

# Solenergi, varmepumper og ENØK

-Hvordan få ulike teknologier til å spille på lag?

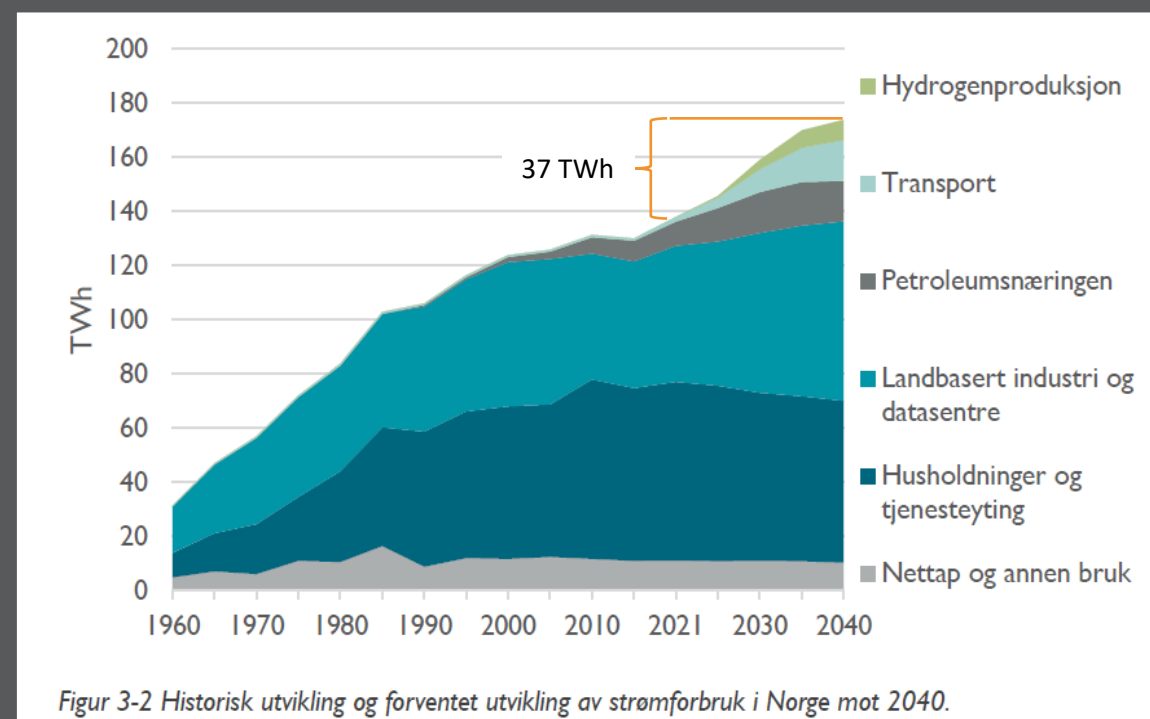
Webinar hos Norsk Klimastiftelse 25.11.2021

Dr. Ing. Bjørn Thorud

[Bjorn.Thorud@multiconsult.no](mailto:Bjorn.Thorud@multiconsult.no)

# Det store bildet – Hvordan skaffe nok elektrisk kraft?

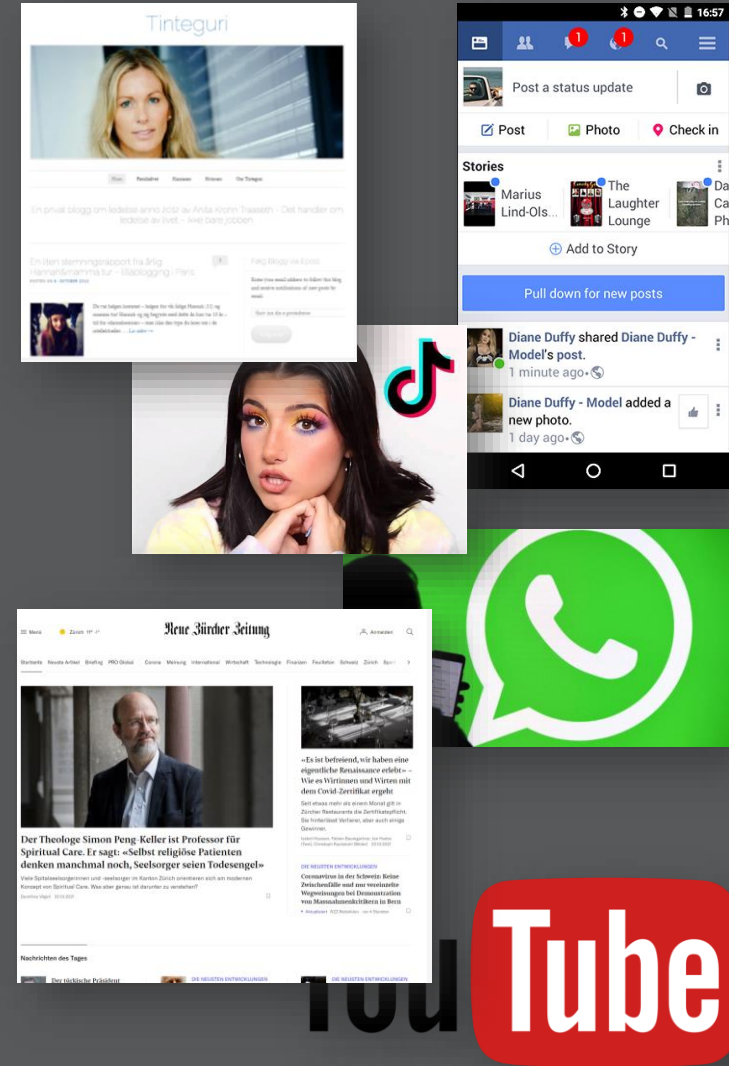
- NVE forventer at forbruket av elektrisk kraft frem til 2040 vil øke med ca. 37 TWh/år
  - Statnett: 50 TWh/år økning i 2050
  - Norsk Industri (DNV): 96 TWh/år økning i 2050\*
- SINTEF Community har beregnet ENØK-potensialet i bygg til å være 27 TWh
  - 17 TWh redusert energiforbruk
  - 10 TWh solkraft
- Solenergiklyngen mener teknisk potensial for solkraft på bygg er 30-50 TWh



