



Notat

Tilleggsnotat til miljøoppfølgingsplan - Egenprodusert energi

Prosjekt:	100847 Kaserne Bodin leir
Notatdato:	7. mai 2024
Saksbehandler:	Hege Aamodt

1. Innledning

Notatet er tilleggsnotat til miljøoppfølgingsplanen (MOP) kaserne Bodin leir og gir en enkel vurdering av muligheter for strømproduksjon fra solceller. Utgangspunkt er punkt 3.2 i MOP-malen: «Muligheter for egen, lokal og fornybar energiproduksjon i form av solceller på tak og/eller fasade skal utredes ved oppføring av nybygg eller dyp rehabilitering av tak eller vegger». Basert på dette notatet vurderer prosjektet om tiltakene skal videreføres til detaljprosjekteringsfasen. Analysen er basert på bruk av Solstrømsvelgeren (FBKS-51-5851).

Solceller er svært godt egnet for lokal kraftproduksjon, og kraften kan brukes direkte i bygget. Det kobles enkelt til eksisterende elforsyning. Solceller på bygg kan installeres på tak eller fasade. Dersom det skal oppføres nytt bygg eller bygget står ovenfor en dyp rehabilitering av tak eller vegger, kan det ofte lønne seg å benytte bygningsintegreerte solceller (BIPV) som inngår i byggets klimaskall. Slik oppnår man besparelser både på materialbruk og arbeidsoperasjoner. Når det planlegges og tilrettelegges for bruk av solceller på bygg tidlig i planleggingsprosessen oppnås gode løsninger til lave og konkurransedyktige priser. Solcelleanlegg skal alltid innarbeides i byggets brannkonsept. Det er viktig å være oppmerksom på at det brukes komponenter i anleggene som kan skape forstyrrelser på telekommunikasjonsutstyr, og dette bør vurderes i det enkelte prosjekt.

2 kaserne i Bodin leir, kaserne 2 og kaserne 3 skal totalrehabiliteres, se figur 1.

I notatet, kapittel 2, gjøres en enkel vurdering ved bruk av en sjekklister fra Solstrømsvelgeren, om solceller kan være egnet i prosjektet. Kapittel 3 beskriver hvilke arealer i prosjektet som anses som egnet, samt beregnet årlig energiproduksjon og tilbakebetalingstid gitt ulike strømprisscenarioer.



Figur 1 Flyfoto av kaserne 2 og kaserne 3 i Bodin leir (bilde: Norgebilder.no)

2. Egnethet for strømproduksjon

Sjekklisten under kan benyttes for å beslutte om man bør velge solstrøm integrert i nybygg eller etterinstallerte solceller. Denne er hentet fra Solstrømsvelgeren. Hvis man kan svare «ja» på alle spørsmålene nedenfor bør bruk av solceller utredes.

1	Er det relativt store sammenhengende soleksponerte flater (mer enn ca 40 m ²) uten oppstikk (luftehatter, piper etc.)?	Ja
2	Er bygget tilknyttet strømmettet? Eller er bygget ikke tilknyttet strømmettet, men det er behov for elektrisitet i bygget?	Ja
3	Er taket/fasaden planlagt å vare i 25 år eller lengre? (Levetiden til solceller er ca. 25 år)	ja
4	Er det fritt for <u>store</u> skyggende objekter i sørlig retning av taket/fasaden hvor solcellene er tenkt installert? Skyggende objekter kan være bygninger, høye trær, en nærliggende ås eller lignende. (Litt skygge deler av året er ok)	ja
5	Tåler taket vekten av solceller og snø? (Solceller veier ca 15 kg/m ²)	ja
6	Dersom solcellene skal plasseres på en fasade, må denne fasaden være skjermet fra skyggende elementer som nærliggende bygg og anlegg, ferdsel eller parkering. Dersom de skyggende elementene er lave kan solceller bygges på fasade fra annen etasje og oppover. Vil mer enn 40 m ² av fasaden oppfylle disse vilkårene?	Ikke aktuelt

Som det fremgår av tabellen over vurderes det at byggene samlet er egnet for solstrøm. Bæreevne til tak må ivaretas i prosjekteringen.

