikke gymsal eller garderobes med dusjer selv, men leier Sandehallen til kroppsøving av kommunen. Varmtvann produseres med lokale varmtvannsberedere (1300 l) med direkte el-kolber i berederne. Skolen har lite varmtvannsforbruk ettersom skolen leier Sandehallen for kroppsøving.

Skolen har betong som hovedkonstruksjon. Tidligere utført tilstandsanalyse for eiendommen oppgir dimensjonerende last for taket på 250 kg/m² for hovedbygget. Taket vurderes generelt å ha god bæreevne for solenergianlegg, men dette må utredes mer detaljert i eventuell prosjekteringsfase. Det er plasttøpte betongdekker på alt utenom ventilasjonsrommene på bygg B og C. Takoverflate er PVC folie på hele taket, med unntak av kantinetak med Icopal Mono, og det gamle verkstedet med asfalt takbelegg (ATB).



Figur 2 – Sande VGS. (Foto: Lunde, Sweco).

Sande VGS har store flate takflater, uhindret mot alle himmelretninger, med kun interne skyggeforhold fra bygningsdeler og ventilasjonsrom på tak. Vest for skolen er det en del trær som kan medføre skygge på ettermiddag. En del av disse kan fjernes ifølge driftspersonell.

På grunn av god plass på tak vurderes fasadeløsninger som ikke aktuelt på eiendommen.

Nærliggende bygg er Sandehallen. Denne er kommunal, og har idrettshall og garderobeanlegg med dusjer. På grunn av manglende infrastruktur for vannbåren varmedistribusjon mellom byggene, og lavt oppvarmingsbehov for varmt tappevann, vurderes solfangeranlegg som ikke aktuelt på eiendommen.

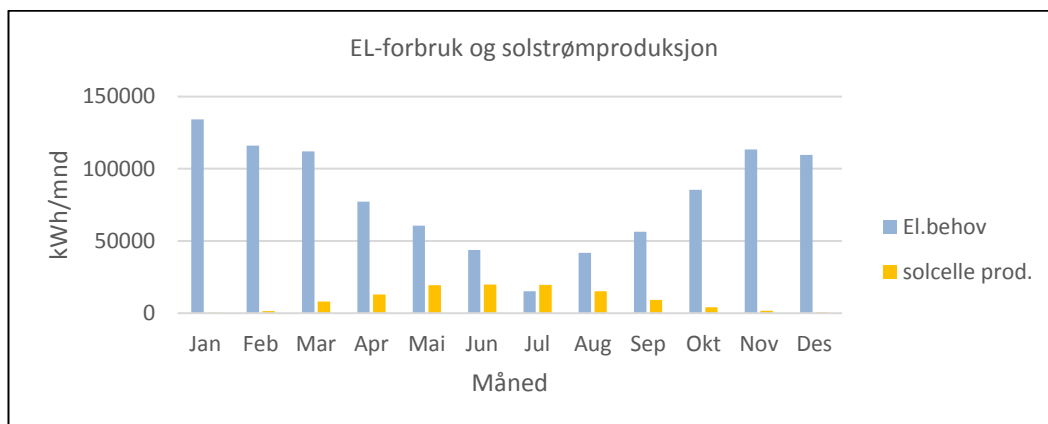
Vekselrettere for solcelleanlegget foreslås plassert på tak, inntil nordvendt fasade. Produsert elektrisitet fra solcelleanlegg føres videre inn i byggets hovedfordeling, hvor det må legges til rette for egen kurs med tilhørende nettanalysator.



Figur 12 – Venstre: Hovedtavle/hovedfordeling for innmating av solstrøm. Det opprettes egen kurs for dette, med tilhørende nettanalysator. Høyre: Hovedmåler for EL hvis timesverdier for forbruk er lagt til grunn for lønnsomhetsberegningene. (Foto: Lunde, Sweco).

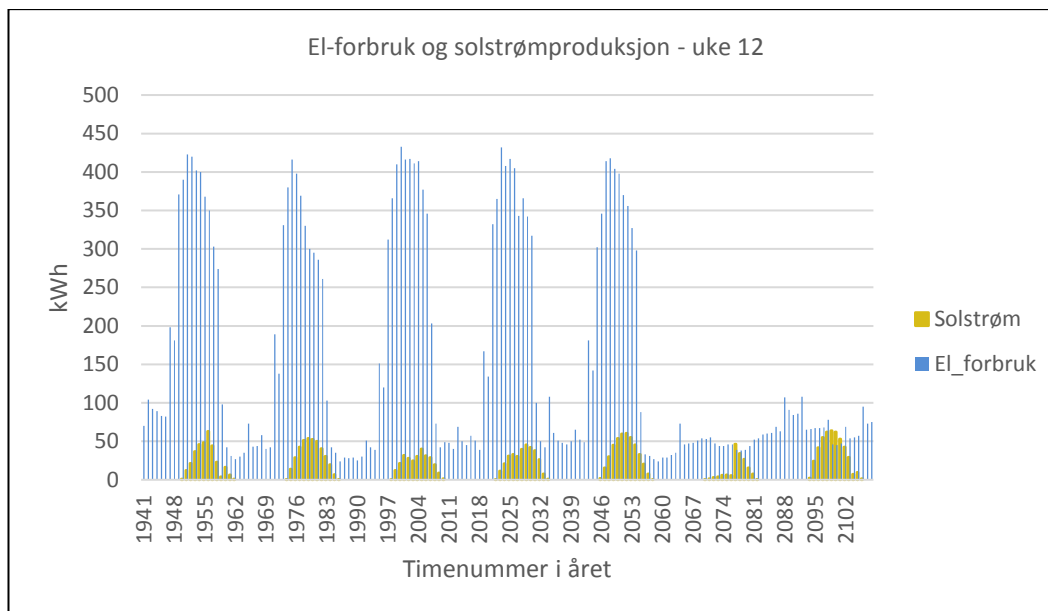
Energibalanse

Sande VGS har et årlig EL-forbruk oppgitt av driftspersonell på 123 kWh/m², eller 965 771 kWh. Beregnet solstrømproduksjon sammenstilt med målt forbruk er vist i figuren under.

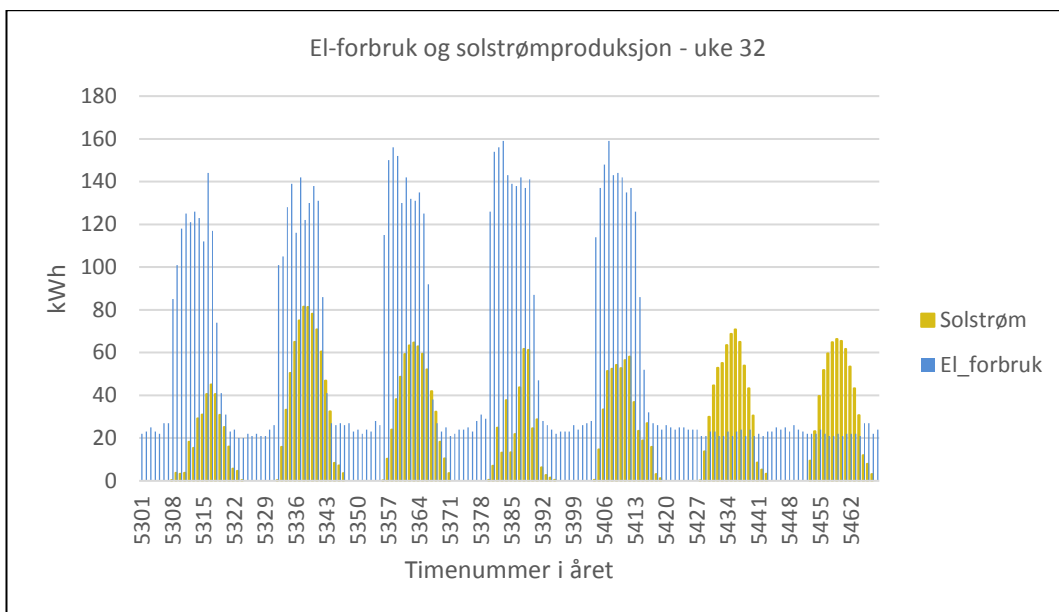


Figur 13 – Månedlig målt EL-forbruk mot beregnet solstrømproduksjon på Sande VGS.

Ettersom der ikke er vannbåren varme har varmtvannsforsyningen kun direkte EL-forsyning. Skolen har mye tilgjengelig takareal som kan benyttes til solcelleanlegg, men på bakgrunn av konklusjon om bruk av plusskundeordningen (2.3.2) vurderes foreslått anleggsstørrelse som hensiktsmessig/økonomisk på grunn av andel eksportert energi til nettet (her begrenset til 20 % av produsert solstrøm etter Swecos beregninger).

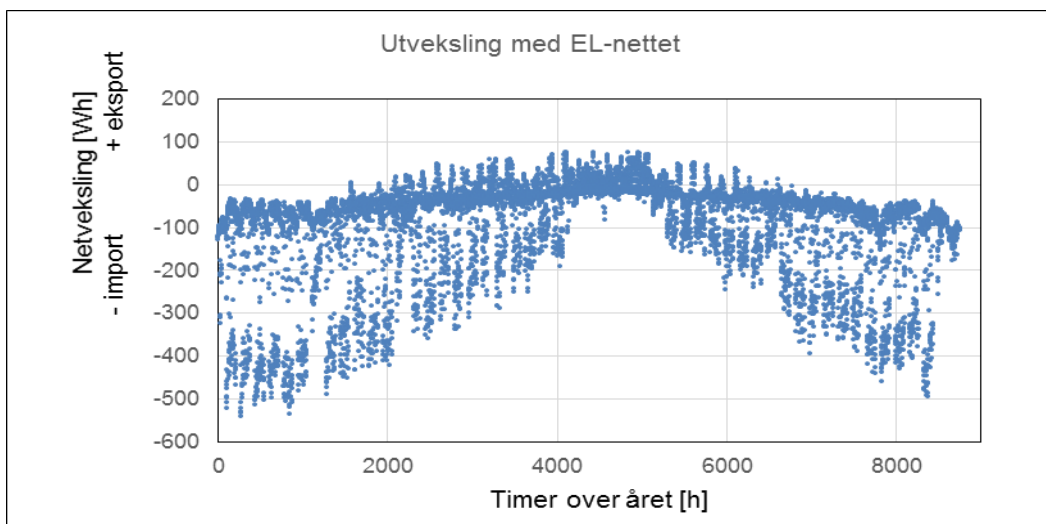


Figur 14 – Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på Sande VGS i uke 12. I ukedagene er forbruket betydelig høyere enn solstrømproduksjonen. I helgen ser man allerede tendenser til eksport av solstrøm ut på nettet.



Figur 15 – Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på Sande VGS i uke 32. Solstrømproduksjonen følger forbruket i ukedagene. En høy andel av solstrømmen eksporteres i helgene.

Netto elektrisk energibalanse er for Sande VGS er vist i neste figur. Dette gjelder beregnet energiproduksjon for ovennevnte foreslåtte solcelleløsning, minus avlest/målt elektrisk energiforbruk for skolen i 2015.



Figur 16 – Utteksling av strøm med EL-nettet med 140 kWp installert solcellekapasitet i øst/vest-orientert anlegg og målt EL-forbruk for 2015. Hvert punkt representerer en time, fra første time i januar til siste time i desember, og er lik differansen mellom produksjon og forbruk. Positive verdier representerer eksportert EL til nettet. Man ser at 100 kW-grensen for eksport til nettet ikke påvirker resultatet her.

4.2 Melsom VGS

Et samlet solcelleanlegg på rundt 1587 m² (eller 248 kWp) vil kunne produsere ca 191 200 kWh/år til eget bruk samt eksportere 10 400 kWh/år til nettet (ca 5 % av målt el-forbruk), til sammen ca 201 600 kWh/år. Dette vil medføre en beregnet merkostnad på ca 2 MNOK og en LCOE på 0,75 kr/kWh, begge eks mva. Beregnet tilbakebetalingstid blir 15 år.

De aktuelle takflatene er:

- Sørvendt skrå takflate på låven
- Sør-, vest- og østvendte takflater på administrasjonsbygget, vist i figurene under



Figur 17 – Venstre: Aktuell sørvendt takflate på låven. Høyre: Aktuelle sør-, vest- og østvendte skrå takflater på administrasjonsbygg. Det er ytterligere tilgjengelig takflater på eiendommen som kan vurderes utnyttet, men dette vil øke andelen eksportert strøm til nettet. (Bilde: Google Earth)

Vurdering av eiendommen

Melsom VGS forvalter totalt 34 bygg av varierende størrelse og tilstand. De 2 ovennevnte hovedbyggene (hvorav administrasjonsbygget/skolebygget består av flere delbygg) omtales videre her.

Byggene er oppgitt av driftspersonell å ha fellesmåler for EL fra nettet, lokalisert ved teknisk rom i administrasjonsbygg. Dette åpner for sentralisering av solcelleanlegget samtidig som produsert EL fordeles ut der hvor der er behov, noe som er positivt for lønnsomheten i et eventuelt solcelleanlegg.

Nær forestående utvendig rehabilitering av låven/gamle driftsbygningen, samt vedtak i Fylkestinget om å utrede solenergitiltak i forbindelse med rehabiliteringsarbeidene, medfører at spesielt dette bygget er velegnet for solenergitiltak. Bygget er oppført i 1936 og delvis rehabilitert i 1981 og 2009. Byggets skrå takflate mot sør (ca. 40°) har nær optimal vinkel for utnyttelse av solenergi. Bygget er bevaringsverdig, men kan være gjenstand for å bli et forbildeprosjekt for Vestfold.

Takflaten består av gamle eternittplater av ukjent årgang og bør skiftes ut. Solcellepaneler og/eller solfangere kan her tjene som takets værhud (ytterste lag) og dermed erstatte

alternativ utskifting til ny værhud, og slik spare noe av kostnadene. Dette er medtatt i beregningene fra å trekke fra referansekostnad for takflaten på låven. Solcellene i ytterkantene av takflaten (mot tårnene) er mer skyggeutsatt enn resten av solcellene, noe som må hensyntas i prosjekteringsfase.

Administrasjonsbygget/skolebygget består av flere sammenkoblede bygg, med mange ulike takflater aktuelle for solcelle- og solfangerinstallasjoner. De ulike orienteringene bidrar til å fordele energiproduksjonene mot morgen og ettermiddag, ikke bare midt på dagen. Bygget er oppført i flere trinn, hovedsakelig i 1955, med nyere rehabiliteringer og påbygg. Det er ikke medtatt besparelser som følge av erstattet takmateriell i beregningene for dette bygget.



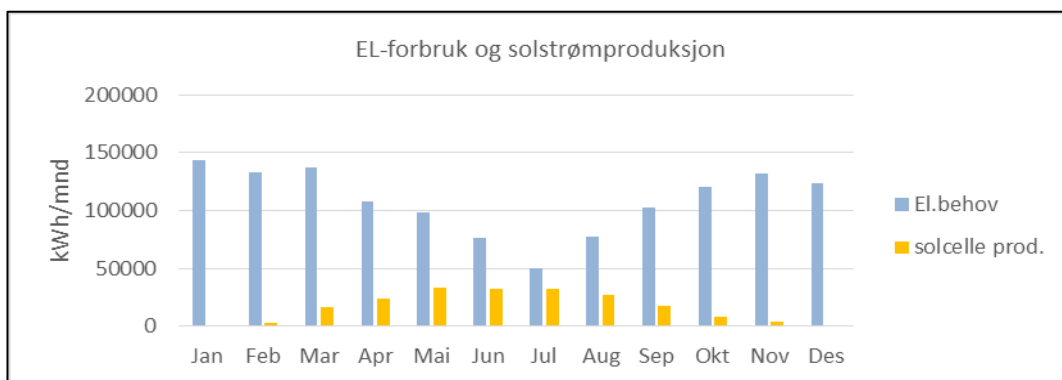
Figur 18 – Administrasjonsbygget ved Melsom VGS. (Foto: Lunde, Sweco)

Melsom VGS har eksisterende infrastruktur for vannbåren varmedistribusjon mellom byggene, med en varmesentral som produserer varme fra forbrenning av flis og hestemøkk. Varmeavgivelse er via radiatorer på høy-temperatur, noe som medfører lavere virkningsgrad for et eventuelt solfangeranlegg. I tillegg er behovet for varmt tappevann for eiendommen veldig spredt og med ujevnt forbruk. Av disse årsaken vurderes solfangeranlegg som mindre aktuelt enn solceller for de aktuelle takflatene.

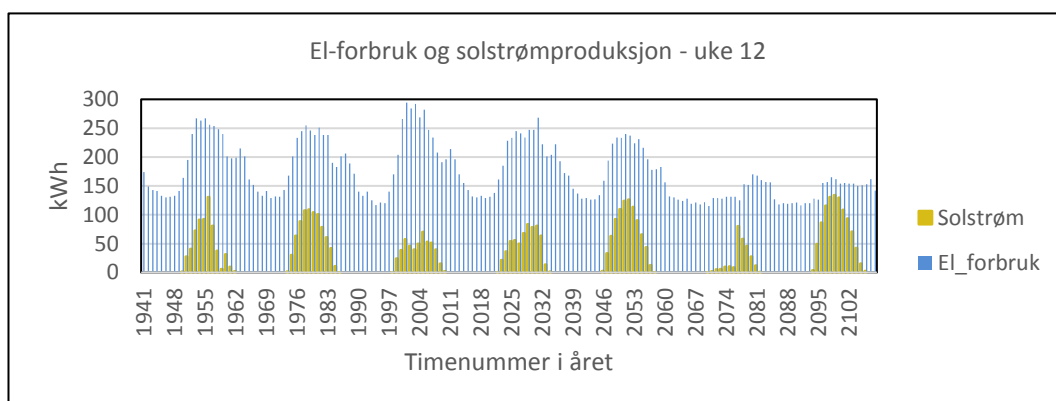
Eiendommen har SD-anlegg, med Normatic toppsystem sentralt.

Energibalanse

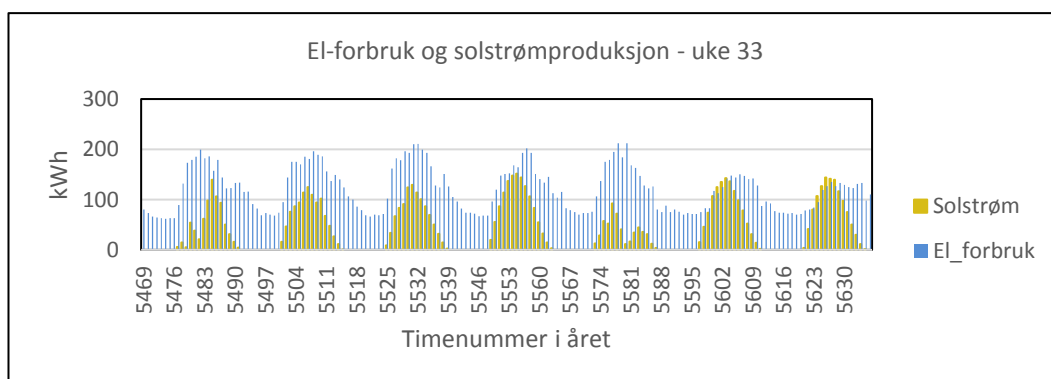
Melsom VGS har et årlig el-forbruk oppgitt av driftspersonell til ca 64 kWh/m²år, eller 1,3 GWh/år (inkludert alle bygg). Beregnet solstrømproduksjon sammenstilt med målt forbruk er vist i figurene under.



Figur 19 - Månedlig målt EL-forbruk mot beregnet solstrømproduksjon på Melsom VGS.