Kilde: NVE, Langsiktig Kraftmarkedsanalyse 2021-2040, oktober 2021

\* <https://www.norskindustri.no/dette-jobber-vi-med/energi-og-klima/aktuelt/klimamarsjordre-til-regjering-og-storting/>

# Mediarevolusjonen



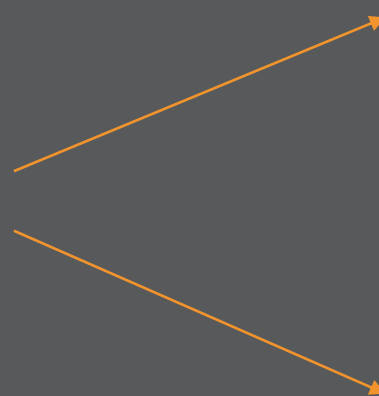
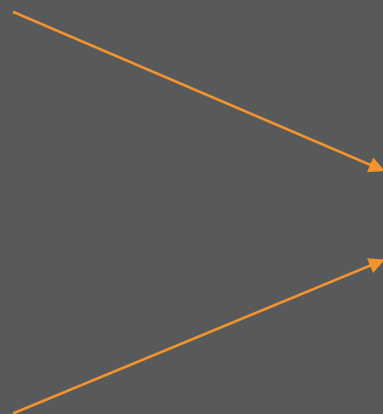


# Det tradisjonelle kraftnettet

POWER GENERATION

TRANSMISSION & DISTRIBUTION

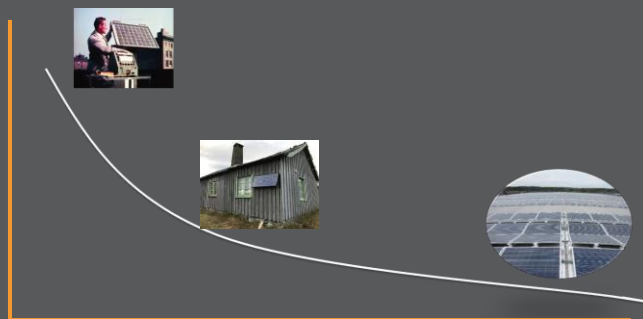
CONSUMPTION



# Teknologitrender som påvirker kraftbransjen

Solceller(PV)