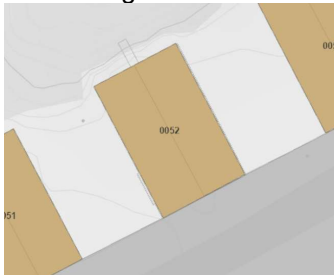

3. Produksjons- og kostnadsestimat

I Solstrømsvelgeren finnes forenklet data for strømproduksjon fra solceller, gitt en rekke variabler. Her benyttes arealspesifikk ytelse som avhenger av solcellenes virkningsgrad. Solstrømsvelgeren tar utgangspunkt i moduler med ytelse på 335 Wp og virkningsgrad på 20,13%, inverter har virkningsgrad 97,2%. Tap i energiproduksjon som følge av forurensning fra snø og smuss på panelene er hensyntatt i henhold til NS 3031. Datagrunnlaget kan kun benyttes til å gi en indikativ årsproduksjon for vurdering av solcellenes lønnsomhet. Det er ikke medregnet at anleggets produksjon svekkes noe i løpet av levetiden.

I dette prosjektet er nærmeste lokasjon for produksjonsdata Bodø (Hålogland). Grunnlaget til beregningene fremstilles i tabellen under, herunder egnet takarealer, orientering og arealspesifikk ytelse

fra solcellene i henhold til Vedlegg a). Vedlegg a) viser generelle årsgjennomsnitt, og det må alltid gjøres nærmere analyser for hver enkelt lokasjon for å finne den faktiske produksjonen.

Byggen vil få et egnet takareal på ca.

Prosjekt	Egnet areal av totalt areal	Orientering	Kommentar	Areal-spesifikk ytelse
Kaserne 2	408 m ² /816 m ²	Nordøst og sørvest 	Luftet tak, saltak på ca.25 grader Skråtaket er vendt nordøst og sørvest. Kun sørvest-vendt takflate er egnet for solstrøm.	Bygningsintegrerte solceller legges i 25 grader og vil ha ytelse på: 150 kWh/m ² /år
Kaserne 3	408 m ² /816 m ²	Nordøst og sørvest 	Luftet tak, saltak på ca.25 grader Skråtaket er vendt nordøst og sørvest. Kun sørvest-vendt takflate er egnet for solstrøm.	Bygningsintegrerte solceller legges i 25 grader og vil ha ytelse på: 150 kWh/m ² /år

Bygningsintegrerte solceller (BIPV) på tak ved vinkel over 12 grader hadde i 2020 en markedspris på mellom 1 875 – 2 300 kr/m² ifølge solstrømsvelgeren. BIPV sparer også prosjektet for materialer til tak. I beregning brukes en snittkostnad av dette på 2 0875,5 kr/m² eks mva. (vedlegg b), som tilsvarer 2 609,5 kr/m² inkl. mva.

Byggene vil få et egnet takareal på ca. 816 m². Videre tas det høyde for at det ikke kan installeres solceller på hele takarealet. Dette kommer av at gesimser gir skygger og man må ha en avstand til gesims for å unngå sterk vindbelastning. I tillegg tar passasje, oppstikk, sluk og brannskiller arealer. Det varierer hva som ansees som en realistisk bruksandel. Areal som antas å være egnet for solcelleproduksjon i dette notatet er ca. 70% av totalt takareal, som utgjør 575 m².

Når det gjelder strømpris velger Forsvarsbygg å skille mellom nord og sør i Norge. Fremtidige strømpriser er svært usikre og har stor påvirkning på tilbakebetalingstiden. Vi inkluderer derfor flere prisscenarier.

For nordlige delen av landet (nord for Dovre) regner vi med strømpris på 0,5 -1,5 kr/kWh i gjennomsnitt, og sørlige delen 1-2 kr/kWh.

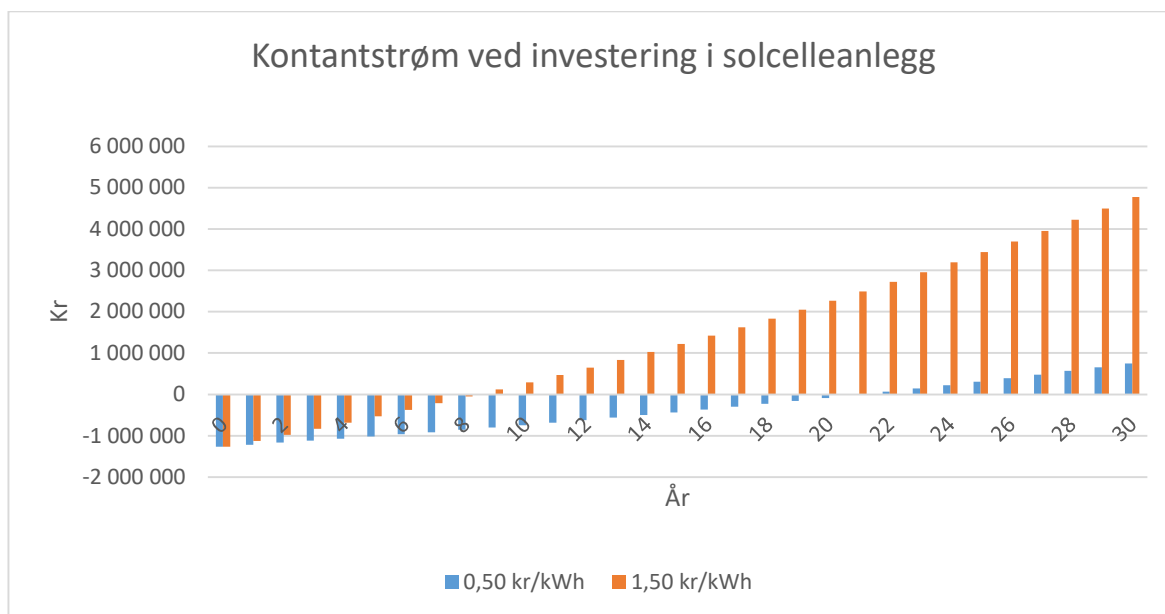
Følgende løsning (Tabell 1) tar utgangspunkt i ovennevnte snittkostander, strømpriser, og egnet arealer for solceller