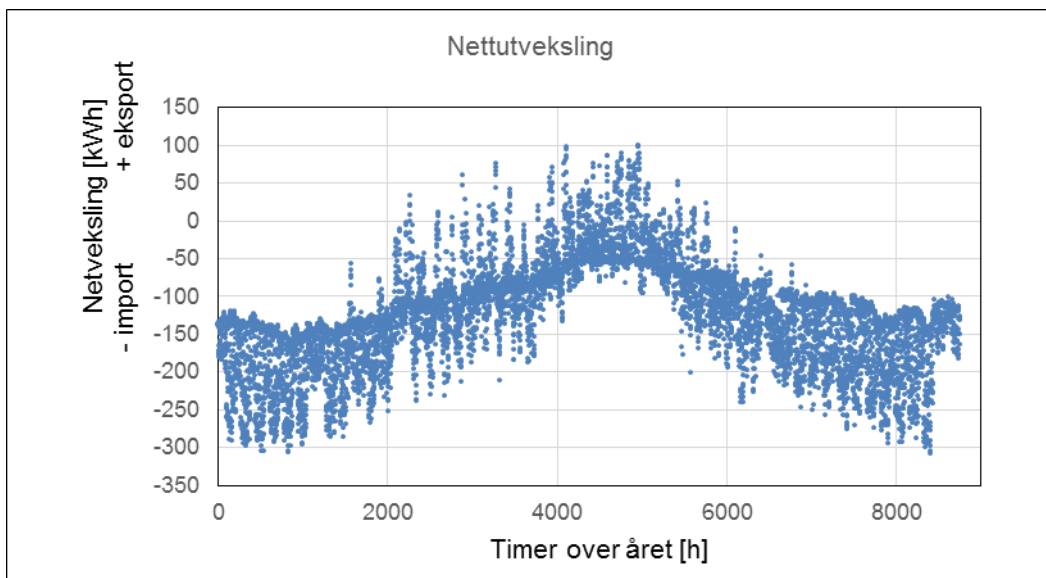


Figur 20 - Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon i uke 12.



Figur 21 - Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon i uke 33. I ukedagene samt delvis helg følger produksjonen forbruket relativt godt, noe som holder andel eksportert solstrøm til nettet nede.

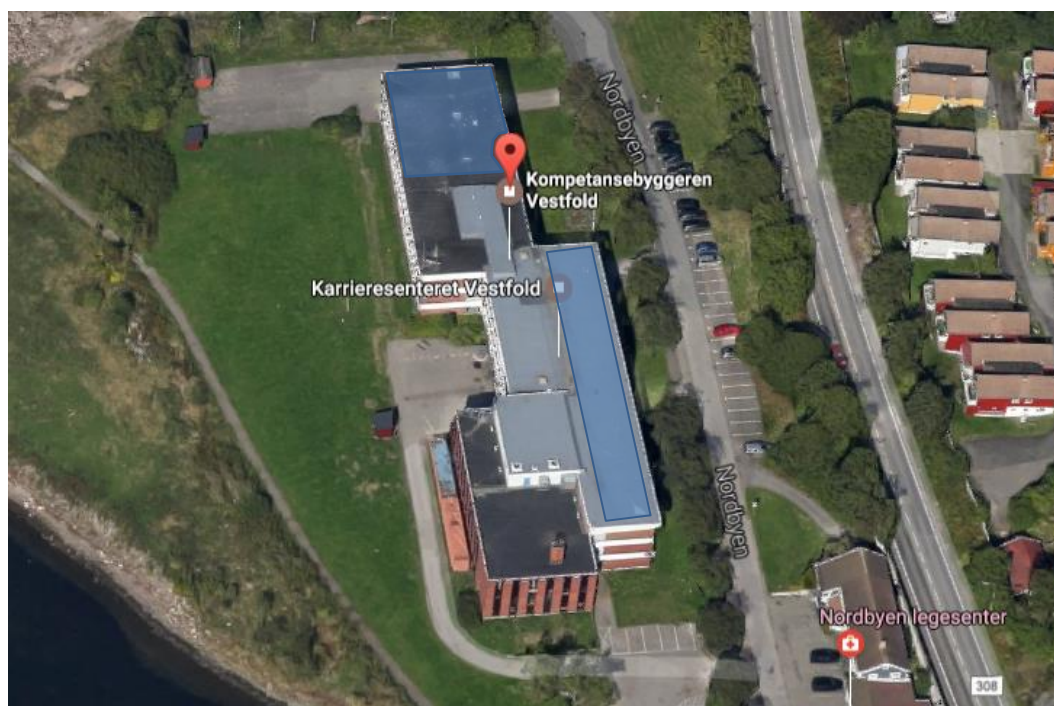
Beregnet nettutveksling på timesnivå for Melsom VGS med ovennevnte solcelleløsning er fremstilt i figuren under, med utgangspunkt i målt el-forbruk og beregnet energiproduksjon på timesnivå. Her representerer positive verdier eksport til EL-nettet, mens negative verdier representerer netto forbruk.



Figur 22 – Netto nettutveksling på timesnivå for Melsom VGS. Hvert punkt representerer en time, og er lik produksjon minus forbruk [kWh]. Her representerer positive verdier eksport til EL-nettet, mens negative verdier representerer netto forbruk. Med foreslått løsning ser man at eksportert strøm til nettet så vidt er oppe i 100 kW, som er maks-grensen for plusskundeordningen. Tap som følge av å «strupe» dette forbruket vil her være minimalt.

4.3 Kompetansebyggeren «Korten»

Et solcelleanlegg på 120 kWp, eller ca 760 m² øst/vest orientert anlegg for flatt tak vurderes som egnet for Kompetansebyggeren. Dette vil kunne produsere ca. 73 700 kWh/år til eget bruk samt ca 19 900 kWh/år til å eksportere ut på EL-nettet (anslått til ca 20% av forbruk for 2015), til sammen ca 93 600 kWh produsert solstrøm. Dette vil kreve en investeringskostnad på rundt 1,6 MNOK eks. mva og medføre en beregnet LCOE på 1,21 kr/kWh eks. mva. Beregnet tilbakebetalingstid blir >25 år. Aktuelle takflater vurdert er ca 1300 m² og solcelleareal utgjør ca 60 % av dette.



Figur 23 – Markering av de aktuelle takflater på Kompetansebyggeren «Korten» for solcelleanlegg. Det er plass til ytterligere solcelleareal distribuert på de ulike takflatene, spesielt på sørenden av bygget, men dette vil ytterligere øke andel eksportert strøm til nettet. (Kilde: Google Earth)

Solfangeranlegg vurderes som lite aktuelt per i dag på grunn av lite behov for varmt tappevann. Skagerak energi planlegger fjernvarme i området, noe som vurderes som en bedre løsning for bygget på sikt.

Vurdering av eiendommen

Kompetansebyggeren «Korten» er bygget i 1969, med påbygg i 1995 og rehabilitering i 2016. Bygget er et undervisningsbygg med primært klasserom til voksenopplæring og kontorer på 5907 m² oppvarmet BRA. Skolen er delvis stengt sommerstid (ca 1/3 aktivitet).

Det oppgis av driftspersonell å være til sammen ca 2100 m² takflate på bygget, hvorav ca 1300 m² vurderes å være aktuelle «tilgjengelige» takflater pga bygningsdeler, avstand til kanter, osv. Dette er store takflater, uhindret i alle himmelretninger med kun interne

skyggeforhold å ta hensyn til. Takoverflate er foret opp fra betong, tekket med derbigum. Bæreevne er ukjent og bør vurderes nærmere i forprosjekt. På grunn av god plass på tak vurderes fasadeløsninger som ikke aktuelt på eiendommen.

Bygget har høytemperert vannbårent varmeanlegg (80/60 °C), med fyring av oljekjel og el-kjel. Skagerak Energi planlegger fjernvarme i området. Det meste av rør og radiatorer er fra byggeår og anlegg reguleres etter utetemperatur. Ventilasjonsvarme er også fra høytemperert vannbåren varme. Tappevannsbehov er lavt og begrenset til håndvasker. Kjøleanlegg er ønskelig på grunn av høye innetemperaturer om sommeren.

Belysning består primært av T5 og T8 lysrør av ulik alder og kvalitet. Dette er ikke tidsstyrt og blir ofte stående påskrudd.

Der er ikke SD-anlegg på bygget.



Figur 24 - Kompetansebyggeren «Korten». (Foto: Lunde, Sweco)

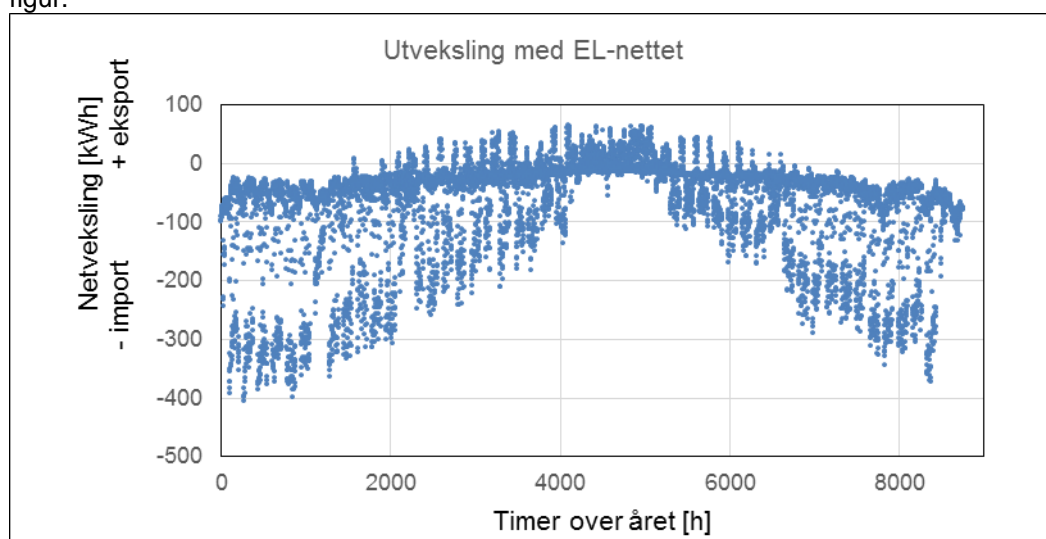


Figur 25 – Venstre: Tilgjengelige takflater på midtre og østre takdel på Kompetansebyggeren «Korten», retning nord. Høyre: flatt tak på søre takdel, retning sør. Interne bygningsdeler fører til skyggeeffekter på takflaten, som gjør at østre og nordre takdel vurderes som mest aktuelle. (Foto: Lunde, Sweco)

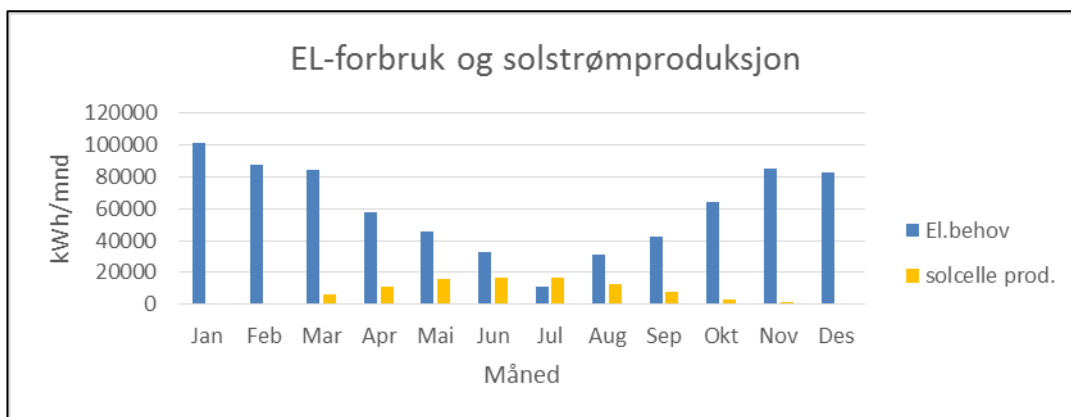
Energibalanse

Kompetansebyggeren «Korten» har et målt el-forbruk på 63 kWh/m² som avlest av Vestfold Fylkeskommune. Dette vurderes som relativt lavt, men timesverdier tilgjengelig i prosjektet mangler verdier for store deler av sommerhalvåret. Av denne årsak er timesverdier for el-forbruk i beregningene for denne eiendommen erstattet med timesverdier for Sande VGS, korrigert etter oppvarmet bruksareal. Med dette blir beregnet solstrømproduksjon sammenstilt med anslått el-forbruk vist i figurene under. 120 kWp vurderes som maksimal størrelse på solcelleanlegget med hensyn til eksportert andel produsert solstrøm.

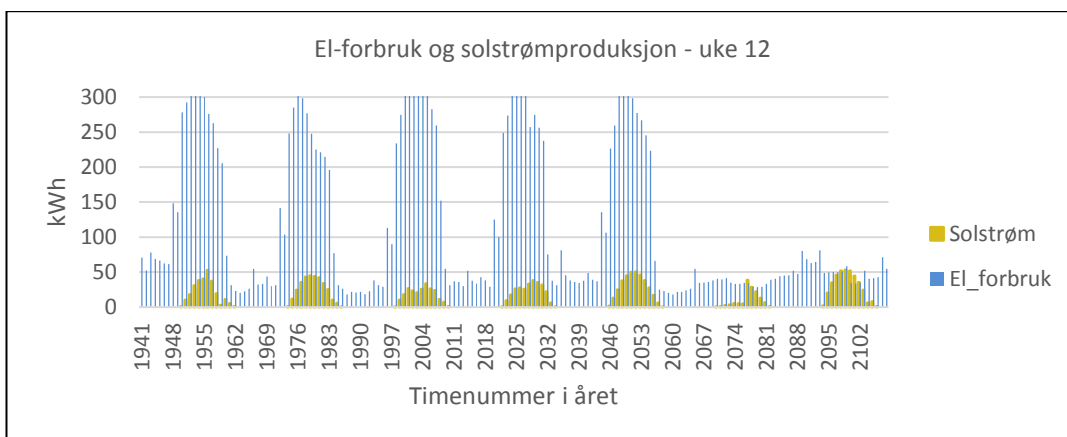
Med foreslått solcelleanlegg vil beregnet netto utveksling med el-nettet bli som vist i neste figur.



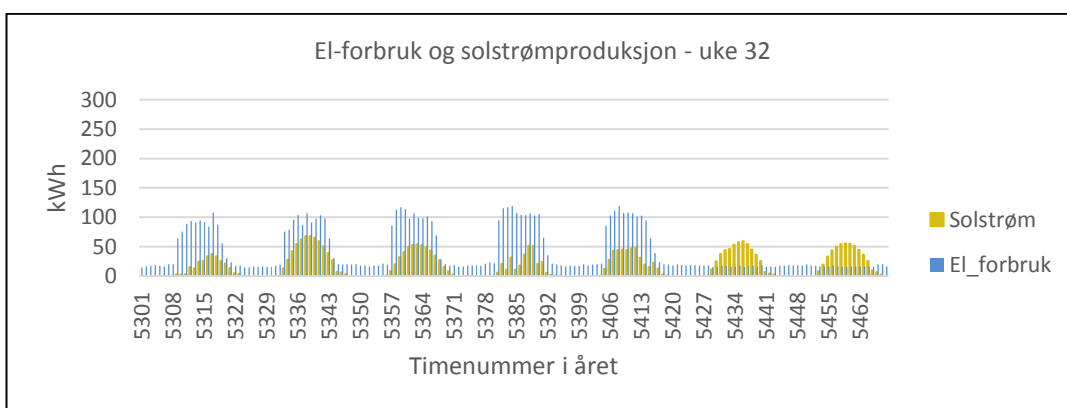
Figur 26 – Utveksling av strøm mot EL-nettet med 120 kWp installert solcellekapasitet i øst/vest-orientert anlegg og estimert EL-forbruk for 2015. Hvert punkt representerer en time, fra første time i januar til siste time i desember, og er lik differansen mellom produksjon og forbruk.



Figur 27 - Månedlig anslått EL-forbruk mot beregnet solstrømproduksjon på Kompetansebyggeren «Korten».



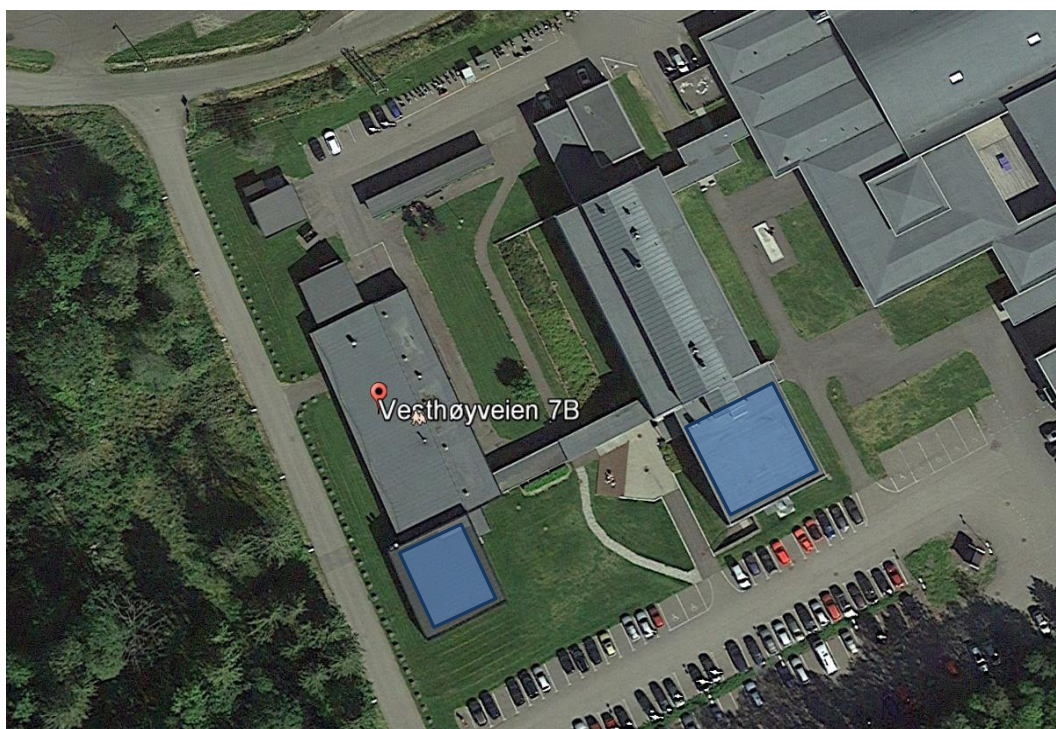
Figur 28 - Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på «Korten» i uke 12. Solstrømproduksjonen er lav relativt til byggets forbruk, men allerede i uke 12 er det antydninger til eksport av solstrøm i helgene.



Figur 29 - Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på «Korten» i uke 32. El-forbruket er betydelig lavere enn i uke 12, men solstrømproduksjonen følger forbruket i ukedagene. En høy andel av solstrømmen eksporteres i helgene.

4.4 Holmestrand VGS

Et solcelleanlegg på 75 kWp, eller ca 480 m² øst/vest-orientert anlegg for flatt tak vurderes som egnet for Holmestrand VGS. Dette vil kunne produsere ca 55 500 kWh/år til egen bruk, samt ca 6500 kWh/år til å eksportere ut på EL-nettet, til sammen 62 000 kWh/år. Eksport til EL-nettet tilsvarer da ca 11 % av anslått elektrisk energiforbruk. Dette vil medføre en LCOE på 1,14 kr/kWh eks. mva, og en investeringskostnad på ca 980 kNOK kr eks. mva. Anlegget vil ha en beregnet tilbakebetalingstid på ca 23 år.



Figur 30 - Markering av de aktuelle takflater på Holmestrand VGS for solcelleanlegg. Det er plass til ytterligere solcelleareal distribuert på de ulike takflatene, som har ulike helnings- og retningsvinkler, men foreslått løsning vurderes å henge godt sammen med energibehovet til skolen. (Bilde: Google Earth)

Solfangeranlegg vurderes som lite aktuelt per i dag på grunn av lite oppvarmingsbehov for varmt tappevann.