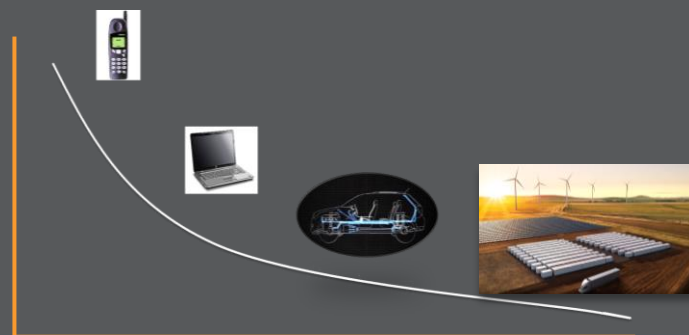
NOK/kWp



Tid / volume

Batterier

NOK/kWh



Tid / volume

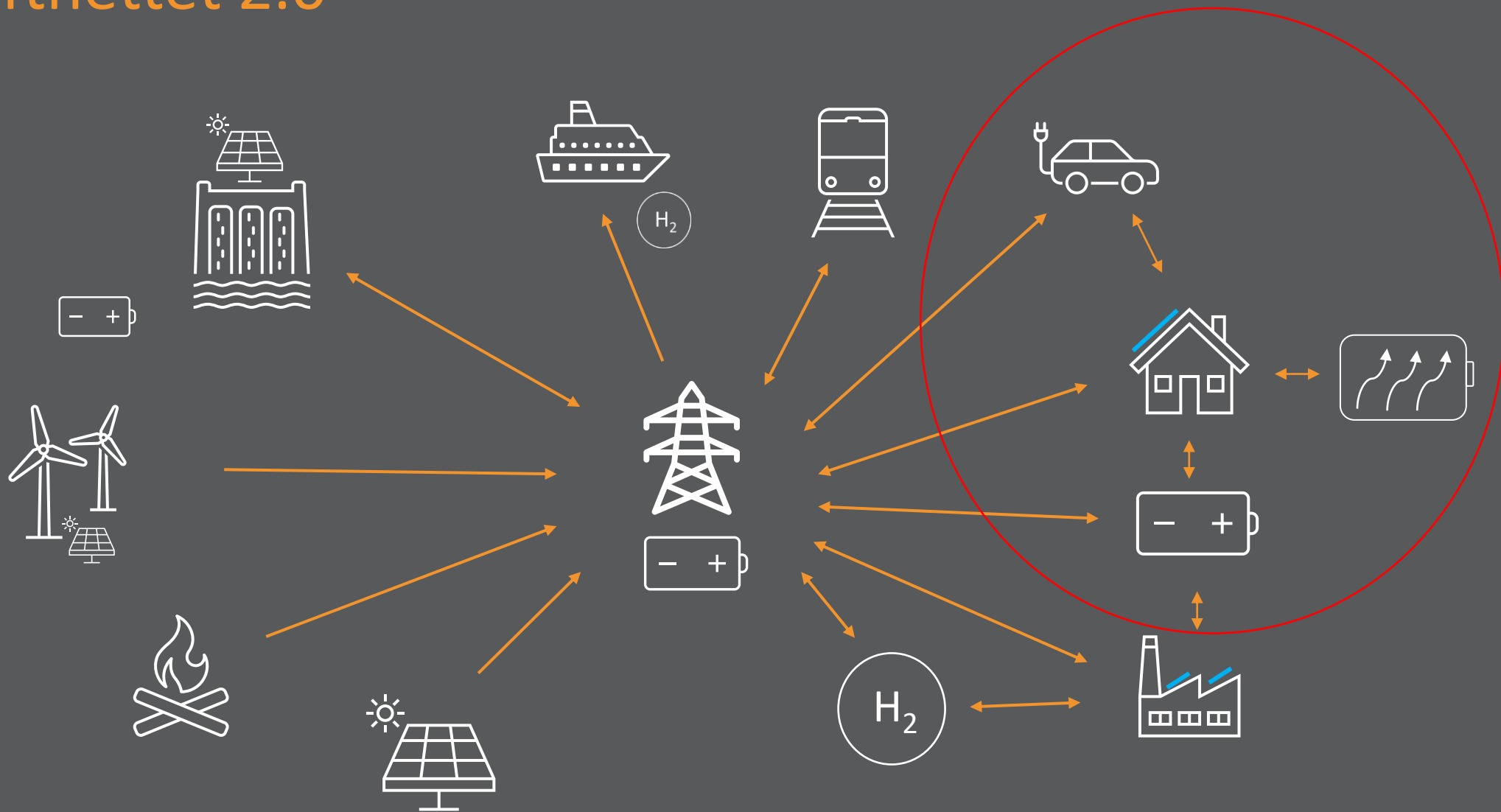
IKT / Datakraft

NOK/GB



Tid / volume

# Kraftnettet 2.0



Er solkraft lønnsomt?



Hvordan kan solkraft gjøres lønnsomt?

# Boligkraftverk / Småbygg

- Opp til ca. 15 kWp
- Kostnader: 14 – 18 NOK/Wp (inkl. mva.)
- Legges normalt utenpå eksisterende tak
- Vekselretter plasseres normalt på loft eller på vegg utendørs
- Spesifikk ytelse: 800 – 950 kWh/kWp
- Byggetid ca. 1 dag/anlegg

Foto: Otovo



Kostnadsfordeling Enebolig

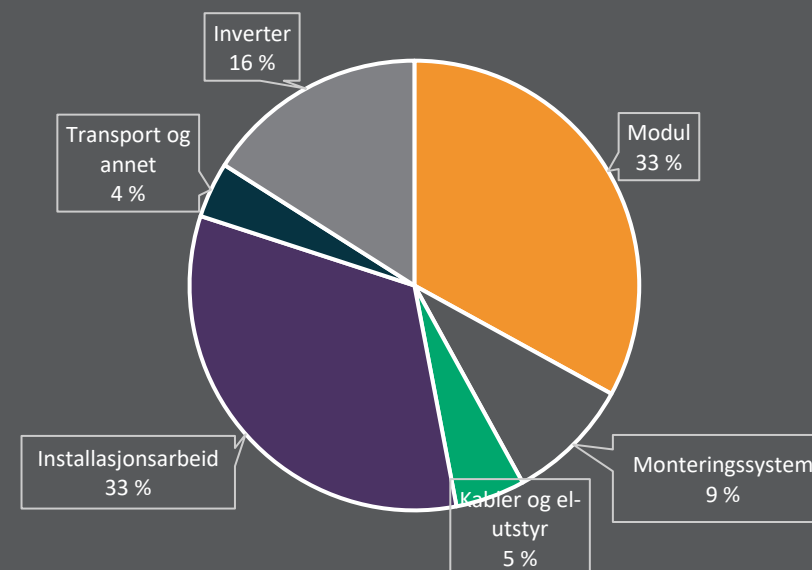




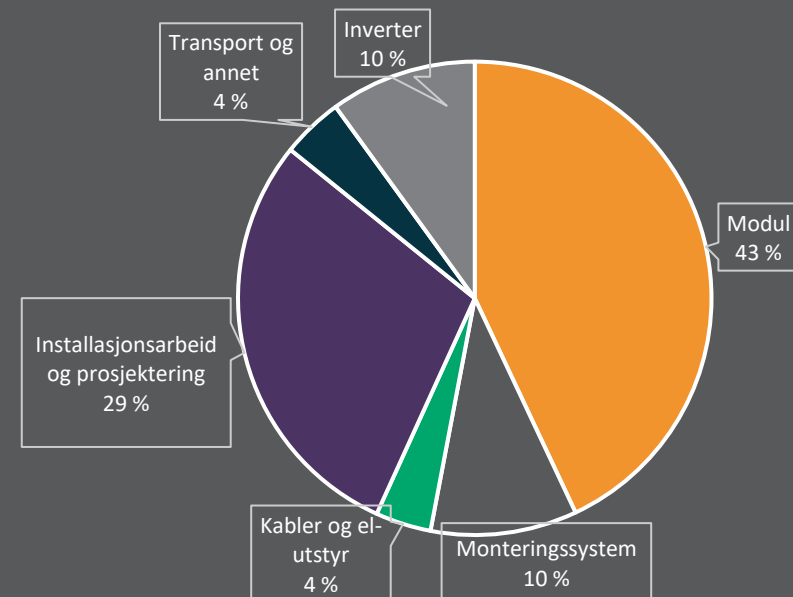
Foto: Tove Lauluten, Futurebuilt

# Kraftverk på næringsbygg

- 20 – 500 kWp
- Kostnader: 7 – 12 NOK/Wp (eks. mva.)
- Legges normalt utenpå eksisterende tak
- Vekselretter plasseres normalt i teknisk rom eller utendørs
- Spesifikk ytelse: 600 – 750 kWh/kWp
- Byggetid: dager / uker