Tabell 1 Kostnadsestimat, produksjonsestimat og årlig gevinst for solceller på 2 kaserner i Bodin leir

Bygg	Kostnadsestimat (2020-tall)	Produksjonsestimat	Årlig gevinst (sparte strømkostnader)
2 kaserner	1 204 050 kr (2 094 kr/m ² x 575 m ²)	86 250 kWh/år. (150 kWh/m ² /år x 575 m ²)	43 125 kr/år – 129 375 kr/år (gitt 0,5-1,5 kr/kWh)

Investeringskostnaden for et solkraftverk i Norge har økt med 20% siden 2020 på grunn av svekkelsen av norske kroner mot Euro og US dollar (pr juni 2023)¹. Samtidig har effekten på solcellene gått opp, for eksempel har standardpanelene til leverandøren Otovo en effekt på 400 Wp i 2023². Ifølge Solstrømsvelgeren kan man med denne ytelsen forvente ca. 20% høyere arealspesifikk kraftproduksjon.

Diagrammet (Figur 2) under viser total tilbakebetalingstid for de to scenariene med ulike strømpriser. Det er antatt at investering blir gjort året etter budsjettår, investering i diagrammet er dermed høyere enn angitt i teksten over. Det er også antatt at besparelser ikke starter før året etter investering, altså to år etter budsjettår. Med en inflasjonsrente på 2,43 % (årlig økning i forsvarsindeksen fra 2005-2019), og forutsatt samsvar i tidspunkter for forbruk og produksjon (eller at strømmen brukes i andre nærliggende bygg), blir tilbakebetalingstiden som følger.



Figur 2 Tilbakebetalingstid når energipris antas å være på 0,5 kr/kWh og 1,5 kr/kWh

¹ Energeia AS - Solkraftverk i Norge (squarespace.com)
² Solcellepanel - solceller på taket med best pris (otovo.no)

Beregningene viser at montering av solcellene vil ha en tilbakebetalingstid på **ca. 9 - 22 år** når man legger til grunn en strømpris på henholdsvis 1,5 og 0,5 kr/kWh., og en investeringskostnad på 1 204 050 kr inkl. mva.

Ifølge beregningene er anlegget lønnsomt i levetiden til solcellene, men tilbakebetalingstiden er svært avhengig av strømprisen. Etter tilbakebetalingstiden har man i realiteten gratis strøm frem til det er behov for reinvestering (antatt 25 år fra installasjon). Dersom produksjonen overgår forbruket i bygget, kan strømmen brukes i nærliggende bygg innenfor den samme fiskale måleren.

4. Videre arbeid

Vurderingen som er gjort er basert på bruk av Solstrømsvelgeren og foreløpig design. Det bør avklares om det er andre tekniske forhold som må vurderes. Produksjonstall og kostnadsberegninger er basert på generiske produksjonsdata og kostnadsanslag. Det bør knyttes en usikkerhetsvurdering til disse.