Vurdering av eiendommen

Holmestrand VGS består av 2 hovedbygg; Bygg A («Verkstedsbygget») og Bygg B («Hovedbygget»). Begge er oppført i 1968, har dekker, søyler og bjelker i betong, og teglvegger. Bygg A og B er på henholdsvis 1171 m² og 3297 m². I tillegg ble det oppført et tilbygg for bygg A med flatt tak i 1994 på sørsiden. Totalt oppgitt oppvarmet bruksareal for eiendommen fra Vestfold FK er 6076 m².

Bygg A har skrått pulttak, og integrering av solenergiløsninger her er mest aktuelt å innfeste i takflaten (altså uten bruk av ballast). Bygg B har både skrå og flate takflater med folietekking. Bæreevne for de flate takflatene er ukjent og må utredes nærmere i en eventuell prosjekteringsfase. I tilstandsanalyser for eiendommen fremkommer det behov for rehabilitering av bærende yttervegger og grunnmur, noe som bør også vurderes som del av forprosjekt før det investeres i langsiktig solenergiproduksjon på tak. Det er mange egnede takflater for solenergianlegg på eiendommen. Foreslått anleggsstørrelse er med utgangspunkt i kost-nytte vurdering etter andel eksportert solstrøm til nettet. På grunn av god tilgjengelig takplass vurderes fasadeløsninger som lite aktuelt på eiendommen.

Byggene forsynes av høytemperert vannbåren oppvarming til romoppvarming og ventilasjon basert på nærvarmeanlegg basert på fyrings av flis og gass som backup.

Det er lite behov for varmt tappevann på eiendommen. Nærliggende idrettshall er kommunal. Dette gjør at solfangeranlegg eventuelt bør etableres av kommunen.

Byggene har i hovedsak balansert ventilasjon, men ukjent gjenvinningsgrad. Belysning varierer i alder med noe nytt og noe eldre, spesielt i bygg A.

Eiendommen har SD-anlegg (Normatic toppsystem sentralt).

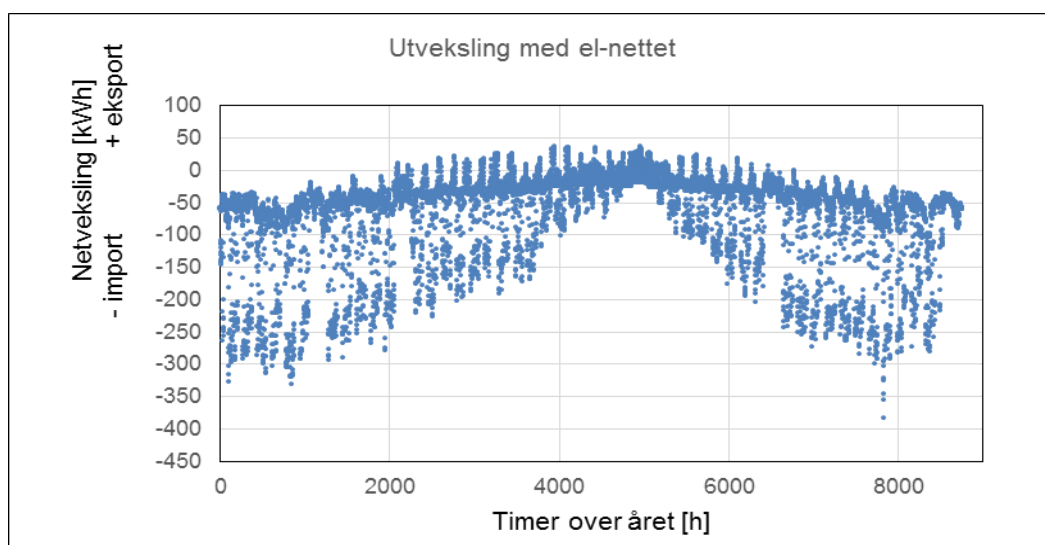


Figur 31 – Sørenden av bygg B, Holmestrand VGS. Flat takflate på enden (høyre) vurderes som mest egnet takflate for solcelleanlegg. (Foto: Lunde, Sweco).

Energibalanse

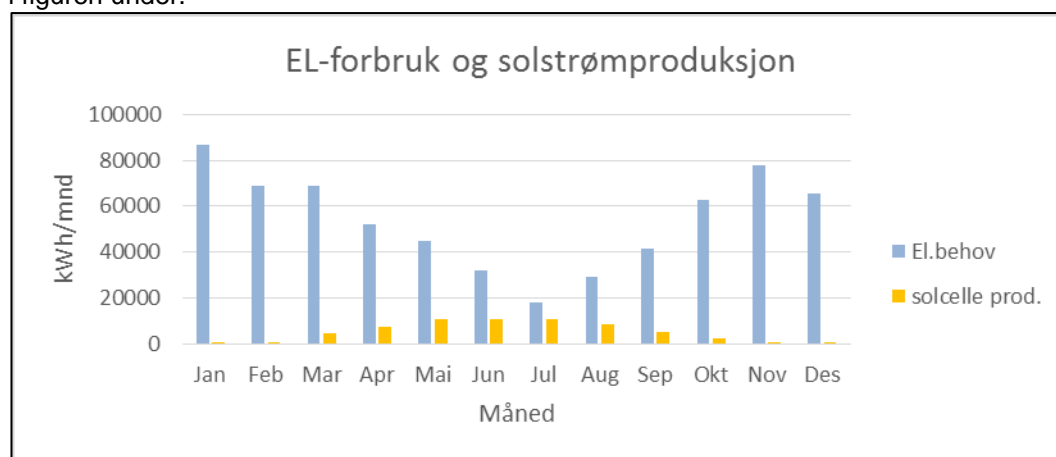
Holmestrand VGS har et oppgitt målt energiforbruk på 109 kWh/m²år, hvor el-forbruk utgjør 59 kWh/ m²år, som avlest av Vestfold FK. Timesverdier for el-forbruk var ikke tilgjengelig for energiberegningene, så timesverdier fra Greveskogen er blitt brukt til dette, korrigert etter oppvarmet bruksareal.

Med dette blir beregnet energibalanse for solcelleanlegget på eiendommen som vist i følgende figurer. Beregnet netto utveksling med e-nettet på timesnivå er vist i Figur 32.



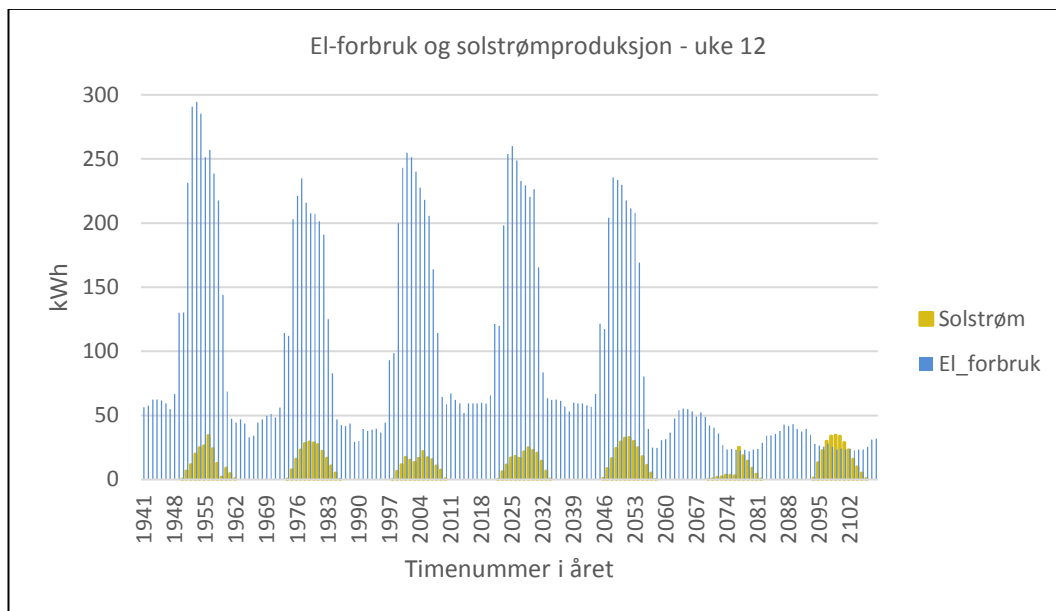
Figur 32 - Uttveksling av strøm mot EL-nettet med 75 kWp installert solcellekapasitet i øst/vest-orientert anlegg og målt EL-forbruk for 2015. Hvert punkt representerer en time, fra første time i januar til siste time i desember, og er lik differansen mellom produksjon og forbruk.

Månedlig anslått EL-forbruk mot beregnet solstrømproduksjon på Holmestrand VGS er vist i figuren under.

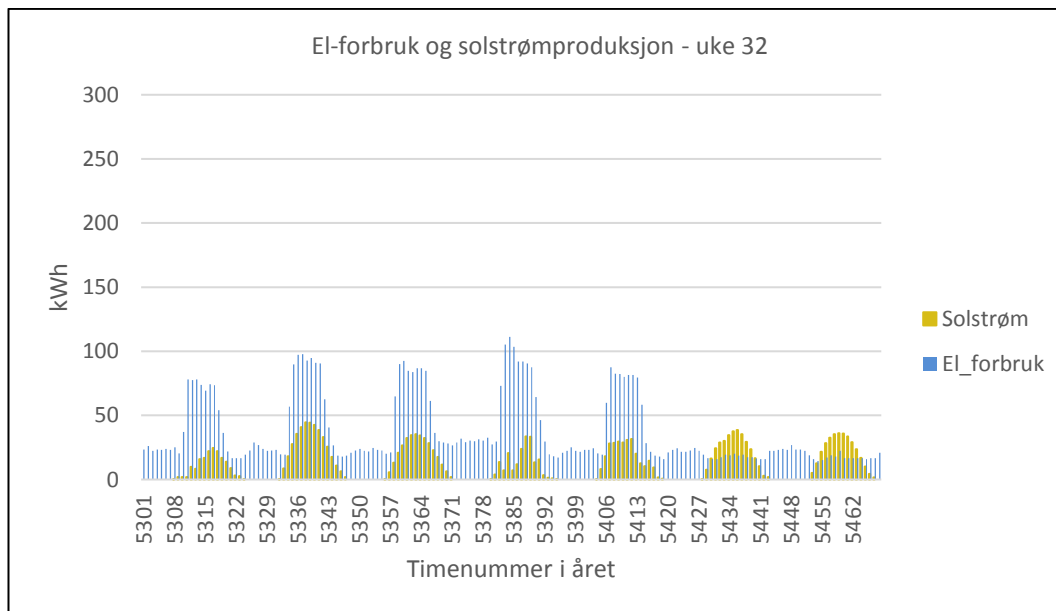


Figur 33 - Månedlig anslått EL-forbruk mot beregnet solstrømproduksjon på Holmestrand VGS. Sammenlagt per måned fremkommer det ikke at der er overproduksjon/eksport på 10 %.

Anslått EL-forbruk mot beregnet solstrømproduksjon på timesnivå er vist for uke 12 og uke 32 i figurene under.



Figur 34 - Timesverdier for anslått EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på Holmestrand VGS i uke 12. Solstrømproduksjonen er lav i forhold til byggets forbruk, men allerede i uke 12 er det antydninger til eksport av solstrøm i helgene.



Figur 35 - Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på Holmestrand VGS i uke 32. El-forbruket er betydelig lavere enn i uke 12, men solstrømproduksjonen følger forbruket i ukedagene. En høy andel av solstrømmen eksporteres i helgene.

4.5 Re VGS

Re VGS vurderes som lite egnet for solenergitiltak i denne kartleggingen. Dette er basert på befaring, kartlegging av takflater (vinkler, orientering) samt lokasjon i terrenget. Tilgjengelig takflater vurderes som begrenset utnyttbare. Skolen har lavt energiforbruk om sommeren da det i utgangspunktet er stengt (med avslått/reduisert ventilasjon). Skolen har et minimalt tappevannsbehov (idrettshall er kommunal). Oppvarmingen er vannbåret, men høytemperert og basert på flisfyring. Ovennevnte faktorer gjør at skolen vurderes som lite aktuell for solcelleanlegg eller solfangeranlegg.



Figur 36 – Takflater på Re VGS. Skolen domineres av skråstilte takflater mot øst og vest, noe mot nord og mot sør på takflater nær skogen. Sørvendte takflater er delvis skjermet av trær.

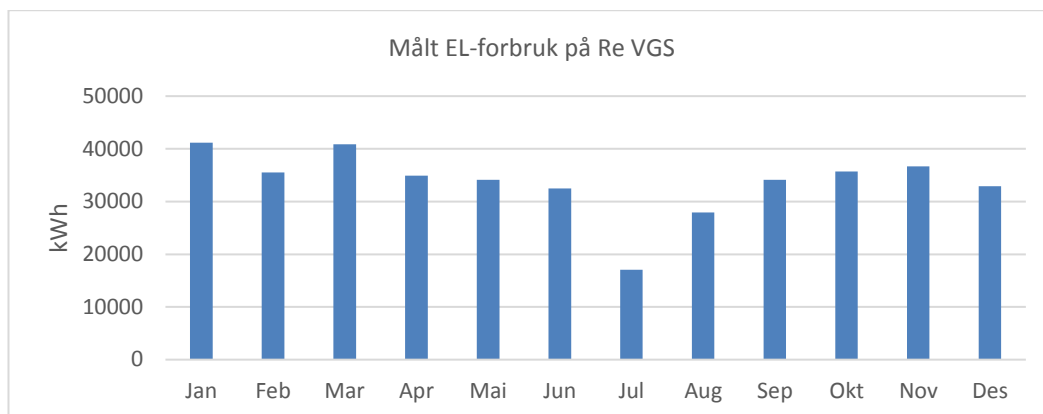
Vurdering av eiendommen

Re VGS er sammensatt bygg fra 1982, med et oppvarmet bruksareal på 7556 m². Bygget brukes primært til klasseromsbasert undervisning og har i dag ca 700 elever (bygd for 450 elever).

Hovedkonstruksjon er teglforblendet bindingsverk, med betongdekker. Skolen har høytemperert vannbåret varmedistribusjonssystem basert på fyring av flis i nærvarmeanlegg, med el-kjel som backup. Der er mye eldre radiatorer, og røranlegg er delvis fra byggeår (mange synlige rør er oppgradert, men skjulte rør er fra byggeår). Der er i stor grad oppgradert belysningsanlegg.

Skolen utvides med 1054 m², noe som planlegges ferdigstilt våren 2017. Her kan det komme muligheter for solenergiutnyttelse, men denne delen er ikke medregnet her.

Re VGS har målt elektrisk energiforbruk som vist i figuren under.



Figur 3 – Målt EL-forbruk på Re VGS.



Figur 4 – Skrå takflater mot nord. (Foto: Lunde, Sweco).



Figur 5 – Skrå takflater delvis skjermet av trær. Skyggevirkninger på produksjon av solstrøm eller solvarme vil her være betydelige.

4.6 Sandefjord VGS

Et solcelleanlegg på 110 kWp, eller ca 700 m² øst/vest-orientert anlegg for flatt tak vurderes som egnet for Sandefjord VGS. Dette vil kunne produsere ca 87 000 kWh/år til egen bruk. Ettersom andelen aktuelle takflater i forhold til skolens størrelse er lav er det beregnet null eksport av solstrøm til nettet. Dette vil medføre en LCOE på 1,21 kr/kWh eks. mva, og en investeringskostnad på ca 1,5 MNOK kr eks. mva. Anlegget vil ha en beregnet tilbakebetalingstid på ca 25 år.



Figur 37 - Markering av de aktuelle takflater på Sandefjord VGS for solcelleanlegg. Det er plass til ytterligere solcelleareal distribuert på de ulike takflatene, men på grunn av rør, ventilasjonshus og andre bygningsdeler på tak er disse meget spredt, noe som vil drive opp investeringskostnadene for solcelleanlegg.

(Bilde: Google Earth)

Vurdering av eiendommen

Sandefjord VGS er en stor videregående skole, med undervisningslokaler, klasserom og kontorer. Skolen er bygget ut i flere trinn, med ulike delbygg omtalt som Bygg A til Bygg P. Byggeår for disse spenner fra 1958 til 2011. Skolen har mange elever i forhold til skolens størrelse. Ved eventuell planlegging av ny skole må det vurderes som en langsiktig investering i solcelleanlegg er økonomisk hensiktsmessig.

Bæresystem og dekker er av betong, med ulik alder og kvalitet. De ulike takenes bæreevne er ukjent og må nærmere kartlegges i eventuell prosjekteringsfase. Overflater inkluderer asfaltpapp og takfolie, med varierende tilstand. Noe er tidligere blitt lappet. Dette må også undersøkes nærmere i en eventuell prosjekteringsfase. Store deler av skolens takflater sperres av store ventilasjonskanaler, rør, utspring og andre bygningsdeler.

Skolen har høytemperert vannbåren oppvarming for romoppvarming og ventilasjonsvarme (mange desentraliserte ventilasjonsaggregater). Varmeproduksjon er basert på fjernvarme (82 °C) og fyring av flis. Idrettsbygget har eget varmtvannsberedning ved 4 stk 1000 l varmtvannsberedere.

Belysningsanlegg på skolen er i høy grad gammelt, med mye utskifting. Tilstandsanalyser oppgir at belysning generelt er fra midten av 90-tallet. Ventilasjonsanleggene er gamle og bidrar til høyt energiforbruk, men skrur i hovedsak av om sommeren.

Eiendommen har SD-anlegg (Normatic toppsystem sentralt).

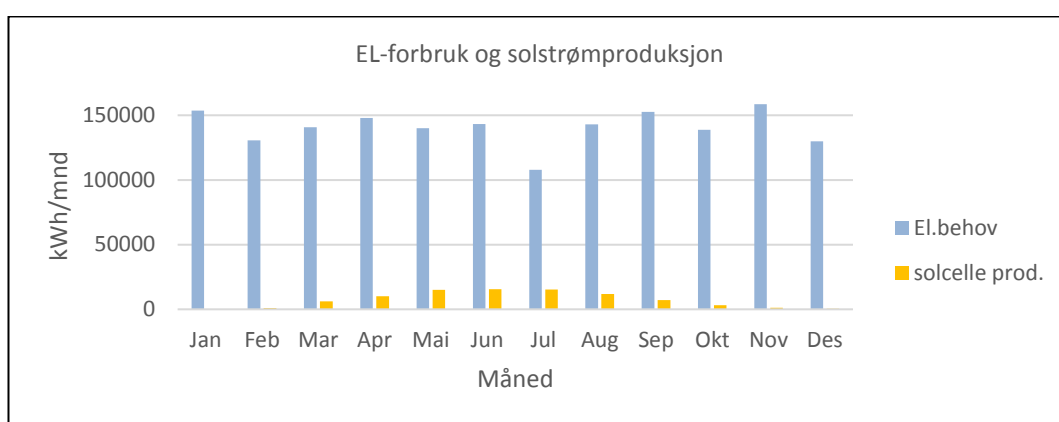


Figur 38 – Sandefjord VGS. De aktuelle takflater er delvis oppdelt og hindret av ventilasjonskanaler, rør, anlegg og andre bygningsdeler. (Foto: Lunde, Sweco).