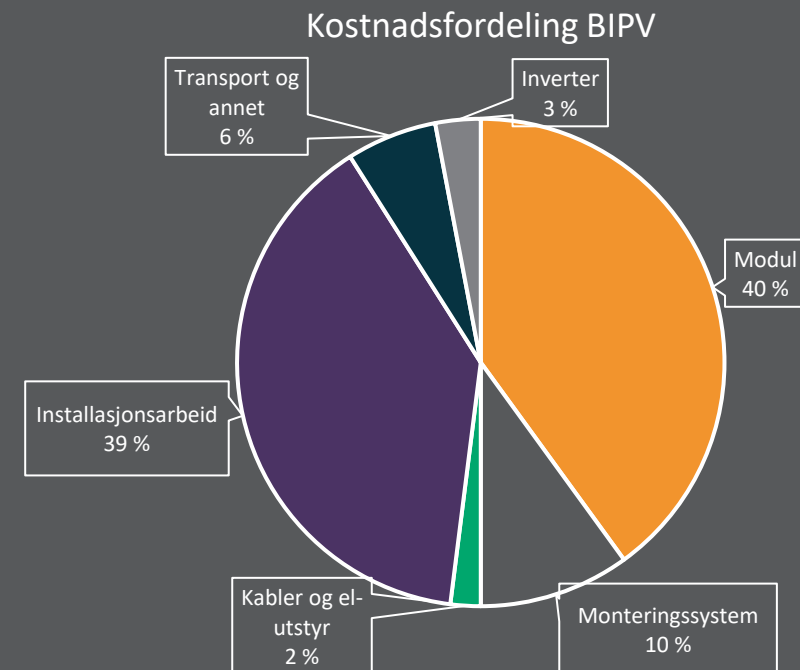


### Kostnadsfordeling Næringsbygg

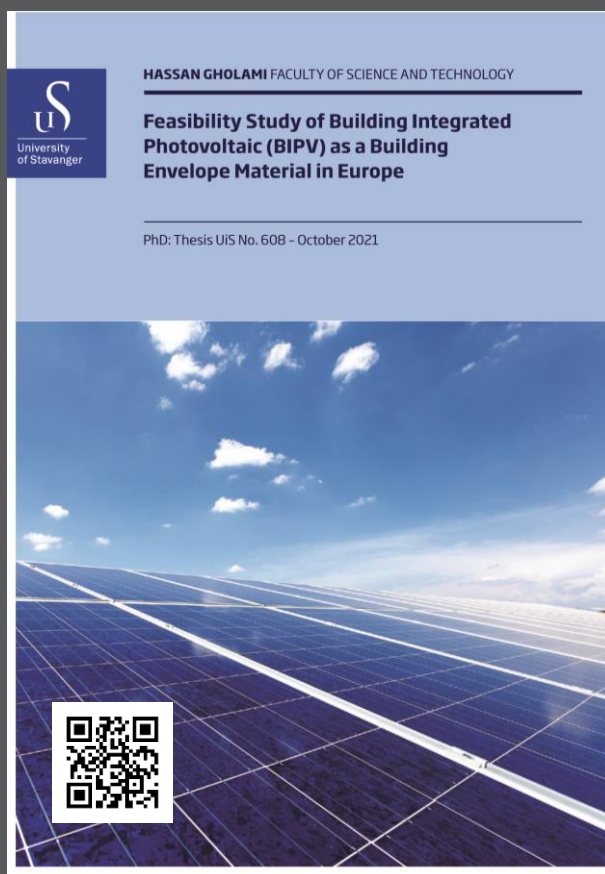


# BIPV – Bygningsintegreerte Solceller

- Størrelse: 5 – 250 kWp
- Kostnader: 3 000 – 8 000 NOK/m<sup>2</sup> (eks mva.)
- Erstatte byggematerialer (tak/fasade)
- Vekselretter plasseres normalt i teknisk rom eller utendørs
- Spesifikk ytelse:
  - Tak: 800 – 950 kWh/kWp
  - Fasade: 700 – 850 kWh/kWp




# For nybygg og rehabilitering er bygningsintegreerte solceller (BIPV) nesten alltid lønnsomt



INTEGREERTE SOLCELLER (BIPV)

## Nå skal du ha solceller på alle fire vegger. – Det er allerede lønnsomt

Effektiviteten til solceller er så høy nå at de til og med kan installeres på nordsiden av bygget, ifølge en ny doktorgrad.



Zeb-laboratoriet i Trondheim er dekket av solceller. Nå må vanlige utbyggere følge etter, mener Hassan Gholami. (Foto: Link arkitektur)

KNUT BJØRHEIM BYGG 13. NOV. 2021 - 05:00

Facebook Twitter LinkedIn

Denne Ekstra-saken kan leses gratis av alle du deler den med.

ANNONSEHOLD FRA GLASOPOR  
Sparer 820 tonn CO2-ekvivalenter ved å bruke Glasopor på ny fylkesvei

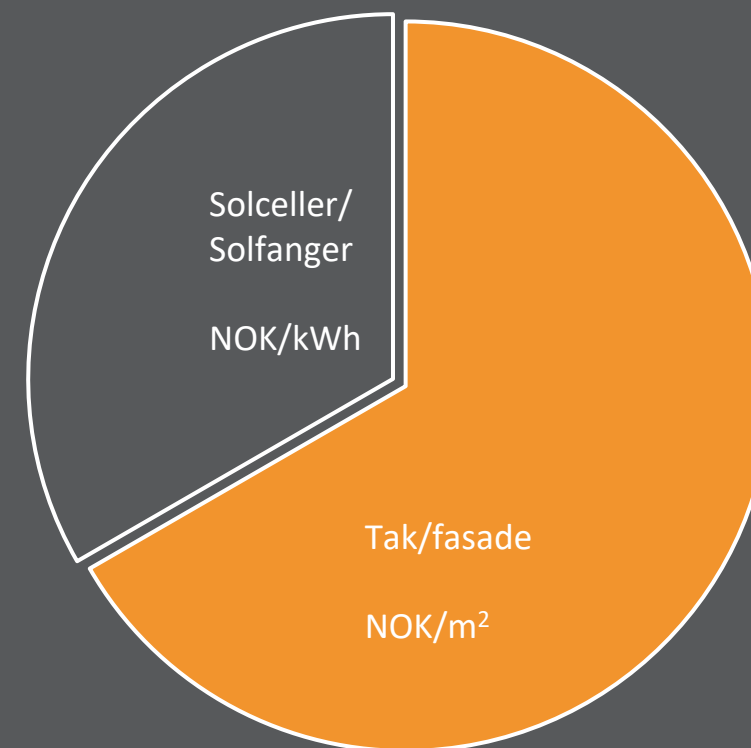
Bygningsintegreerte solceller (BIPV) er solceller som er innebygd i tak- og fasadematerialer, eventuelt rekkverk og andre soleksponerte flater på et bygg. For tak- og fasadematerialenes del erstatter disse solcellene det såkalte klimaskillet på en bygning. Det er altså ikke nødvendig med ytterligere tetting av tak eller fasader.