Vedlegg

a) Tabell 1 Areal-spesifikk ytelse - Solstrømsvelgeren

Tabell 1: Produksjon for spesifikke lokasjoner og orienteringer i Norge

Region	Koordinater	Global Horizontal Innstråling (GHI) [kWh/m ² /år]	Orientering	Modulvinkel [gr]	Spesifikk ytelse [kWh/kWp/år]	Areal-spesifikk ytelse [kWh/m ² /år]	Kommentar
Vest (Haakonvern)	Lat.: 60.3389 Long.: 5.2361	778	Sør	30	780	150	Skråtak
				90	630	120	Fasade, god produksjon vinterstid
			Øst	30	640	120	Skråtak
				90	490	100	Fasade, god produksjon på morgenen
			Vest	30	640	120	Skråtak
				90	490	100	Fasade, god produksjon på ettermiddagen
Øst/vest	15	640	120	Flatt tak. Halvparten av modulene mot øst og halvparten mot vest			
Øst (Rena)	Lat.: 61.1322 Long.: 11.3716	875	Sør	30	890	170	Skråtak
				90	780	150	Fasade, god produksjon vinterstid
			Øst	30	730	140	Skråtak
				90	590	120	Fasade, god produksjon på morgenen
			Vest	30	700	140	Skråtak
				90	560	110	Fasade, god produksjon på ettermiddagen
Øst/vest	15	680	130	Flatt tak. Halvparten av modulene mot øst og halvparten mot vest			
Viken (Gardermoen)	Lat.: 60.1939 Long.: 11.1004	868	Sør	30	870	170	Skråtak
				90	730	140	Fasade, god produksjon vinterstid
			Øst	30	700	140	Skråtak
				90	560	110	Fasade, god produksjon på morgenen
			Vest	30	700	140	Skråtak
				90	560	110	Fasade, god produksjon på ettermiddagen
Øst/vest	15	680	130	Flatt tak. Halvparten av modulene mot øst og halvparten mot vest			

Region	Koordinater	Global Horizontal Innstråling (GHI) [kWh/m ² /år]	Orientering	Modulvinkel [gr]	Spesifikk ytelse [kWh/kWp/år]	Areal-spesifikk ytelse [kWh/m ² /år]	Kommentar
Region	Koordinater	Global Horizontal Innstråling (GHI)	Orientering	Modulvinkel	Spesifikk ytelse	Areal-spesifikk ytelse	Kommentar
Midt (Værnes)	Lat.: 63.4576 Long.: 10.9242	887	Sør	30	950	180	Skråtak
				90	870	170	Fasade, god produksjon vinterstid
			Øst	30	730	140	Skråtak
				90	610	120	Fasade, god produksjon på morgenen
			Vest	30	740	140	Skråtak
				90	640	120	Fasade, god produksjon på ettermiddagen
Øst/vest	15	700	140	Flatt tak. Halvparten av modulene mot øst og halvparten mot vest			
Hålogaland (Bodø)	Lat.: 67.2800 Long.: 14.4050	805	Sør	30	870	170	Skråtak
				90	830	160	Fasade, god produksjon midt på dagen
			Øst	30	675	130	Skråtak
				90	600	120	Fasade, god produksjon på morgenen
			Vest	30	680	130	Skråtak
				90	600	120	Fasade, god produksjon på ettermiddagen
Øst/vest	15	610	120	Flatt tak. Halvparten av modulene mot øst og halvparten mot vest			
Nord (Skjold)	Lat.: 69.0244 Long.: 19.2961	773	Sør	30	800	160	Skråtak
				90	800	160	Fasade, god produksjon midt på dagen
			Øst	30	630	120	Skråtak
				90	600	120	Fasade, god produksjon på morgenen
			Vest	30	630	120	Skråtak
				90	600	120	Fasade, god produksjon på ettermiddagen
Øst/vest	15	530	100	Flatt tak. Halvparten av modulene mot øst og halvparten mot vest			

b) Tabell 4 Kostnader - Solstrømsvelgeren

Tabell 4: Priser for nøkkelferdig monterte solcelleanlegg, ekskludert moms. Prisene er basert på markedspriser i 2020. Normal levetid er garantert til 25 år. For omregning fra kr/kWp til kr/m² er det brukt 4,8 m²/kWp, dvs en modulytelse på 335 Wp

	Kostnader per ytelse	Kostnader per areal	Kommentar
	kr/kWp	kr/m ²	
Bygningsintegrerte solceller tak	9 000 – 11 000	1 875 – 2 300	Takvinkel må være over 12 grader
Ettermonterte solceller på tak	6 000 – 10 000	1 250 – 2 100	Gitt saltak. Rimeligste løsning for større tak med bølgeblekk
Solceller på flatt tak (nytt og ettermontert)	6 000 – 9 000	1 250 – 1 875	Store tak er billigere enn små tak.
Bygningsintegrerte solceller vegg	12 000 – 37 000	2 500 - 7 700*	Laveste pris for standardmoduler. Høyeste pris for skreddersøm

*For bygningsintegrerte solceller i fasade finnes det mange ulike formater, design, farger osv. Graden av design og estetiske hensyn kan øke prisen betraktelig. Svarte solceller er billigst. Høye vindlaster kan også medføre at solceller med dobbeltlagsglass må benyttes og disse har noe høyere kostnader.