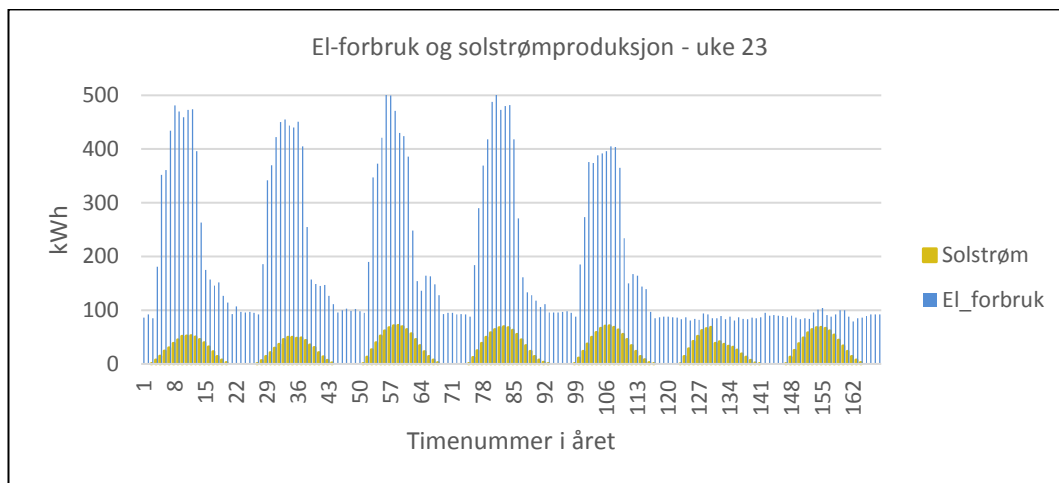
Energibalanse

Sandefjord VGS har et oppgitt målt energiforbruk på 129 kWh/m²år, hvorav elektrisitet utgjør 70 kWh/m²år, som avlest av Vestfold FK. Timesverdier for el-forbruk tilgjengelig i prosjektet viser bare 75 % av dette. Det kan være flere hovedmålere mot el-nettet som ikke fremkom på befaring. Dette påvirker imidlertid ikke beregningene i dette prosjektet da det allerede er beregnet null eksport av solstrøm til nettet.

Med dette blir beregnet energibalanse for solcelleanlegget på eiendommen som vist i følgende figurer.



Figur 39 - Månedlig anslått EL-forbruk mot beregnet solstrømproduksjon på Sandefjord VGS. Med foreslått solcelleløsning er beregnet eksport til nettet lik null.



Figur 40 - Timesverdier for anslått EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på Sandefjord VGS i uke 23. Solstrømproduksjonen er lav i forhold til byggets forbruk. I helgene er maks effekt fra solcelleanlegget høyt nok til tidvis nær selvforsynhet på EL, men det forekommer ikke eksport.

4.7 Hinderveien Museumslager

Et solcelleanlegg på 230 kWp, eller ca 1475 m² øst/vest-orientert anlegg for flatt tak vurderes som egnet for museumslageret i Hinderveien 10. Dette vil kunne produsere ca 169 000 kWh/år til egen bruk, samt eksportere 21 700 kWh/år til el-nettet (ca 11 % av målt el-forbruk), til sammen 190 700 kWh/år. Dette vil medføre en investeringskostnad på rundt 2,6 MNOK eks. mva og en LCOE på ca 0,96 kr/kWh eks mva. Beregnet tilbakebetalingstid er 20 år. Det er rikelig med tilgjengelig takplass for solcelleanlegg på bygget og det vurderes at 50 % av byggets vestre flate takflate (hovedtakflaten) er mest aktuell.



Figur 41 - Markering av de aktuelle takflater på museumslageret i Hinderveien 10 for solcelleanlegg. Det er plass til ytterligere solcelleareal distribuert på de ulike takflatene, men dette vil ytterligere øke andel eksportert strøm til nettet. (Bilde: Google Earth)

Vurdering av eiendommen

Hinderveien 10 er et museums-/biblioteksbygg med delvis lagerdrift, verkstedhall og kontordrift på til sammen rundt 6200 m² oppvarmet BRA. Bygget er fra 1974, med rehabilitering og ombygging i 2005 og 2009. I 2012 ble det bygget på et tilbygg.

Hovedkonstruksjon er av stål og betong. Det gamle bygget har bærekonstruksjoner i prefabrikkert betong og stål mens det nyere påbygget består av prefabrikkerte elementer med yttervegger, hulldekker, DT-elementer og isolerte vegger. Snølast er oppgitt til 4,0 kN/m². Takene er hovedsakelig flate og tekket med asfaltapp, men på nybygget er det lagt med «Sarnafil». Det oppgis i tilstandsanalyse at taktekking mest sannsynlig er fra byggeår og at forventet levetid er passert. Retekking må nærmere vurderes i en eventuell prosjekteringsfase før etablering av solcelleanlegg. Taket har tilnærmet fri horisont, med kun noen trær mot vest når solen står lavt samt forhøyet takdel på østdelen av bygget som intern skyggevirking.

Byggets varmeanlegg består av oljekjel som distribuerer varme via varmebatterier i ventilasjonsanlegg. Enkelte av disse er gamle og modne for utskifting. Solfangere er ikke anbefalt for denne eiendommen, men oljekjelene bør vurderes å skiftes ut med f.eks bioolje, varmepumpe, e.l. Dette i lys av nær foreliggende forbud mot oljefyring. Ellers er det også elektriske panelovner enkelte steder i bygget. Stor andel av belyningsanlegget er fra

2005 eller nyere. I magasinene står belysning (T8 lysrør) på kontinuerlig på dagtid, mens belysning i verkstedhall antas å være metallhalogen.

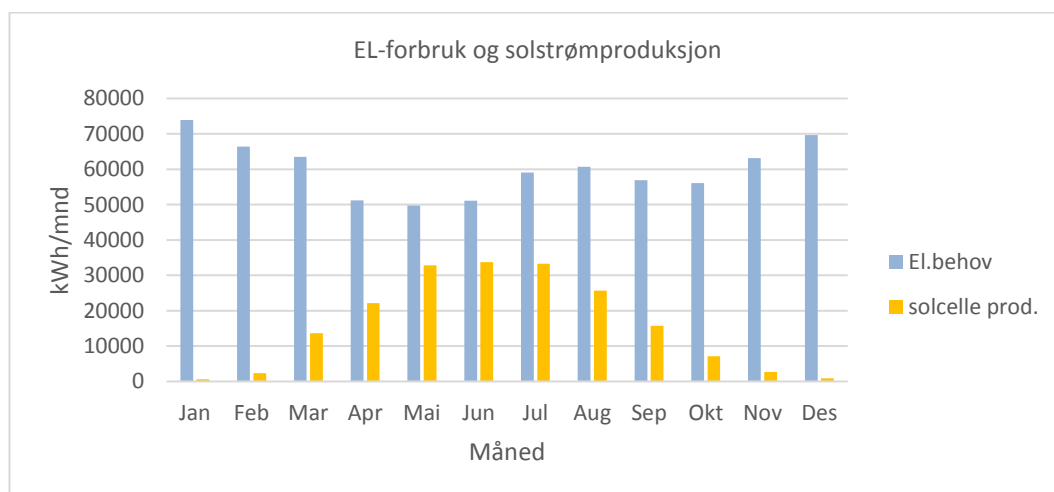
Bygget har ikke SD-anlegg.



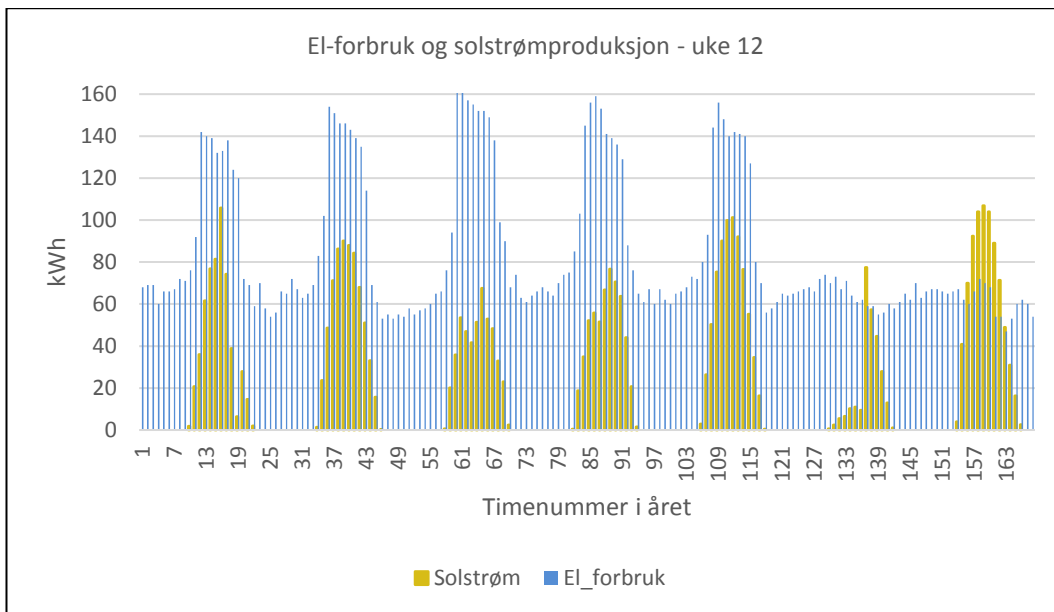
Figur 42 – store tilgjengelig flate takflater for solcelleanlegg på museumslager i Hinderveien 10. (Foto: Lunde, Sweco).

Energibalanse

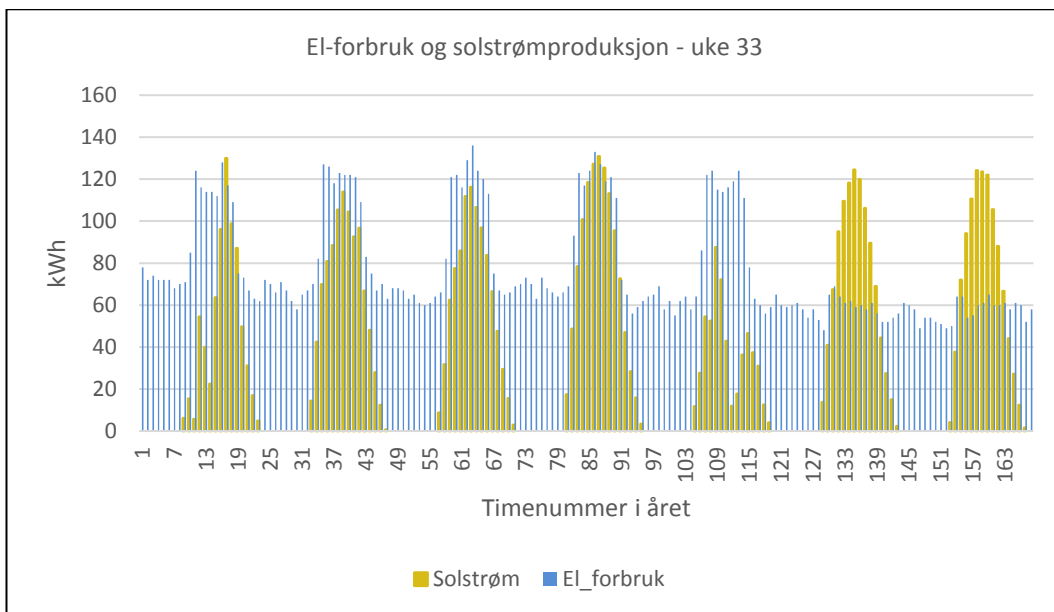
Hinderveien 10 har et årlig EL-forbruk oppgitt av driftspersonell på 116 kWh/m², eller 721 285 kWh. EI-forbruket er høy og relativt jevnt over året som følge av driften. Beregnet solstrømproduksjon sammenstilt med målt forbruk er vist i figuren under.



Figur 43 - Månedlig anslått EL-forbruk mot beregnet solstrømproduksjon i Hinderveien 10. Sammenlagt per måned fremkommer det ikke at der er overproduksjon/eksport på 11 %.



Figur 44 - Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon i Hinderveien 10 i uke 12. Allerede i uke 12 er det perioder med eksport av solstrøm i helgene.



Figur 45 - Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon i Hinderveien 10 i uke 33. El-forbruket er i samme størrelsesorden som uke 12, men solstrømproduksjonen følger forbruket i ukedagene. En høy andel av solstrømmen eksporteres i helgene.

4.8 Skiringssal folkehøyskole

Et solcelleanlegg på 46 kWp, eller ca 297 m² installert på sørvendte skrå takflater vurderes som egnet for Skiringssal folkehøyskole. Dette vil kunne produsere ca 39 300 kWh/år til egen bruk, samt eksportere 2100 kWh/år til el-nettet (ca 5 % av målt el-forbruk), til sammen 41 000 kWh/år. Dette vil medføre en investeringskostnad på rundt 696 kNOK eks. mva og en LCOE på ca 1,21 kr/kWh eks mva. Anlegget vil ha en beregnet tilbakebetalingstid på 25 år. Det er rikelig med tilgjengelig takplass for solcelleanlegg på bygget som kan vurderes utnyttet i tillegg.



Figur 46- Markering av de aktuelle takflater på museumslageret på Skiringssal folkehøyskole for solcelleanlegg. Det må legges inn en viss avstand til piper for å redusere skyggevirksomheter fra disse. Det er plass til ytterligere solcelleareal distribuert på de ulike takflatene, men dette vil ytterligere øke andel eksportert strøm til nettet. (Bilde: Google Earth)

Solfangere vurderes som mindre aktuelt på eiendommen på grunn av at vannbåren romoppvarming og høytemperert, og at det er lite behov for varmt tappevann om sommeren når det er lite aktivitet på stedet.

Vurdering av eiendommen

Skiringssal folkehøyskole består av totalt 4 bygg med et samlet BTA på 4981 m² (oppgitt i tilstandsanalyser). Det vurderes at de skrå takflater på Bygg 1 og Bygg 2 er aktuelle for solcelleanlegg og er videre omtalt her. Bygg 1 («Store internatet») er fra 1961 og har et BTA lik 1661 m² fordelt på to etasjer og en kjeller. Saltak er på ca 600 m² til sammen, med helning på ca. 27 grader, og består av takstein lagt i 2012. Bygg 2 («Peisstuen») er bygget i 1905 og har et BTA på 470 m² fordelt på to etasjer samt krypkjeller og loft. Saltak er på ca 245 m², med helning på ca. 37 grader, med nyere takstein. Hovedkonstruksjon for Bygg 1 er betong og teglvegger. Hovedkonstruksjon for Bygg 2 er tre. I tillegg har bygg 3 og 4 tilgjengelige flate takflater som kan vurderes å utnytte. Alle byggene har felles e-verksmål, noe som er optimalt for utnyttelse av egenprodusert solstrøm.

Byggene har vannbåren oppvarming via høytempererte radiatorer, med varmeproduksjon fra fyring av flis og med el-kjel som backup. Ventilasjon er avtrekksventilasjon.

Ellers består mye av belysningen av gammelt utstyr uten styring.

Byggene har ikke SD-anlegg.



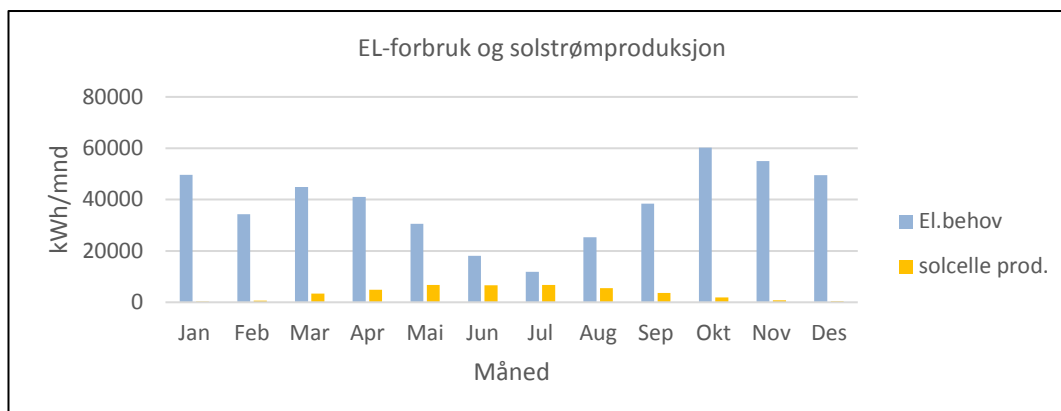
Figur 47 – Skiringssal folkehøyskole Bygg 1 «Store internatet», her sett fra nordsiden. Tilsvarende skrå takflate på baksiden er aktuell for solcelleanlegg. (Foto: Lunde, Sweco).



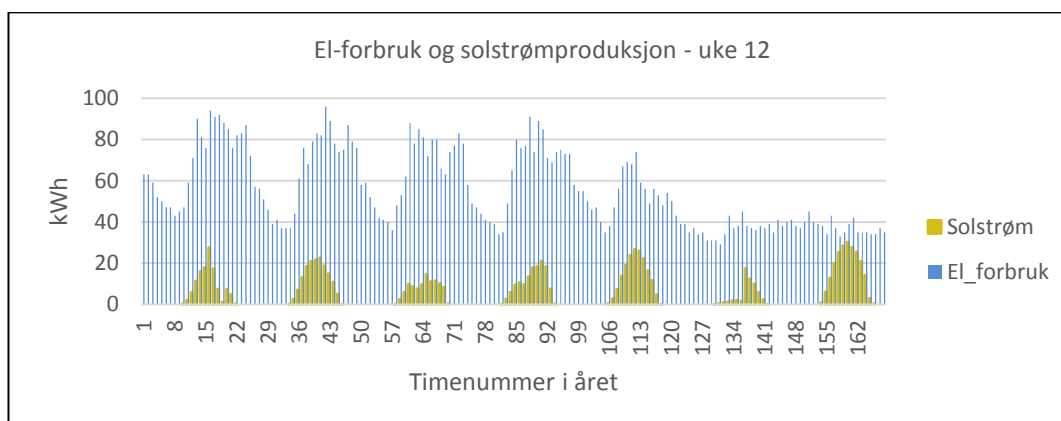
Figur 48 – Venstre: Skiringssal folkehøyskole Bygg 2 «Peisstuen», her sett fra nordsiden. Høyre: Flislager for varmesentralen for området. (Foto: Lunde, Sweco).

Energibalanse

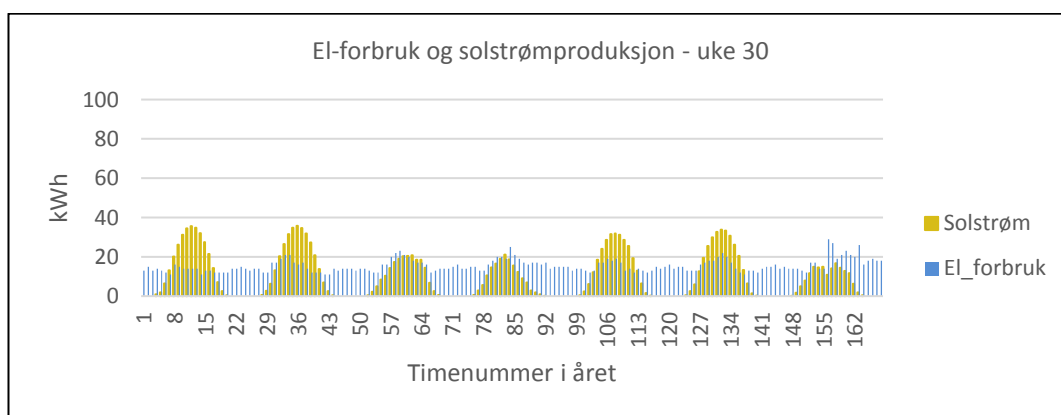
Skiringssal folkehøyskole har et årlig EL-forbruk oppgitt av driftspersonell på ca 85 kWh/m², eller 465 540 kWh. Beregnet solstrømproduksjon sammenstilt med målt forbruk er vist i figurene under.



Figur 49 - Månedlig anslått EL-forbruk mot beregnet solstrømproduksjon Skiringssal folkehøyskole. Sammenlagt månedlig fremkommer det ikke at der er overproduksjon/eksport på 5 %.



Figur 50 - Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på Skiringssal folkehøyskole i uke 12.



Figur 51 - Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på Skiringssal folkehøyskole i uke 30. Eiendommen som helhet vil ha lav andel eksport av strøm til nettet, men på grunn av bruksmønsteret til skole og internat foregår en del av eksporten i ukedagene.