Etter at Hassan Gholami disputerte ved Universitet i Stavanger 1. november, er han én av to i Norge som kan smykke seg med en doktorgrad innen bygningsintegreerte

ANNONSE  
LEDIGE JOBBER

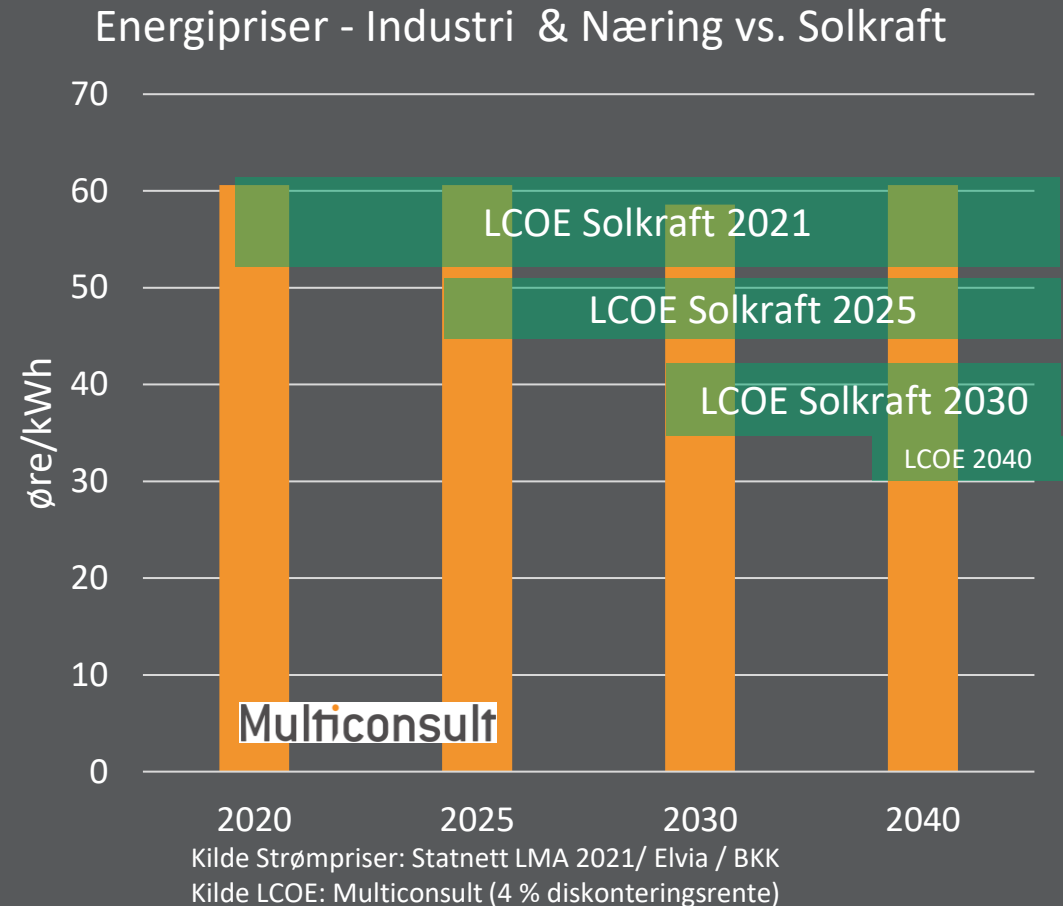
Fulltids ICT-Tjenester

## Kostnadsforeling – Tak / Solceller



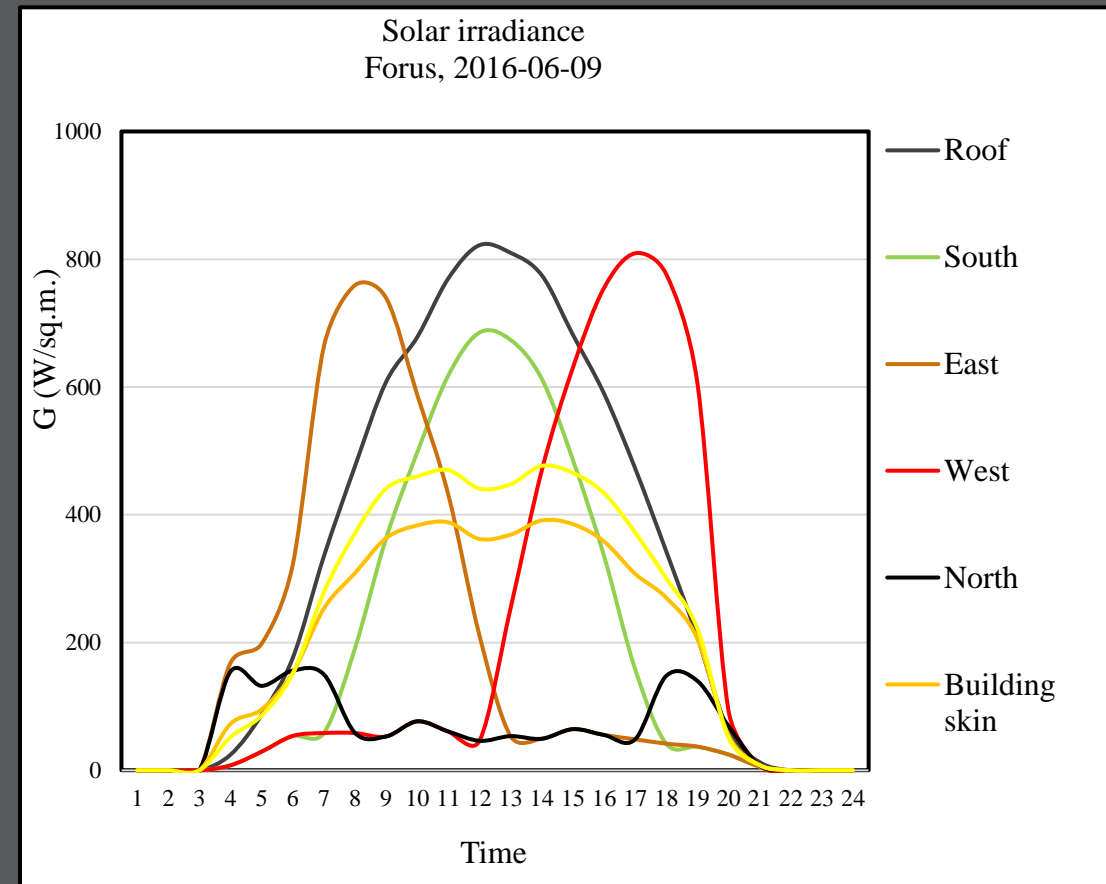
# Levetidsprisen for solkraft på næringsbygg er konkurransedyktig