4.9 Haugar kunstmuseum

Haugar kunstmuseum er et verneverdig kulturbygg hvor det antas at ordinære solcelle- eller solfangeranlegg ikke er aktuelt. Derfor vurderes solceller integrert i takstein/ bygningsintegrerte solceller som eneste reelle alternativ. Disse solcelleløsningene har lavere virkningsgrad for total flate enn vanlige moduler da det er større avstand mellom solcellene, men gir bedre visuelt uttrykk for bygget.

Et solcelleanlegg på 44 kWp, eller ca 442 m² integrert solcelleareal (inkludert alle mellomrom) vurderes som egnet for Haugar Kunstmuseum. Dette vil kunne produsere ca 34 900 kWh/år til eget bruk, samt eksportere ca 7 600 kWh/år til el-nettet (ca 18 % av målt el-forbruk), til sammen 42 500 kWh/år. Dette vil medføre en anslått investeringskostnad på rundt 1 MNOK eks mva og en LCOE på ca 1,64 kr/kWh eks mva, men slike spesielle løsninger har stor usikkerhet knyttet til kostnad, og må kartlegges nærmere når ønsket utseende for taket er bestemt. Beregnet tilbakebetalingstid er >25 år.



Figur 52 - Markering av de aktuelle takflater på Haugar kunstmuseum for solcelleanlegg. Det kan integreres ferdig solcelleløsninger i takstein/takflaten for å ivareta arkitektoniske hensyn for disse flatene, men bruk av ordinære solceller/solfangere vurderes som lite aktuelt. (Bilde: Google Earth)

Vurdering av eiendommen

Haugar kunstmuseum er bygget i 1922 og har et oppvarmet bruksareal på 3448 m² fordelt på 3 etasjer. Bygget er verneverdig, med hovedkonstruksjon i teglstein/skallmur og betongdekker/dragere. Tak, som består av teglstein, ble skiftet i 2004, og har lang resterende levetid, noe som i utgangspunktet taler for å prioritere denne eiendommen senere enn øvrige eiendommer ettersom det er aktuelt å erstatte nye takmaterialer. Relevante takflater for utnyttelse av solenergi er sørvestvendte og sørøstvendte skrå takflater, se figur over.

Bygget har i utgangspunktet vannbåren oppvarming, men supplert av direkte el. Det er eldre kjelanlegg, som i tilstandsanalyse er avdekket delvis defekt. Røranlegg og radiatorer er delvis fra byggeår. Belysning er i stor grad oppgradert/utskiftet, med bruk av LED noen steder, og ellers lysstoffrør og noe glødepærer.

Bygget har ikke SD-anlegg.

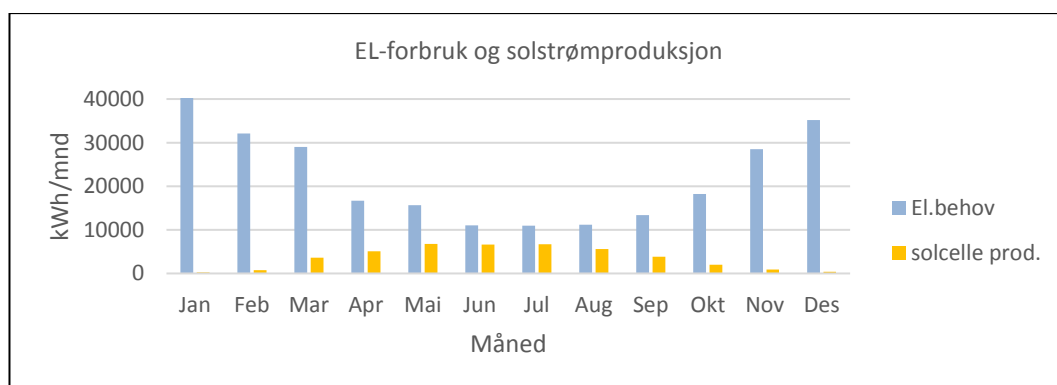
Det er også under planlegging et nytt påbygg i borggården. Dette åpner for muligheter for utnyttelse av solenergi, men dette er ikke vurdert nærmere her.



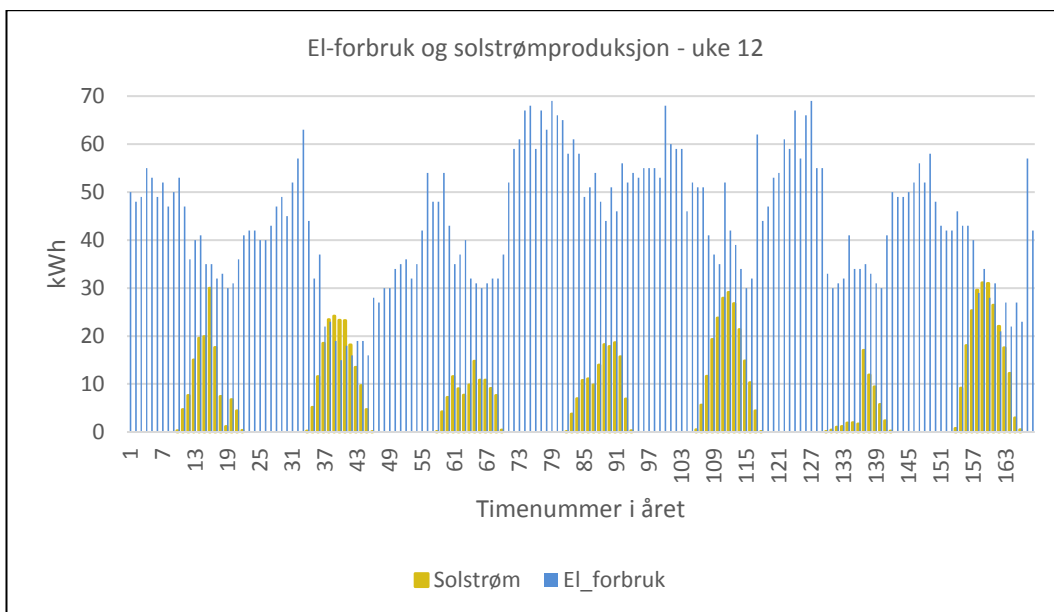
Figur 53 – Haugar Kunstmuseum. Skrå takflate mot sørvest og sørøst er aktuelt for byggningsintegreerte solceller for å ivareta arkitektoniske hensyn. (Foto: Lunde, Sweco).

Energibalanse

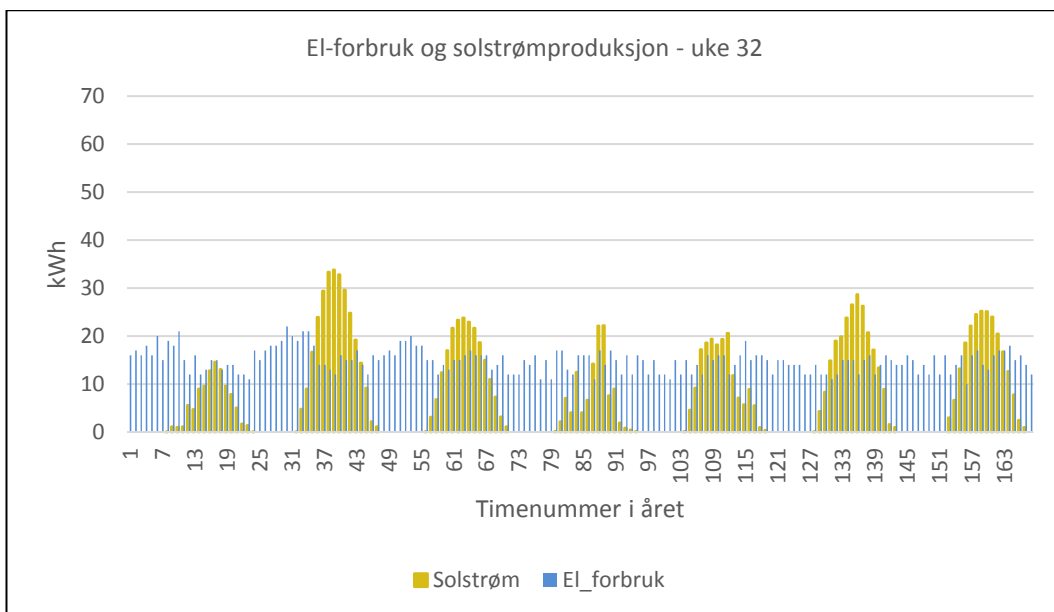
Haugar Kunstmuseum har et høyt årlig EL-forbruk, oppgitt av driftspersonell til ca 158 kWh/m², eller 544 706 kWh. Beregnet solstrømproduksjon sammenstilt med målt forbruk er vist i figurene under.



Figur 54 - Månedlig anslått EL-forbruk mot beregnet solstrømproduksjon på Haugar Kunstmuseum. Sammenlagt månedlig fremkommer det ikke at der er overproduksjon/eksport på 18 %.



Figur 55 - Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på Haugar Kunstmuseum i uke 12.



Figur 56 - Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på Haugar Kunstmuseum i uke 32. Bygget har en relativt flat forbruksprofil for elektrisk forbruk, og overproduksjon skjer dermed relativt jevnt fordelt over uken.

4.10 Greveskogen VGS

På Greveskogen VGS er det 2 ulike solenergitiltak som vurderes som aktuelle:

- Solcelleanlegg på 800 m² (120 kWp). Energiproduksjon for skolen.
- Solfangeranlegg 80 m². Energiproduksjon for idrettshallen.

Disse 2 løsningene er vurdert individuelt for bygget for å kunne vurdere dem uavhengig. Det vurderes at om en velger en av, eller begge, løsningene så vil resultatene forbli noenlunde det samme.

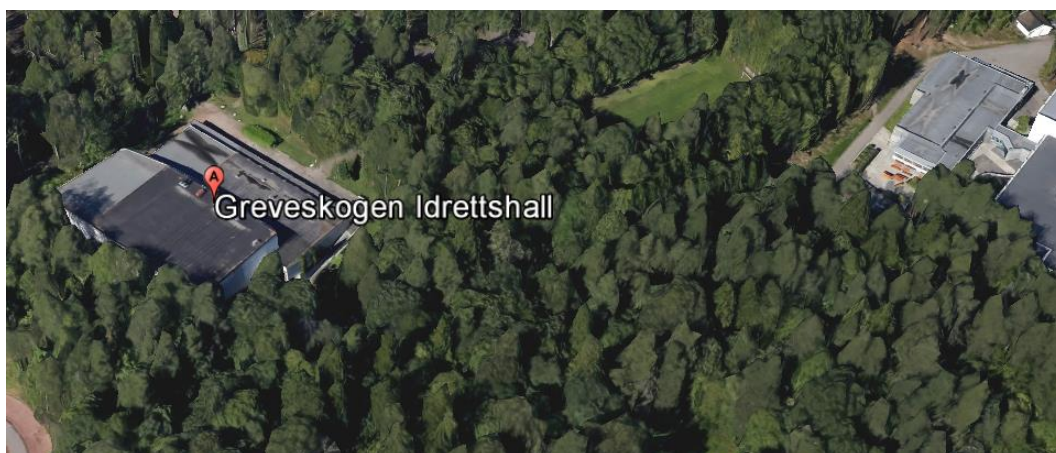
Solcelleanlegg på 120 kWp øst/vest-orientert anlegg for flatt tak vil kunne produsere ca 93 600 kWh/år til egen bruk, samt eksportere 3100 kWh/år til el-nettet (ca 3 % av målt elforbruk), til sammen 96 700 kWh/år. Dette vil medføre en investeringskostnad på rundt 1,6 MNOK eks mva og en LCOE på 1,18 kr/kWh eks mva. Dette gjelder 80 % utnyttelsesgrad av den største takflaten på hovedbygget, se figur under. Det er noe tilgjengelig takplass på sørenden av bygget samt sørøst-siden på lavere tak, men disse arealene er delvis utsatt fra skyggevirksomheter fra trær og separert fra resten av anlegget.

Et solfangeranlegg på 80 m² sørvendt anlegg for flatt tak vil kunne produsere ca 23 100 kWh/år varme til egen bruk for varmt tappevann i idrettshallen. Dette vil medføre en beregnet investeringskostnad på ca 720 kNOK medregnet støtte fra Enova, og en LCOE på ca 2,30 kr/kWh eks mva.

Beregnet tilbakebetalingstid er 20 år for solcelleanlegget, og lengre enn anleggets levetid for solfangeranlegget. Solfangeranlegg er dermed her vurdert og presentert, men anbefales generelt ikke fra et kost-nytte perspektiv.



Figur 57 - Markering av de aktuelle takflater på Greveskogen VGS for solenergitiltak. Midtre del av taket for skolen er velegnet for øst/vest-orientert solcelleanlegg, som vil forsyne skolen med solstrøm. (Bilde: Google Earth)



Figur 58 - Idrettsbygget (sørvest for skolen) er velegnet for solfangeranlegg. Bygget har takplass til mer solfangerareal, men ekstra overskuddsvarme vil ikke kunne utnyttes om sommeren og føre til økt tap. (Bilde: Google Earth)

Vurdering av eiendommen

Greveskogen VGS består av hovedbygg på 11 800 m² BTA (blokk A, B og C) samt idrettsbygg på 2612 m² BTA (Blokk E), til sammen 14 412 m², grunnflate på ca 5655 m² og ca like mye takareal. Hovedbygg og idrettshall er fra byggeår 1975, mens påbygg er fra 2000/2001.

Hovedbygg har hovedkonstruksjon i betong. Tilstandsvurdering har avdekket en del korrosjon i armeringsnett. Aula og idrettsbygget har tak i treverk. Hovedbygg har flatt tak med mye plass, men også en del hindringer, som tørrkjølere, tekniske rom, ventilasjonskanaler, m.m. Det er noe tilgjengelig takplass på sørenden av bygget samt sørst-siden på lavere tak, men disse arealene er delvis utsatt fra skyggevirkninger fra trær og separert fra resten av anlegget. Generelt vurderes taket å ha nok bæreevne til solcelle- og solfangerinstallasjon, men dette må kartlegges nærmere i eventuelt forprosjekt.



Figur 59 – Tilgjengelig flate takflater på Greveskogen VGS (hovedbygget). (Foto: Lunde, Sweco).

Byggene har elektrisk oppvarming og ventilasjonsvarme. VVS- og elektrotekniske installasjoner er i god visuell stand, men har passer forventet teknisk levetid. En del sanitæranlegg viser aldringstegn og er modne for utskifting. Ventilasjonsaggregater er også gamle, og en del har også dårlig regulering og gjenvinningsgrad på grunn av separering av tilluft og avtrekk.

Idrettshallen har relativt stort varmtvannsforbruk på grunn av dusjanlegg m.m, noe som gir godt grunnlag for å vurdere solfangeranlegg for bygget. Det fremkommer i kartleggingen at idrettshallen er tilnærmet stengt i sommerferien. Solfangeranlegget dimensjoneres etter varmtvannsforbruket i sommermåned med full drift, noe som her er beregnet til ca 80 m² kollektorareal. Denne størrelsen er altså basert på varmtvannsbehov samt teknisk og økonomisk vurdering av rasjonell dekningsgrad for å unngå for høye tap om sommeren. Bygget benytter i dag 5 x 550 l varmtvannsberedere med 15 kW el-kolbe. Idrettshallen har 7 garderober med 8 dusjhoder hver (i tillegg til 10 andre dusjer med mindre bruk), og betjener ca 1000 elver pr uke ifølge driftspersonell. Teknisk rom befinner seg i kjelleren. Påkobling av solfangeranlegg vil være her. Føringsveier for rørføringer må vurderes mer nøye i eventuell forprosjektfase. Solfangeranlegg er her vurdert og presentert, men anbefales generelt ikke fra et kost-nytte perspektiv.

Størrelse på foreslått solcelleanlegg vurderes å gi et stort men kompakt anlegg med fornuftig andel eksportert strøm til nettet. Både skolen og idrettshallen har egen e-verksmåler, som gjør at utveksling av solstrøm mellom disse byggene er lite aktuelt.

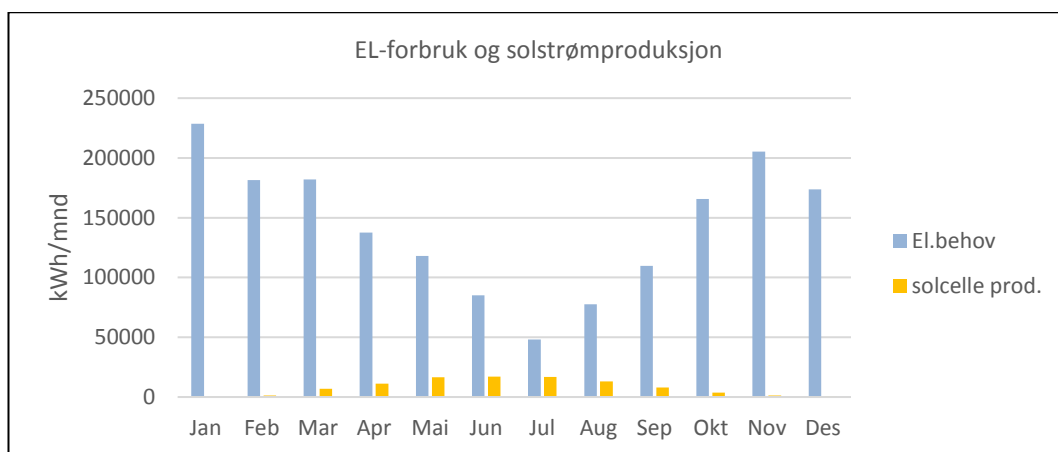
Byggene har lokale SD-anlegg (ikke Normatic Toppsystem her).



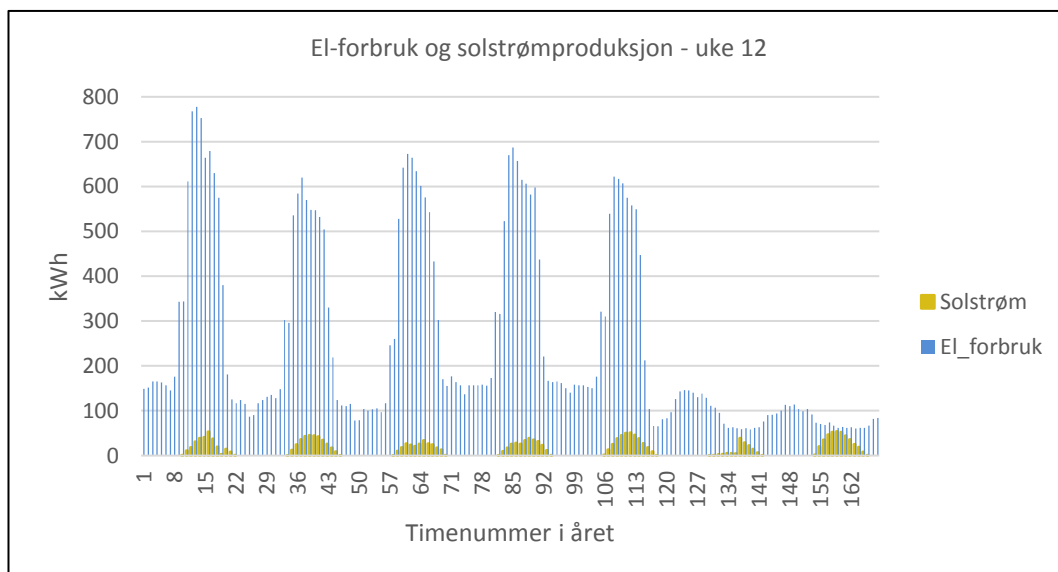
Figur 60 – Venstre: Varmtvannsberedere i Greveskogen idrettshall aktuelle for forvarming og oppvarming av varmt tappevann til dusjing m.m. Høyre: Idrettshallen sett fra øst. (Foto: Lunde, Sweco).

Energibalanse – solceller

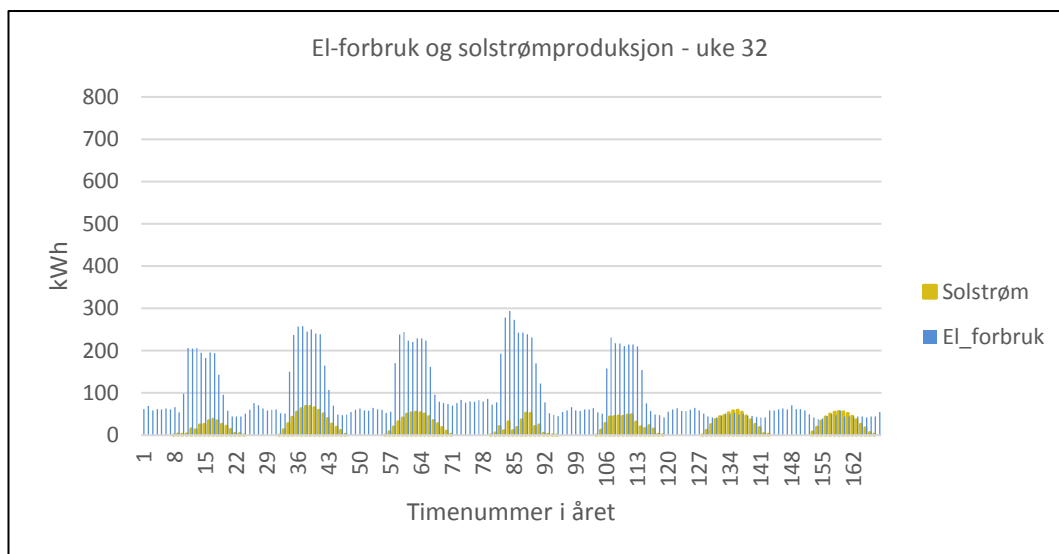
Greveskogen VGS hovedbygget har et årlig EL-forbruk (pga elektrisk oppvarming), oppgitt av driftspersonell til ca 146 kWh/m², eller 1 712 751 kWh på 11 800 m². Beregnet solstrømproduksjon sammenstilt med målt forbruk er vist i figurene under.



Figur 61 - Månedlig anslått EL-forbruk mot beregnet solstrømproduksjon på Greveskogen VGS hovedbygget.



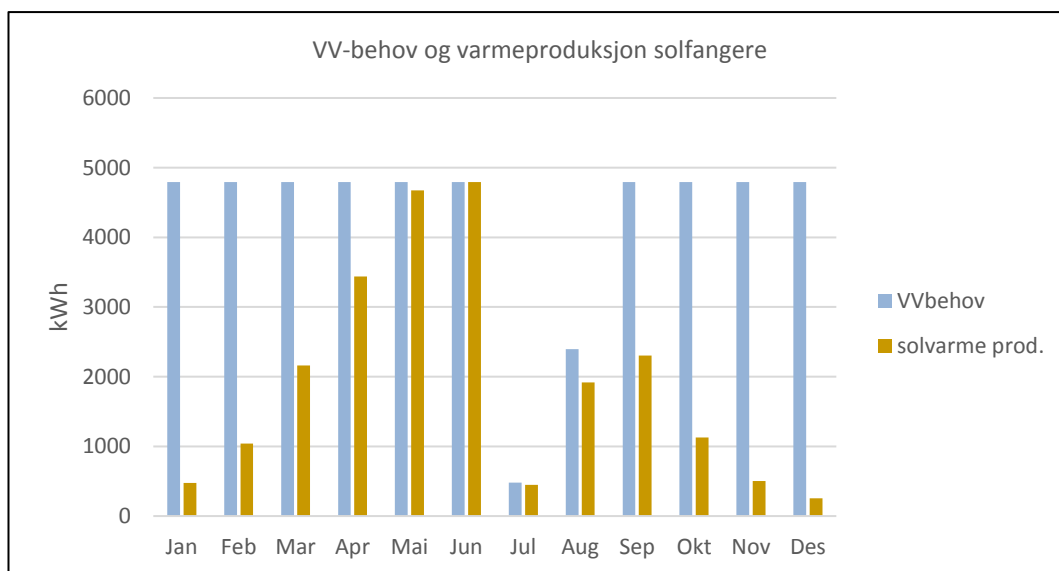
Figur 62 - Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på Greveskogen VGS i uke 12.



Figur 63 - Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på Greveskogen VGS i uke 32.

Energibalanse – termiske solfangere

For termisk energiproduksjon fra solfangere er det gjort et overslag av behovet for varmt tappevann til dusj basert på informasjon fra driftspersonell nevnt tidligere. Behovet antas jevnt over året, med unntak av juli og deler av august da hallen i stor grad er stengt, og er beregnet til ca 20 kWh/m²år. Samlet dekningsgrad for solfangeranlegget er beregnet til ca 45 % av dette, eller 23 100 kWh/år.



Figur 64 – Beregnet termisk energiproduksjon fra solfangeranlegget sammenstilt med varmtvannsbehov til dusj etc for Greveskogen idrettshall. I juli og deler av august er energiproduksjonen betydelig begrenset av energibehovet på grunn av lite aktivitet.

4.11 Færder VGS

På Færder VGS er det 2 ulike solenergitiltak som presenteres her:

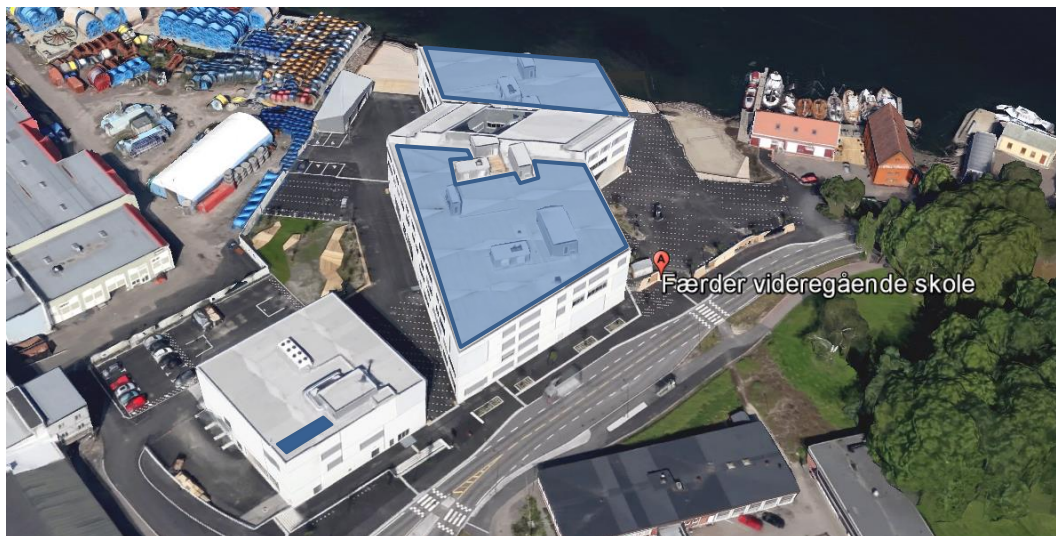
- Solcelleanlegg på 1800 m² (280 kWp). Energiproduksjon for skolen.
- Solfangeranlegg 30 m². Energiproduksjon for idrettshallen.

Kun solcelleanleggalternativet vurderes som aktuelt for bygget basert på kost-nytte. Disse 2 løsningene er vurdert individuelt for bygget for å kunne vurdere dem uavhengig.

Solcelleanlegg på 280 kWp med ulike orienteringer, altså en fordeling av sør- og øst/vest-orientering for flatt tak, vil kunne produsere ca 191 500 kWh/år til egen bruk, samt eksportere 16 900 kWh/år til el-nettet (ca 8 % av målt el-forbruk), til sammen 208 400 kWh/år. Dette vil medføre en investeringskostnad på rundt 2,6 MNOK eks mva og en LCOE på 0,90 kr/kWh eks mva. Dette gjelder ca 40 % utnyttelsesgrad av total takflate på hovedbygget, se figur under. Det er mye oppstikk, takdeler, tekniske rom og skaper lokale skyggeeffekter og medfører lav andel utnyttbart takareal.

Et solfangeranlegg på 30 m² sørvendt anlegg for flatt tak vil kunne produsere ca 8 500 kWh/år varme til egen bruk for varmt tappevann i idrettshallen. Dette vil medføre en beregnet investeringskostnad på ca 500 kNOK eks mva medregnet støtte fra Enova, og en LCOE på ca 3,35 kr/kWh eks mva.

Beregnet tilbakebetalingstid er 19 år for solcelleanlegget, og lengre enn anleggets levetid for solfangeranlegget.



Figur 65 - Markering av de aktuelle takflater på Færder VGS for solenergitiltak. Ca 40 % av taket for skolen (hovedbygget øverste to markerte takflater) er velegnet for solcelleanlegg med ulike orienteringer for flatt tak, som vil forsyne skolen med solstrøm. Idrettshallen (nederst til venstre) har god tilgjengelig takplass for solcelle- og solfangeranlegg, men behov for varmt tappevann begrenser behovet for solfangere. (Bilde: Google Earth)

Vurdering av eiendommen

Færder VGS består av hovedbygg på 11 873 m² BTA (blokk A, B og C) og idrettsbygg på 2535 m² BTA (blokk C), til sammen 14 408 m². Byggene er fra 2013. Begge byggene har i utgangspunktet flate tak, men det er en del hindringer på tak (tørrkjølere, tekniske rom og takdeler) som fører til lokale skyggevirkninger.

Skole og idrettshall er relativt nye og i god stand. Bærekonstruksjon er i betong (betongsøyler og bærende yttervegger). Det vurderes at bæreevne for tak er generelt god for solcelle- og solfangeranlegg, men dette må spesielt utredes nærmere på deler av taket med lettak med Sarnafil hvor det kan være begrensninger på bæreevne.

Byggene har vannbåren romoppvarming og ventilasjonsoppvarming, med varme fra varmpumpesentral med energibrønner (borehull) og naturgass som sekundærkilde/spisslast.

Det kan vurderes et solfangeranlegg til oppvarming av varmt tappevann for idrettsbygg. Dette er imidlertid ikke beregnet å være en lønnsom investering for denne eiendommen. Idrettsbygget har relativt høyt tappevannsforbruk til dusj m.m. 4 akkumuleringstanker på totalt 4000 liter. Det er totalt 33 dusjer, med antatt varmtvannsforbruk på til sammen 10 800 liter/uke. Varmeproduksjon mot romoppvarmingssystemet vurderes som lite optimalt på grunn av at mismatch mellom oppvarmingsbehov og solvarmeproduksjon ikke er egnet å løses med lading av borehull i brønnparken, fordi brønnene brukes til frikjøling om sommeren. Teknisk rom befinner seg i 1.etasje mot yttervegg og hovedvei i blokk E. Føringsveier for rør og varmeavgivelse mot varmt tappevann må vurderes mer nøye i eventuell forprosjektfase.

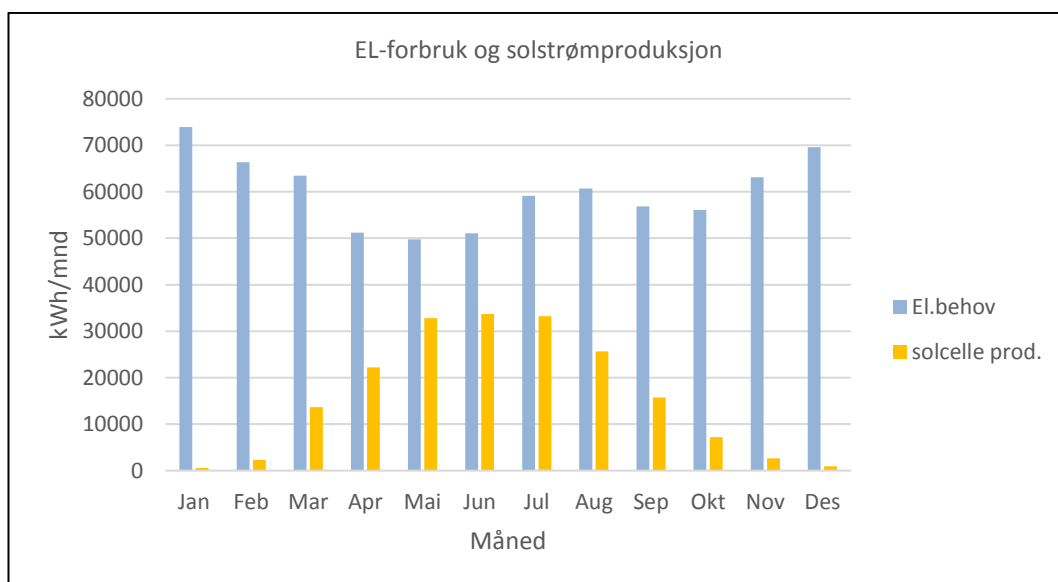
Byggene har SD-anlegg, med Normatic toppsystem sentralt.



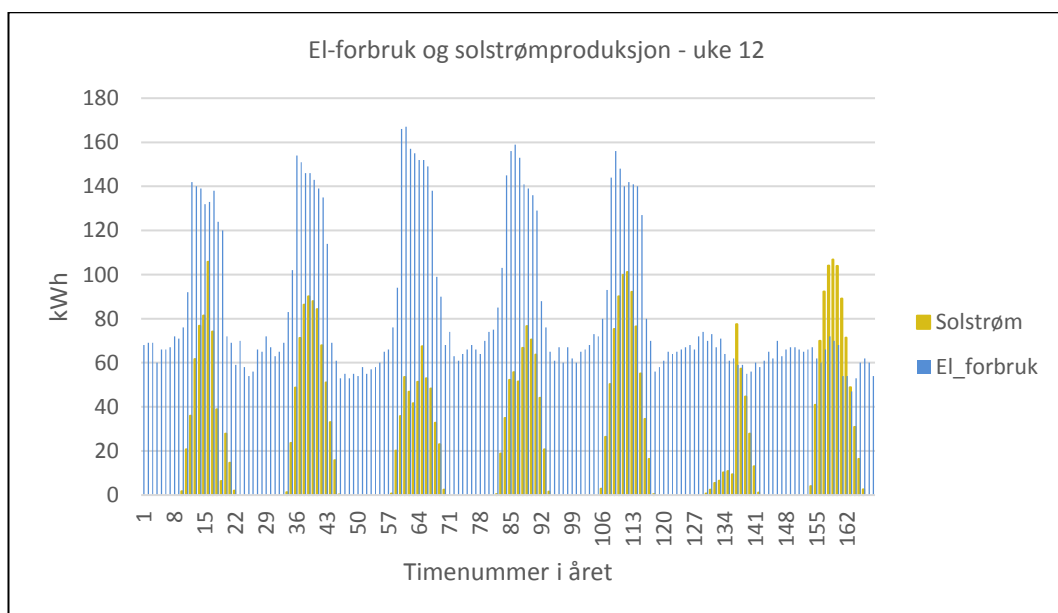
Figur 66 – Venstre: Fasade for Færder VGS. Høyre: Tilgjengelig flate takflater på hovedbygget. Der er flere tekniske rom og andre rom og bygningsdeler på tak som må hensyntas for å unngå lokale skyggevirkninger både på hovedbygg og idrettsbygg. (Foto: Lunde, Sweco).

Energibalanse – solceller

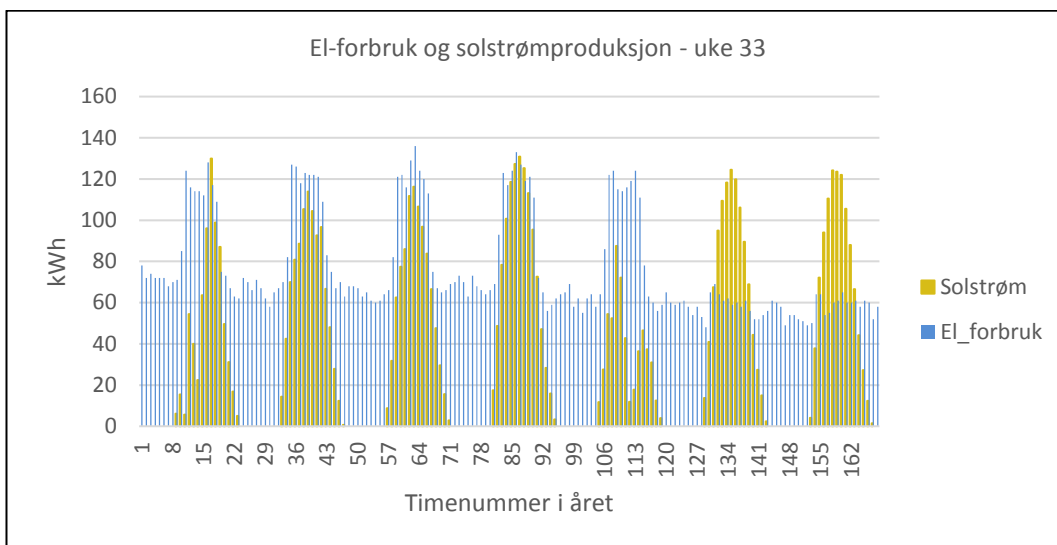
Færder VGS hovedbygg har et årlig EL-forbruk oppgitt av driftspersonell til ca 105 kWh/m², eller 1 234 616 kWh på 13 800 m². Beregnet solstrømproduksjon sammenstilt med målt forbruk er vist i figurene under.



Figur 67 - Månedlig anslått EL-forbruk mot beregnet solstrømproduksjon på Færder VGS hovedbygget.



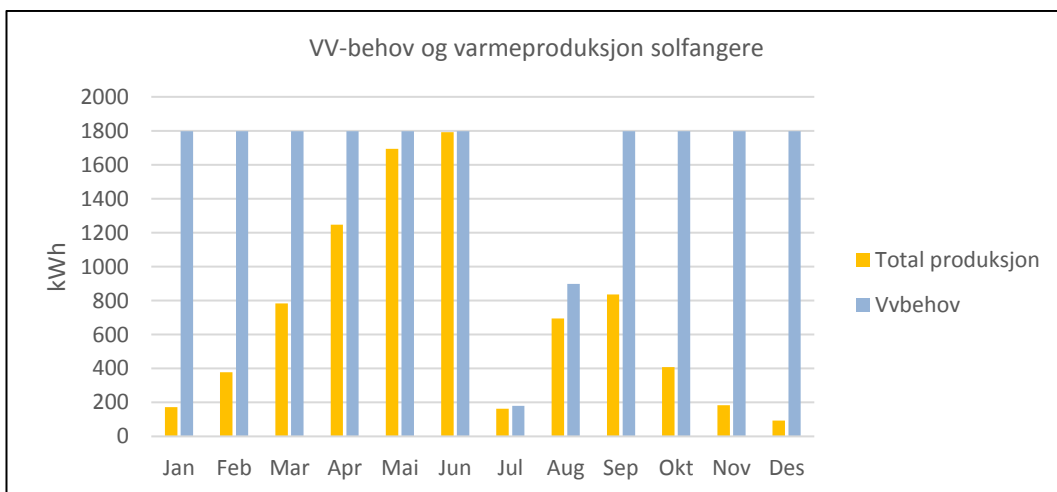
Figur 68 - Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på Færder VGS i uke 12.



Figur 69 - Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på Færder VGS i uke 33. Energiforbruk og produksjon passer godt sammen i ukedagene, hvorav en kan antyde at torsdagen er skolen tilnærmet selvforsynt på solstrøm. I helgen eksporteres en stor andel av strømproduksjonen.

Energibalanse – termiske solfangere

For termisk energiproduksjon fra solfangere er det gjort et overslag av behovet for varmt tappevann til dusj. Behovet antas jevnt over året, med unntak av juli og deler av august da hallen i stor grad er stengt eller har redusert driftstid. Samlet dekningsgrad for solfangeranlegget er beregnet til ca 45 % av varmtvannsbehovet, eller ca 8 500 kWh/år.



Figur 70 - Beregnet termisk energiproduksjon fra solfangeranlegget sammenstilt med varmtvannsbehov til dusj etc for idrettshallen. I juli og deler av august er energiproduksjonen betydelig begrenset av energibehovet på grunn av lite aktivitet.