- Prisen for solkraft kan sammenlignes med å inngå en fastprisavtale for kjøp av kraft med levetid på 25 år
  - Forhåndsbetalt
  - Mulighet for gratis forlengelse
- Forutsigbar kraftpris
- LCOE – «Levelized Cost of Energy» (Levetidspris) for solkraft er på par med forventet kraftpris frem til 2040



# Produksjonsprofiler for bygg

- Ulik vinkel og orientering av solcellemodulene gir ulik produksjonsprofil
- Solceller i sørfasaden produserer mye på vinteren og mindre på sommeren
- Solceller mot øst produserer mest om morgenen
- Solceller på skråtak mot sør produserer mest midt på dagen.

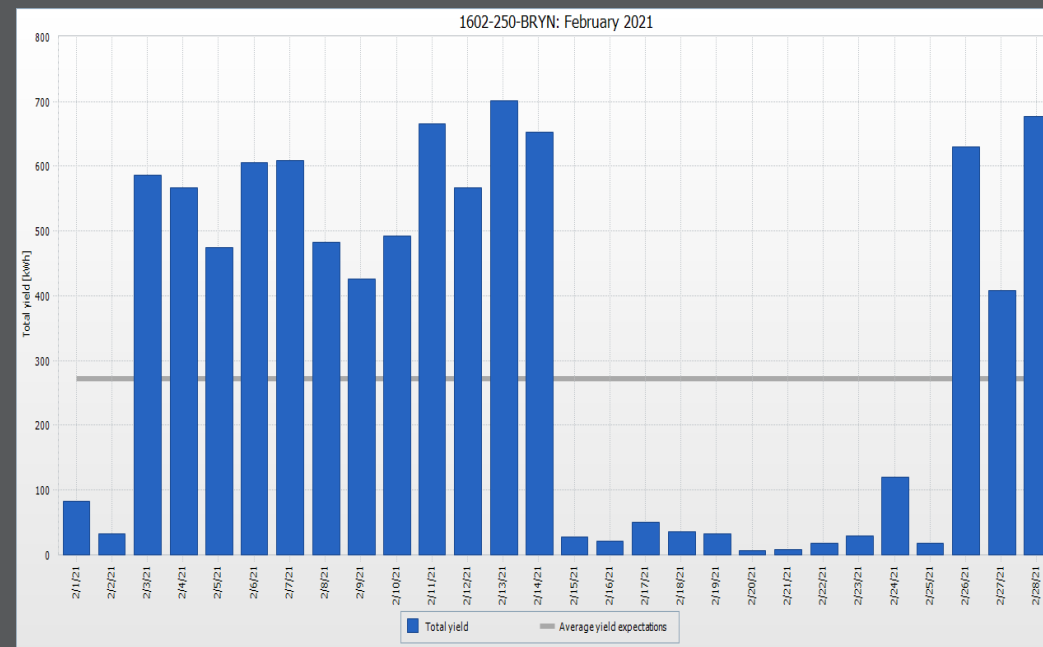


Kilde: H. Gholami, «Fasibility Study of Building Integrated Photovoltaic (BIPV) as a Building Envelope Material in Europe», 2021



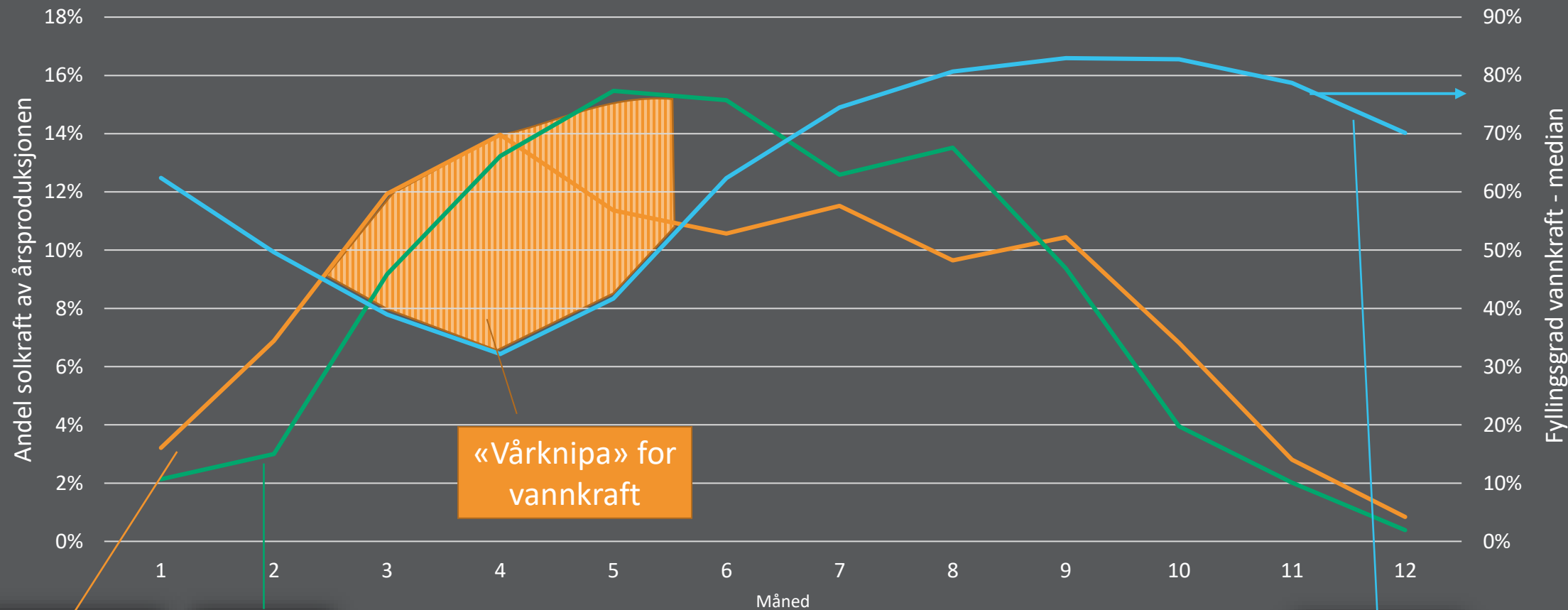
# Skoler er velegnet for fasademonterte solceller