4.12 Thor Heyerdahl VGS

Et solcelleanlegg på 356 kWp, eller ca 2 280 m² øst/vest-orientert anlegg for flatt tak vurderes som egnet for Thor Heyerdahl VGS, plassert på idrettshallen. Dette vil kunne produsere ca 235 000 kWh/år til egen bruk, samt ca 54 300 kWh/år til å eksportere ut på EL-nettet, til sammen 289 300 kWh/år. Eksport til EL-nettet tilsvarer da ca 19 % av målt elektrisk energiforbruk. Dette vil medføre en LCOE på 0,86 kr/kWh eks. mva, og en investeringskostnad på ca 3,5 MNOK kr eks. mva. Anlegget vil ha en beregnet tilbakebetalingstid på ca 19 år.



Figur 71 - Markering av de aktuelle takflater på Thor Heyerdahl VGS. Her ansees «Boligmappa Arena Larvik» som mest aktuelt for solcelleanlegg. (Bilde: Google Earth)

Selve skolebygget, som har en egen e-verksmål, er mindre egnet for solenergi enn Boligmappa Arena Larvik. Generelt gjelder dette pga. et mer komplisert tak med ulike høydenivåer, flere komponenter som tørrkjøler, lufteluker etc., samt en mindre passende geometri for effektiv legging av et solenergianlegg.

For selve skolen vurderes solfangeranlegg som lite aktuelt per i dag på grunn av lite oppvarmingsbehov for varmt tappevann. I tillegg stenges skolen i utgangspunktet ned sommerstid. For Arenaen kunne solfangere vært mer aktuelt pga. større tappevannsbehov, men solceller utkonkurrerer solfangere i all hovedsak ved at de får en lavere LCOE. Rørapplegg for solfangere og tilknytning til eksisterende anlegg er særlig fordyrende for solfangere.

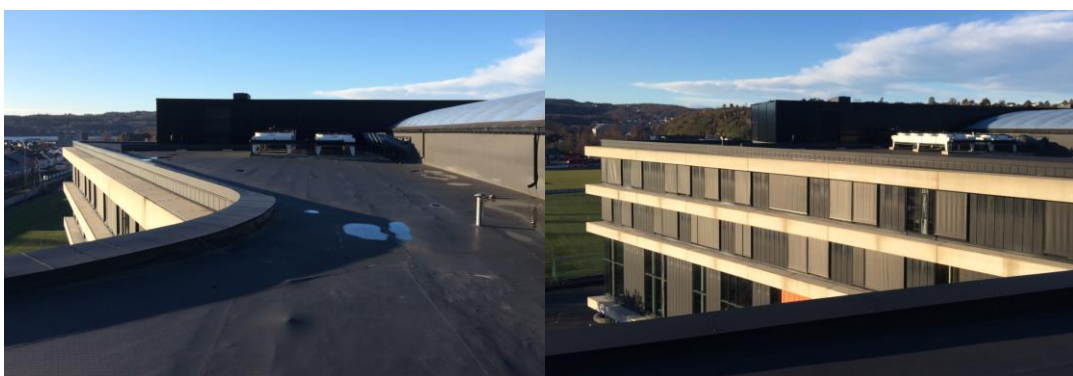
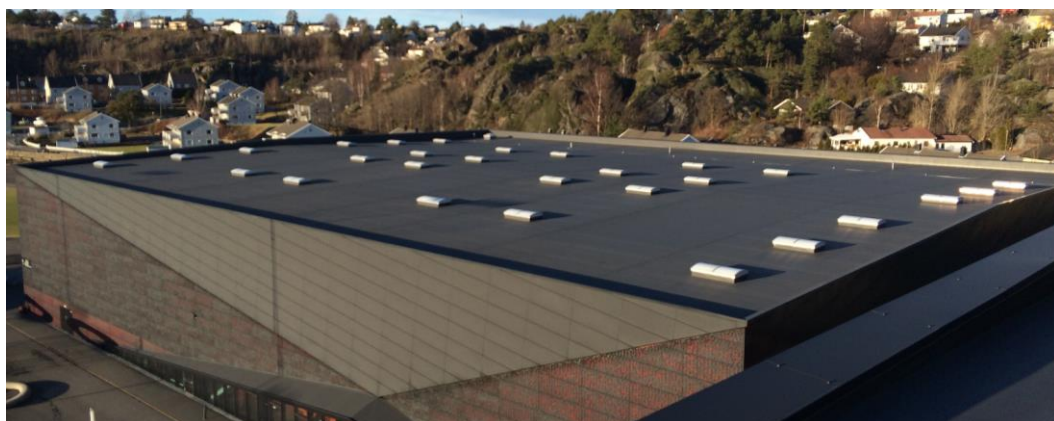
Vurdering av eiendommen

Thor Heyerdahl en av Norges største videregående skoler, med undervisningslokaler, klasserom og kontorer. På samme eiendom ligger «Boligmappa Arena Larvik» som er eid av både Vestfold Fylkeskommune og Larvik kommune. Både skolen og arenaen er bygget i 2009.

Bæresystem og dekker er av betong. De ulike takenes bæreevne er ukjent og må nærmere kartlegges i eventuell prosjekteringsfase. Tak er lettak med protandekke. Skolen har en del ulike takhøyder, uhensiktsmessig geometri mtp. lønnsomme solanlegg og mange komponenter på taket. Arenaen derimot er svært godt egnet for solanlegg med et flatt tak med svært få hindringer.

Begge byggene har vannbåren varmforsyning med propan og strøm som varmekilde. Her vil det være klimavennlig å skifte ut propanforsyningen med eksempelvis varmepumpe med naturlig kuldemedium.

Belysningsanlegget er fra byggeår. Tilstandsrapport angir at bygget er egnet for behovsstyring og at det er noe mer potensiale i energieffektiv belysning.

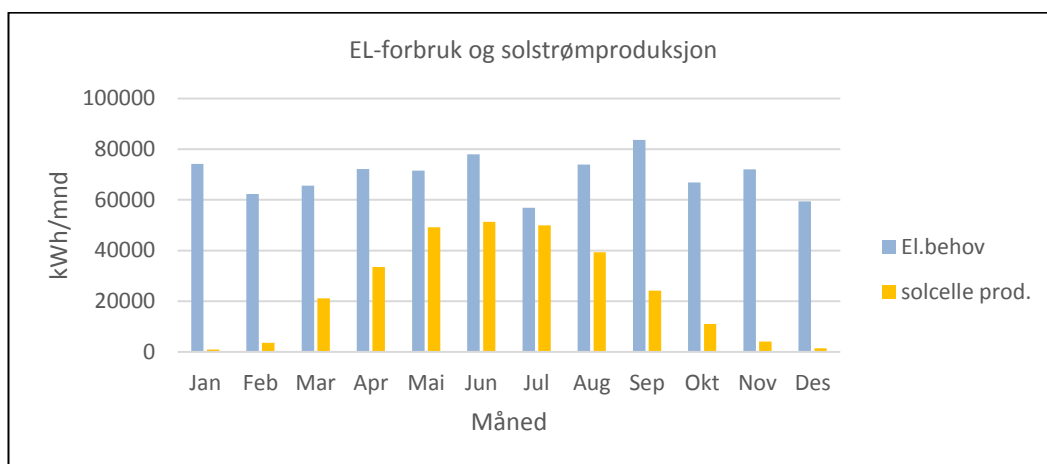


Figur 72 – Arena Larvik på det øverste bildet. Godt egnet tak for solenergi. De eneste hindringene er lufteluker. Under sees bilder fra taket på Thor Heyerdahl VGS. (Foto: Lunde, Sweco).

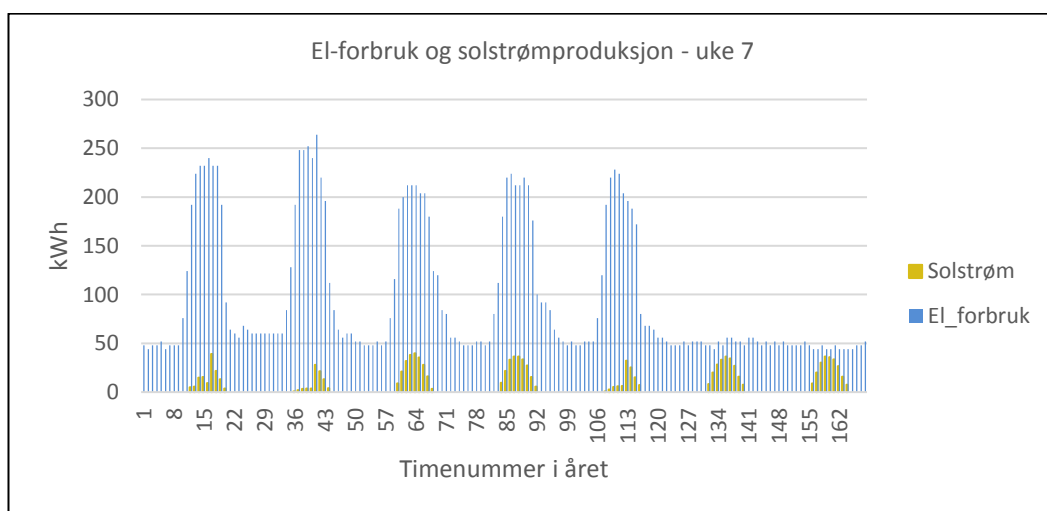
Energibalanse

Boligmappa Arena Larvik har et oppgitt målt elektrisitetsforbruk på 140 kWh/m²år med oppgitt areal lik 6 000 m² BTA i tilstandsrapport.

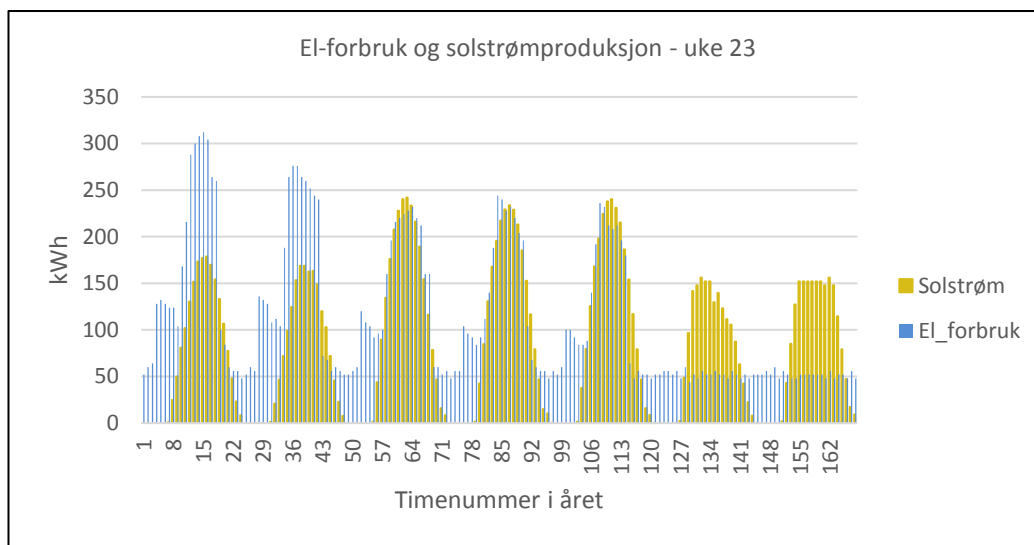
Med dette blir beregnet energibalanse for solcelleanlegget på Arena Larvik som vist i følgende figurer.



Figur 73 Månedlig anslått EL-forbruk mot beregnet solstrømproduksjon på Arena Larvik. Med foreslått solcelleløsning er beregnet eksport til nettet lik 19 %.



Figur 74 Timesverdier for anslått EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på Arena Larvik i uke 7. Solstrømproduksjonen er lav i forhold til byggets forbruk. I helgene er maks effekt fra solcelleanlegget høyt nok til tidvis nær selvforsynthet på EL, men det forekommer ikke eksport i denne uken.



Figur 75 - Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på Arena Larvik i uke 23. El-forbruket er en del høyere enn i uke 7, men solstrømproduksjonen følger likevel forbruket i ukedagene. En relativt høy andel av solstrømmen eksporteres i helgene. En kan også antyde 100 kW- grensens effekt på eksportert solstrøm på nettet på søndagen.

4.13 Nøtterøy VGS

Et solcelleanlegg på 90 kWp, eller ca 580 m² øst/vest-orientert anlegg for flatt tak vurderes som egnet for Nøtterøy VGS. Dette vil kunne produsere ca 70 185 kWh/år til egen bruk, samt ca 4 100 kWh/år til å eksportere ut på EL-nettet, til sammen 74 285 kWh/år. Eksport til EL-nettet tilsvarer da ca 5 % av målt elektrisk energiforbruk. Dette vil medføre en LCOE på 1,26 kr/kWh eks. mva, og en investeringskostnad på ca 1 300 kNOK kr eks. mva. Anlegget vil ha en beregnet tilbakebetalingstid på > 25 år.



Figur 76 - Markering av de aktuelle takflater på Nøtterøy VGS for solcelleanlegg. (Bilde: Google Earth)

Solfangeranlegg vurderes som lite aktuelt per i dag på grunn av lite oppvarmingsbehov for varmt tappevann. I tillegg stenges skolen i utgangspunktet ned sommerstid, med kun antatt redusert ventilasjonsdrift.

Vurdering av eiendommen

Nøtterøy VGS en middels stor videregående skole, med undervisningslokaler, klasserom og kontorer. Skolen er bygget i 1977, med nye tilbygg fra 2009 og 2010.

Bæresystem og dekker er av betong. De ulike takenes bæreevne er ukjent og må nærmere kartlegges i eventuell prosjekteringsfase. Takteking er ballaststein. På hovedbygget fra 1977 er tekkingen fra byggeår, og planlegges å skiftes pga. overskredet teknisk levealder

og flere rapporterte lekkasjer. Skolen har en del ulike takhøyder som må tas hensyn til ved prosjektering av evt. solenergianlegg.

Skolen har et relativt nytt lavtemperert vannbårent radiatoranlegg (60/40). Varmeproduksjon gjøres vha. en el-kjel fra 2014. Denne fungerer både som grunn- og spisslast. Belysningsanlegget på skolen er 10-12 år gammel. Tilstandsrapport angir at belysningen trenger å utskiftes. To av ventilasjonsanleggene er fra 1977, med forventet passert levetid.

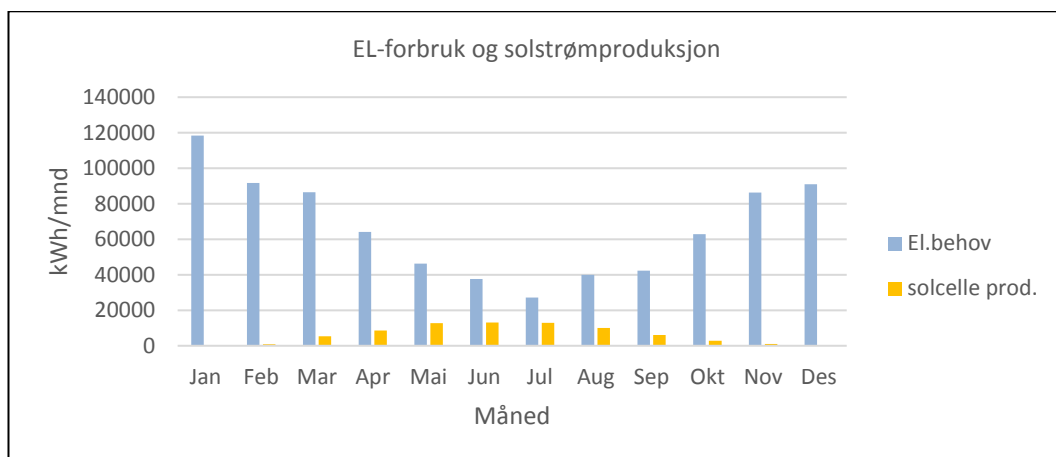


Figur 77 – Nøtterøy VGS. De aktuelle takflater er delvis oppdelt og hindret av ventilasjonskanaler, rør, anlegg og andre bygningsdeler. (Foto: Lunde, Sweco).

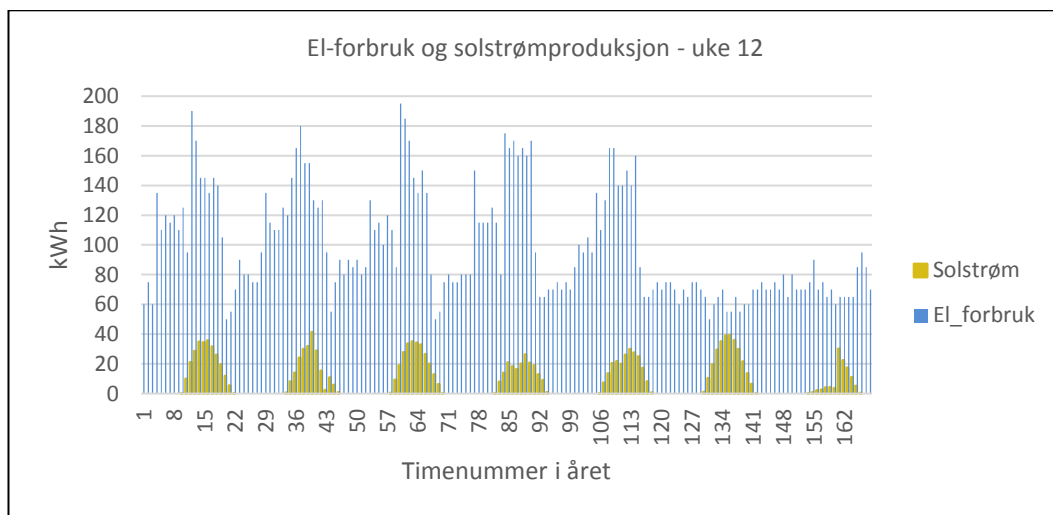
Energibalanse

Nøtterøy VGS har et oppgitt målt elektrisitetsforbruk på 165 kWh/m²år med oppgitt areal lik 4 799 m² BTA i tilstandsrapport. Det målte forbruket er gitt i timesverdier slik at man kan beregne hva som blir eksportert i løpet av en time.

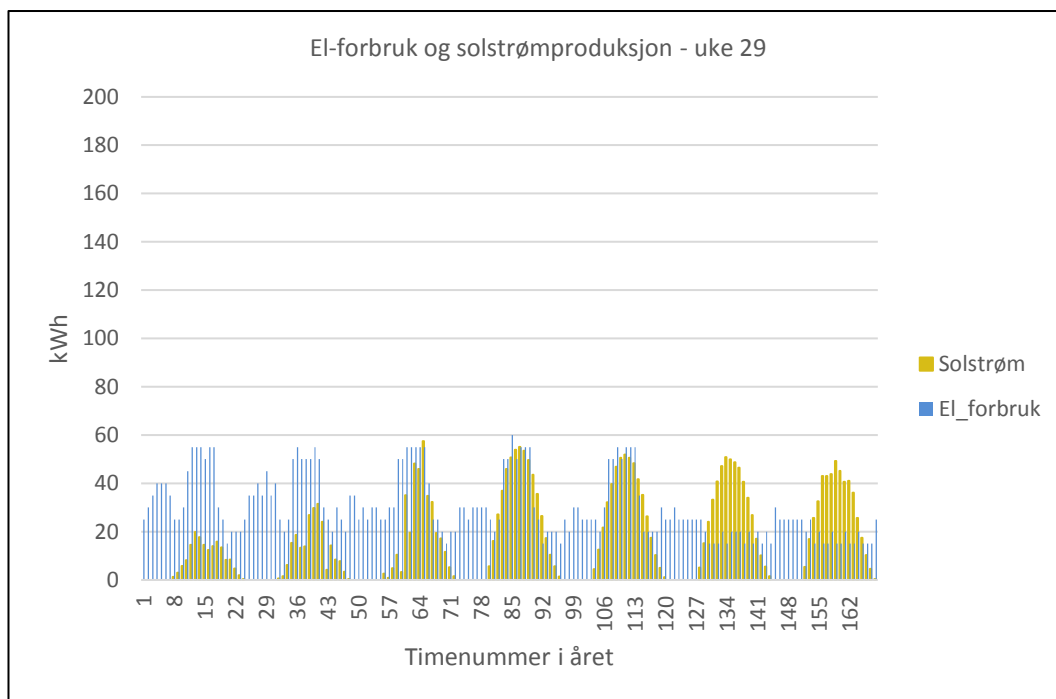
Med dette blir beregnet energibalanse for solcelleanlegget på eiendommen som vist i følgende figurer.