– eks: Brynseng Skole

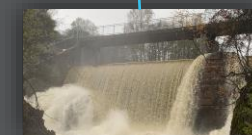


# Solkraft og vannkraft utfyller hverandre

-Mer solkraft gir reduserte strømpriser



«Vårknipa» for vannkraft



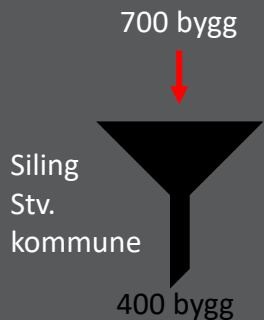
— Solceller i fasade    — Solceller på skråtak    — Fyllingsgrad Vann

Vit hva du har – og hva du trenger



Gjennomfør lønnsomme prosjekter

### Steg 1: Metode- utvikling



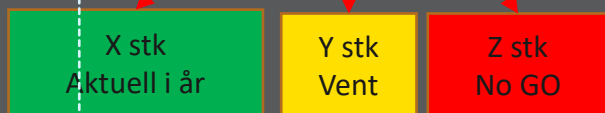
### Steg 2: Grovinndeling basert på generelle og lett tilgjengelige datakilder

#### Datakilder:

1. Allerede motatte data fra kunde
2. Kart- og satelittdata Byggforvaltningsdata
3. Questbacks



Dataintegrasjon/finsiling:  
Beslutningslogikk  
uten manuelle prosesser



### Steg 3: Finanalyse av mest aktuelle bygg



Finanalyse:  
Detaljerte vurderinger  
og kostnadsvurderinger  
for prioritert 1 bygg.

### Steg 4: Resultat og visualisering



Resultat og visualisering:  
1. Interaktivt kart basert  
mest mulig på live inputdata.  
Alle steg leveres på en direkte  
integrerbar måte for  
visualiseringsverktøyet  
2. Forenklet sluttrapport som  
beskriver prosessen og  
forklarer leveransen

**Milepæl 1:**  
Omforent om  
metode

**Milepæl 2:** Omforent om resultat av steg 1:  
Bygg plassert i grønn/gul/rød kategori, basert på  
grove lønnsomhetsvurderinger, i tillegg til at de vil  
plasseres i et hierarki innad i hver kategori

**Milepæl 3:**  
Omforent om  
resultatenes  
godhet

**Milepæl 4:** Omforent  
om godhet av  
presenterte  
visualiseringer og  
beskrivelser

# Hvordan sørge for at resultatene av kartleggingen blir brukt?

## -Eksempel: Drammen Kommune

- Resultatene av kartleggingen er oppsummert i en egen presentasjon
- -Og i kommunens bygningsforvaltningsverktøy
- Investeringer i solceller kan følge «normal» vedlikeholdsplan