Figur 78 Månedlig anslått EL-forbruk mot beregnet solstrømproduksjon på Nøtterøy VGS. Med foreslått solcelleløsning er beregnet eksport til nettet lik 5 %.



Figur 79 Timesverdier for anslått EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på Nøtterøy VGS i uke 12. Solstrømproduksjonen er lav i forhold til byggets forbruk. I helgene er maks effekt fra solcelleanlegget høyt nok til tidvis nær selvforsynthet på EL, men det forekommer ikke eksport.



Figur 80 - Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på Nøtterøy VGS i uke 29. El-forbruket er betydelig lavere enn i uke 12, men solstrømproduksjonen følger forbruket i ukedagene. En relativt høy andel av solstrømmen eksporteres i helgene.

4.14 Midgard

Midgard historiske senter vurderes som lite egnet for solenergitiltak i denne kartleggingen. Dette er basert på befaring, kartlegging av takflater (vinkler, orientering og utforming). Tilgjengelig takflater vurderes som begrenset utnyttbare. Fra et kost-nytte perspektiv vurderes derfor eiendommen som lite egnet for solcelleanlegg eller solfangeranlegg. Bygget har derimot et høyt energiforbruk gjennom året, og det bør generelt vurderes energireducerende tiltak for eiendommen

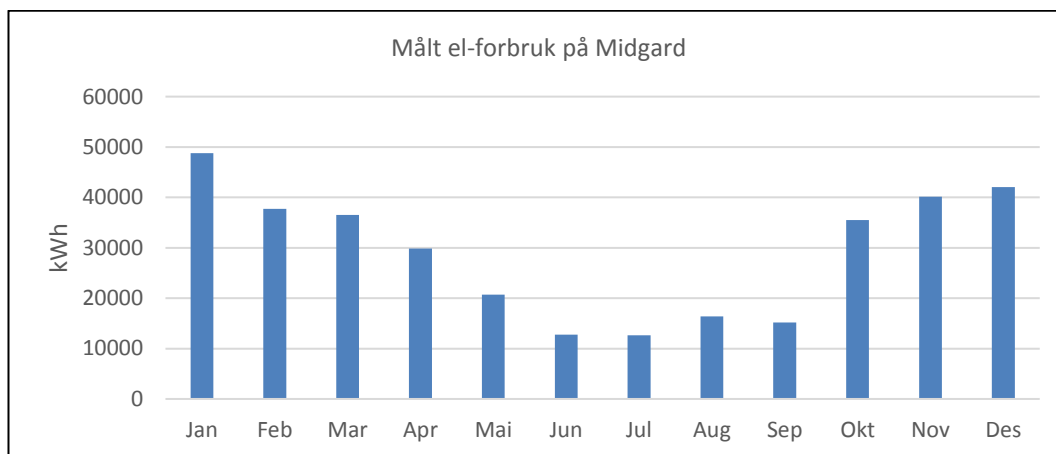


Figur 81 – Midgard historiske senter er orientert nord-sør, med flatt tak på hoveddelen nedsenket i en «grop», med skrå takflate på øst- og vestsida. Dette vil medføre betydelige skyggeeffekter tidlig og sent på dagen, samt i vinterhalvåret. På vestsida har bygget noe tilgjengelige takflater. Utnyttelse av disse er mulig, men vil medføre små fragmenterte anlegg, noe som fører til høye spesifikke anleggskostnader. Disse flatene er også påvirket av interne skyggeeffekter fra bygget. (Bilde: Google Earth)

Vurdering av eiendommen

Midgard historiske senter er et kulturbygg/museum på 1050 m² oppvarmet bruksareal fra 1999. Hovedkonstruksjon er betong og tre. Takets bæreevne er ukjent. Romoppvarming er direkte elektrisk, ventilasjonsvarme er vannbåren fra EL, og behov for varmt tappevann er minimalt. SD-anlegg for ventilasjonsstyring forventes ferdig montert tidlig februar 2017, ifølge driftspersonell. Belysning består i hovedsak av halogenspotter, samt lysstoffrør.

Bygget har høyt energiforbruk gjennom året (målt/avlest 332 kWh/m²), og det bør generelt vurderes energireducerende tiltak for eiendommen. Store vindusarealer i forhold til byggets bruksareal fører til høyt oppvarmingsbehov om vinteren og gir kjølebehov om sommeren. I tilstandsanalyse (Overrein AS, 2016) fremkommer det at solavskjerming er delvis defekt på utsatte steder, noe som gir økt forbruk på komfortkjøling i bygget.



Figur 82 – Målt el-forbruk for 2016 på Midgard historiske senter. For 2015 manglet data for januar.



Figur 83 – Midgard historiske senter, sett fra sørvest. (Foto: Lunde, Sweco).

4.15 Fylkeshuset

Fylkeshuset har et glassfelt/atrium i midten av bygget med sagtann-utforming slik at halvparten av feltet er sørøstvendte flater som kan vurderes utnyttet med solceller integrert i nytt glassfelt. Et slikt bygningsintegrert glassfelt vil gjerne ha innlagt en kalkulert avstand mellom solcellene slik at solstrømproduksjon, dagslys og solskjerming balansere på en best mulig måte (ikke optimalisert her). Med en glassflate på ca 307 m², hvor solcellefeltet dekker ca 123 m² (inkludert avstand mellom solcellene) vil utgjøre rundt 12 kWp. Den lave andelen solceller i forhold til glass er på grunn av at nedre del av glassfelt har stor skyggebelastning. Med dette vil glassfeltet kunne produsere ca 10 100 kWh/år til egen bruk. Dette vil medføre en anslått merkostnad på rundt 163 kNOK og en LCOE på 1,25 kr/kWh, men slike spesielle løsninger har stor usikkerhet knyttet til kostnad, og må kartlegges nærmere. Beregnet tilbakebetalingstid er 23 år.



Figur 84 – Markering av glassfelt som er aktuelle for utnyttelse av bygningsintegrerte solceller i nytt glassfelt (sørøstvendte flater). Solcellene legges med avstand som balanserer dagslys, solstrømproduksjon og solskjerming.

Merkostnaden er lik anslått komplett systemkostnad fratrukket kostnad for utskifting til ordinært glass samt solavskjermingsystem (til å redusere kjølebehov). Det er i utgangspunktet plass til ytterligere solcelleareal på flatt tak på bygget, men dette er funnet å øke beregnet LCOE for anlegget på av ventilasjonshus/teknisk rom, bygningsdeler og ventilasjonskanaler begrenser aktuell takflate til et lite område på sørenden av bygget, som også påvirkes av skygge fra trær sørøst for bygget.

Solfangeranlegg vurderes som lite aktuelt på grunn av lavt behov for varmt tappevann.

Vurdering av eiendommen

Fylkeshuset er bygget i 1956, med rehabilitering i 1994 og 2015. Bygget har et BTA på 6398 m² fordelt på 3 etasjer i tillegg til kjeller og teknisk rom på tak. Hovedkonstruksjonen består av plasstøpt betong. Bygget har et generelt vedlikeholdsbehov, særlig på fasader, vinduer og tak.

Taktekking er på 1994, og har nådd forventet teknisk levetid. Bygget har en del oppstikkende deler på taket, ventilasjonskanaler, tørrkjølere og ulike høydenivåer som gir en del lokale skyggeeffekter. For flatt tak vurderes den best egnede takflaten å være lengst mot sør. Denne delen er relativt liten og begrenses også av skyggeeffekter fra trær. Gesimskant rundt takflaten er også relativt høy.

Glasstak/atrium har også kort resterende forventet teknisk levetid. Det er angitt problemer med eksisterende vindusløsning, både med tanke på lekkasjer samt overtemperatur på sommerstid som øker kjølebehovet. Integrerte solceller i nytt glass her vil kunne spille en dobbeltrolle, nemlig å produsere solstrøm (til blant annet kjøling men også øvrig utstyr) samt solavskjerming til å redusere kjølebehovet. Vinduene har en helning på 45 grader, noe som medfører en del lokale skyggeeffekter i nedre delen av glasset, men som også er gunstig for solstrømproduksjon.

Bygget har vannbåren oppvarming fra fjernvarme, i tillegg til elektrisk oppvarming i øst- og sørblokk. Vannbåren romoppvarming distribueres av radiatorer. Ventilasjonsanlegg er fra 1994 og nærmer seg endt teknisk levetid.

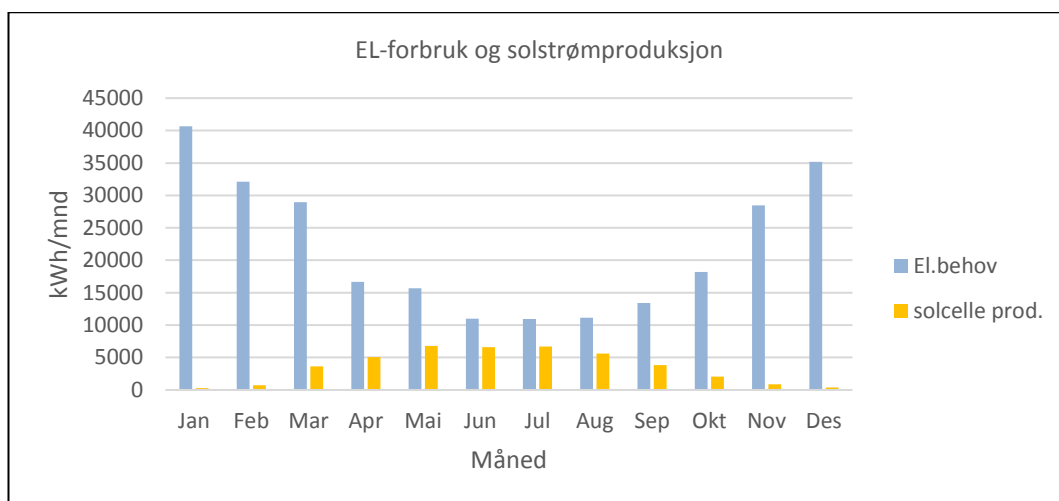
Bygget har SD-anlegg, med Normatic Toppsystem sentralt.



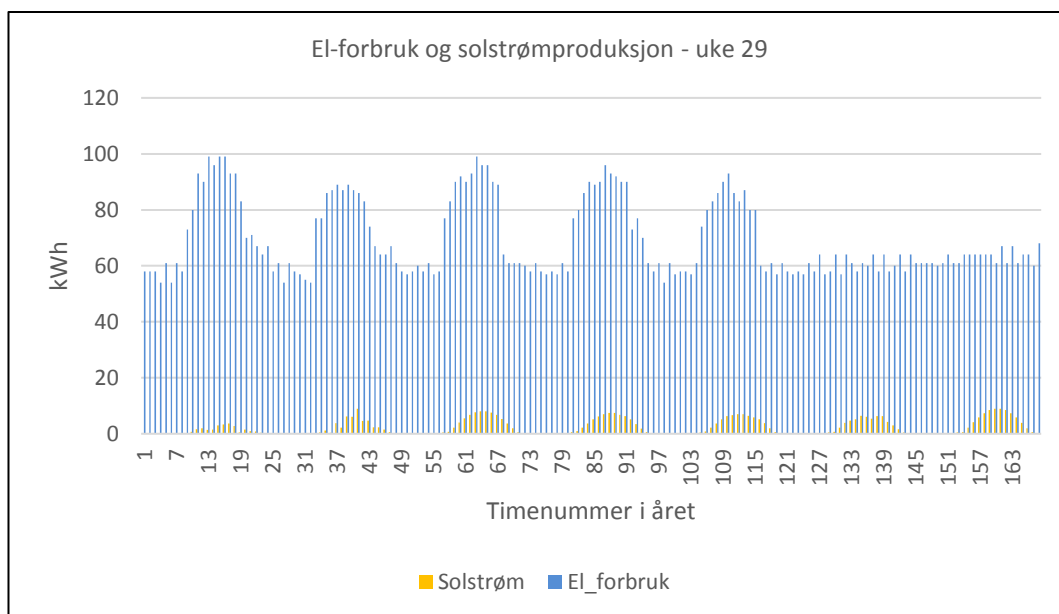
Figur 85 – Glasstak/atrium på Fylkeshuset. Nye glassfelt med integrerte solceller i glasset som aktuell løsning i midten av bildet. Flate takflater i for- og bakgrunn. (Foto: Lunde, Sweco).

Energibalanse

Fylkeshuset har et totalt energiforbruk oppgitt av driftspersonell å være ca 207 kWh/m² (elektrisk og fjernvarme), hvorav el-forbruk utgjør 134 kWh/m². Beregnet solstrømproduksjon sammenstilt med målt forbruk er vist i figurene under.



Figur 86 - Månedlig anslått EL-forbruk mot beregnet solstrømproduksjon på Fylkeshuset.



Figur 87 - Timesverdier for målt EL-forbruk og beregnet solstrømproduksjon på Fylkeshuset i uke 29. Det er ikke beregnet noe eksportert solstrøm til nettet.

5 Prioritert tiltaksliste for solenergi i Vestfold Fylkeskommune

Tabellen under oppsummerer resultater fra våre beregninger og vurderinger og viser hvilke tiltak som vurderes som gunstig å prioritere først. Vi har her kategorisert tiltak etter en prioriteringsmodell fra 1 til 3, hvor 1 er høyeste prioritet. Tabellen er rangert etter prioritet og deretter LCOE.

Prioritetsvurderingen er basert på flere aspekter; LCOE, tilbakebetalingstid, om relevante bygningsdeler må skiftes ut pga kort gjenværende teknisk levealder, med mer. F. eks Melsom VGS har lavest LCOE og ansees som et godt prosjekt for solceller. Eksportandelen er lav, ettersom de mange ulike byggene på eiendommen er tilknyttet samme E-verksmåler. I tillegg bør taket på låven uansett snart skiftes ut, noe som gjør at det bør vurderes å bruke solceller som beskyttende lag mot vær og vind og samtidig produsere EL.

Tiltakene har samlet sett et potensial for omtrent 1,6 GWh/år produsert solenergi, til en forventet merkostnad på ca 22,6 MNOK. Tiltakene med 1. prioritet har samlet sett et potensial på 900 MWh, til en forventet merkostnad på ca 10,9 MNOK.

Prioritert tiltaksliste vurdert etter kost-nytte for eiendommene er vist i tabellen under:

| Bygg/Eiendom | Tiltak | Merinvestering [NOK] | Produsert energi [kWh/år] | LCOE [kr/kWh] | Eksportandel [%] | Tilbakebetalingstid [år] | Prioritet |
|----------------------------|---|----------------------|---------------------------|---------------|------------------|--------------------------|-----------|
| Melsom VGS | Solcelleanlegg på 1587 m2 for skrå tak. 248 kWp. Sør-, øst- og vestvendt. Fordelt på låve og administrasjonsbygg. | kr 2 000 000 | 201 600 | 0,75 | 5 | 15 | 1 |
| Thor Heyerdahl VGS (ARENA) | Solcelleanlegg på 2280 m2 for flatt tak. 356 kWp. Øst/vest-orientering. | kr 3 550 000 | 289 300 | 0,86 | 19 | 19 | 1 |
| Færder VGS | Solcelleanlegg på 1800 m2 for flatt tak. 280 kWp. Øst/vest-orientering. | kr 2 600 000 | 208 400 | 0,9 | 8 | 19 | 1 |
| Hinderveien Museumslager | Solcelleanlegg på 1475 m2 for flatt tak. 230 kWp. Øst/vest-orientering | kr 2 600 000 | 190 700 | 0,96 | 11 | 20 | 1 |
| Fylkeshuset | Vindusintegrerte solceller | kr 163 000 | 10 100 | 1,25 | 0 | 23 | 1 |
| Sande VGS | Solcelleanlegg på 880 m2 for flatt tak. 140 kWp. Øst/vest-orientering | kr 1 800 000 | 134 900 | 1,14 | 20 | 25 | 2 |
| Holmestrand VGS | Solcelleanlegg på 480 m2 for flatt tak. 75 kWp. Øst/vest-orientering | kr 980 000 | 62 000 | 1,14 | 11 | 23 | 2 |
| Greveskogen VGS | Solcelleanlegg på 800 m2 for flatt tak. 120 kWp. Øst/vest-orientering. | kr 1 615 000 | 96 700 | 1,18 | 3 | 20 | 2 |
| Kompetansebyggeren Korten | Solcelleanlegg på 760 m2 for flatt tak. 120 kWp. Øst/vest-orientering | kr 1 600 000 | 93 600 | 1,21 | 20 | >25 | 2 |
| Sandefjord VGS | Solcelleanlegg på 700 m2 for flatt tak. 110 kWp. Øst/vest-orientering | kr 1 500 000 | 87 000 | 1,21 | 0 | 25 | 2 |
| Skiringssal folkehøyskole | Solcelleanlegg på 297 m2 for skrå tak. 46 kWp. Sørvendt. Fordelt på store internat og peisstuen | kr 696 000 | 41 400 | 1,21 | 5 | 25 | 2 |
| Nøtterøy VGS | Solcelleanlegg på 580 m2 for flatt tak. 90 kWp. Øst/vest-orientering. | kr 1 300 000 | 74 285 | 1,26 | 5 | >25 | 2 |
| Haugar kunstmuseum | Solcelletakstein/bygningsintegert løsning på 442 m2 for skrått tak. 44 kWp. Sørøst- og sørvestvendt. | kr 1 000 000 | 42 500 | 1,64 | 18 | >25 | 3 |
| Greveskogen VGS | Solfangeranlegg på 80 m2 for flatt tak, med energiproduksjon for idrettshallen | kr 720 000 | 23 100 | 2,3 | - | >25 | 3 |
| Færder VGS | Solfangeranlegg på 30 m2 for flatt tak, med energiproduksjon for idrettshallen | kr 500 000 | 8 500 | 3,35 | - | >25 | 3 |
| Re VGS | Ingen | - | - | - | - | - | |
| Midgard | Ingen | - | - | - | - | - | |

6 Referanser

- [1] Solar Feeds, *Polycrystalline vs Monocrystalline Solar Modules*, 2012.
- [2] Fornybar.no, *Solceller*, 2017.
- [3] Norsk Solenergiforening, *Statistikk - 10 største i Norge*, 2017.
- [4] Norsk Solenergiforening, *Solenergi*, 2015.
- [5] Teknisk Ukeblad, *Her installeres Norges første hybrid mellom solcelle og solfanger*, 2015.
- [6] Adresseavisa, «Med dette taket skal Sindre i Malvik selge strøm tilbake til Trønder Energi».
- [7] Teknisk Ukeblad, «Grønt kappløp: Dette er de reneste og skitneste solcellene,» *Teknisk Ukeblad*, 2016.
- [8] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, *Photovoltaic Report*, 2016.
- [9] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, *Recent facts about Photovoltaics in Germany*, 2016.
- [10] The Guardian, *Drawing back the panel: which solar companies are most (and least) sustainable?*, 2014.
- [11] Tekniske Nyheter DA, «Energioversikt,» *EnergiRapporten*, 1 2017.
- [12] NS3031, «Tabell B.9-12,» 2014.
- [13] NVE, *Kostnader i energisektoren*, 2015.
- [14] LOS, *Historiske strømpriser - Sørvest-Norge - Kristiansand*, 2017.
- [15] NVE, *Plusskundeordningen*, 2017.
- [16] Smart Energi, "Vi kjøper solstrømmen din for 80 øre", 2016.