SKOLE, TEKNISK TILSTANDSVURDERING														
Oppdatert 16. apr 2020														
Skolebygg	Bygg	BTA (m <sup>2</sup> )	BTA (m <sup>2</sup> ) Miljø rapp.	Renh. (m <sup>2</sup> )	Renh. % andel bygg	Byggår	Byggnings type	Grunn, fundament, barneystem	Vinduer og ytterdører	Utvendig kledning/overflate, trapper	Ytterisk taketramer, nedløp	Spesialtekn. ved solceller (WWh/m <sup>2</sup> )	Solstrøm, produksjon per år (kWh)	Innvendig kledning (gulv, vegg, himling)
Vektet tilstand pr. bygningsdel								12 %	8 %	10 %	10 %			10 %
Vekting uten heis								13 %	8 %	11 %	11 %			11 %
Aronstøkk skole	Skolebygg	4 006	4 006	3 577	100 %	1974	Skole	0,4	0,7	0,7	1,9	127	36 704	2,3
Bragernes skole	Skolebygg	3 958	3 958	3 512	100 %	1977	Skole	0,3	0,8	0,3	2,3	131	196 453	0,7
Brandengen skole og flerbrukshall	Skolebygg	6 074	5 648	6 529	72 %	1914	Skole	0,6	0,3	0,2	0,2	135	116 112	1,5
Børresen skole	Skolebygg	6 570	6 570	6 223	100 %	1902	Skole	0,5	1,3	1,1	0,7			0,5
Danvik skole	Skolebygg	5 372	5 372	4 084	100 %	1922	Skole	0,8	1,0	0,7	0,5			0,8
Fjell skole NY	Skolebygg	5 710	5 710	10 000	100 %	2020	Skole	0,9	0,1	0,2	0,1			0,1
Frydenhaug skole	Skolebygg	3 022	6 440	6 440	100 %	2014	Skole	0,2	0,4	0,4	0,5			0,4
Galterud skole	Skolebygg	7 500	7 602	7 600	100 %	1978	Skole	0,3	1,5	0,5	0,7	131	223 919	1,5
Gulskogen skole	Skolebygg	8 255	8 355	7 494	100 %	2001	Skole	0,5	0,8	0,7	1,0	131	454 130	1,5
Hallermoen skole	Skolebygg	4 616	4 616	4 616	100 %	1974	Skole	1,5	0,6	1,2	0,9	139	221 197	0,9
Kjøsterud skole	Skolebygg	6 384	6 384	5 496	100 %	1969	Skole	0,5	0,8	0,5	0,6	131	142 637	0,7
Konnerud skole	Skolebygg	5 293	5 293	5 652	100 %	1934	Skole	1,5	0,4	0,3	0,5	134	97 152	0,3
Marienlyst skole	Skolebygg	6 454	6 485	5 483	100 %	2010	Skole	1,5	0,3	0,3	2,5	131	114 713	0,7
Nedre skole	Skolebygg	3 006	3 006	2 328	100 %	1916	Skole	1,9	0,5	0,9	1,0			0,5
Skoger skole	Skolebygg	5 273	5 273	5 273	100 %	1963	Skole	1,5	0,2	0,5	0,6	132	215 064	0,5
Svensedammen skole	Skolebygg	6 393	6 323	4 766	100 %	1983	Skole	0,8	1,0	0,8	1,7	133	76 890	1,1
Vestbygd skole	Skolebygg	3 062	3 179	1 431	100 %	1935	Skole	1,8	0,4	1,0	1,5	134	71 205	0,9
Øren skole	Skolebygg	5 585	5 585	6 200	100 %	1967	Skole	0,6	0,5	0,4	1,0			0,5
Åskollen skole + hall	Skolebygg	4 678	4 678	5 180	100 %	1964	Skole	0,8	0,8	0,5	0,3			0,5
Assiden skole	Skolebygg	4 930	4 930	3 403	100 %	1927	Skole	0,8	0,9	0,9	0,8			0,9
Eknes ungdomsskole	Skolebygg	4 387	1976				Skole	1,5	1,5	1,5	1,1	131	171 610	2,4
Killingrud ungdomsskole	Skolebygg	4 302	2001				Skole	0,2	1,5	0,7	1,0			1,5
Krokstad barneskole	Skolebygg	5 998	1957-1966				Skole	1,5	2,4	1,5	1,8	132	178 934	1,5
Mjøndalen barneskole	Skolebygg	7 265	1958-1976				Skole	0,8	2,3	1,5	1,5	144	249 205	1,6
Solberg barneskole	Skolebygg	6 968	2015				Skole	0,6	0,3	0,3	0,4	141	71 501	0,3
Steinberg barneskole	Skolebygg	3 284	1974-1986				Skole	0,7	1,5	2,3	1,0	154	255 169	1,0
Stenseth barneskole	Skolebygg	3 743	1983-1991				Skole	0,6	1,5	2,3	1,5	162	175 961	1,5
Veierengen ungdomsskole	Skolebygg	6 601	1962-1994				Skole	1,7	2,8	2,3	1,5			2,8
Asen barneskole	Skolebygg	3 355	1988-1997				Skole	0,5	1,5	1,5	1,8	147	161 628	1,6
Børger skole og barnehage	Skolebygg	1 660	1960-1974				Skole	1,0	0,9	0,9	0,8			0,8
Østestad barneskole (21/443)	Skolebygg	2 700	1984				Skole	1,5	2,3	1,7	3,0			2,3
Sveivik ungdomsskole (18/117)	Skolebygg	6 751	1969-2001				Skole	1,1	0,5	0,4	0,9	133	86 495	0,8
Tangen barneskole (34/79)	Skolebygg	3 800	1961-1976				Skole	1,0	0,6	1,0	1,5	140	123 695	1,6
Tømmeras barneskole (18/151)	Skolebygg	3 287	1989-2001				Skole	1,1	1,7	1,5	1,5	142	130 384	1,5
Gjennomsnitt pr. bygningsdel:		170 133		109 413	105 287			0,93	1,01	0,95	1,14			1,15



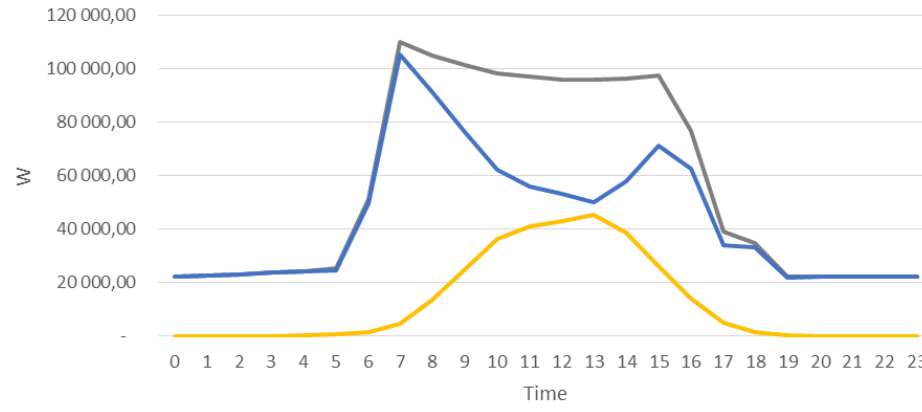
# Kjennetegn for lønnsomme solkraftprosjekter

- Bygget er egnet for solceller
  - Taket tåler vekten
  - Takmembran har lang gjenværende levetid
  - Riktig design i forhold til forbruk
  - God eksponering for sol
- Solcelleanlegget er godt tilpasset byggets energiforbruk
- Tydelig og nøyaktig teknisk beskrivelse for innkjøp
  - Lav risiko for tilbyder og kjøper
- God koordinering med evt andre innkjøp
  - Bytte/forbedring av tak
  - Utbedring/etterisolering av fasade

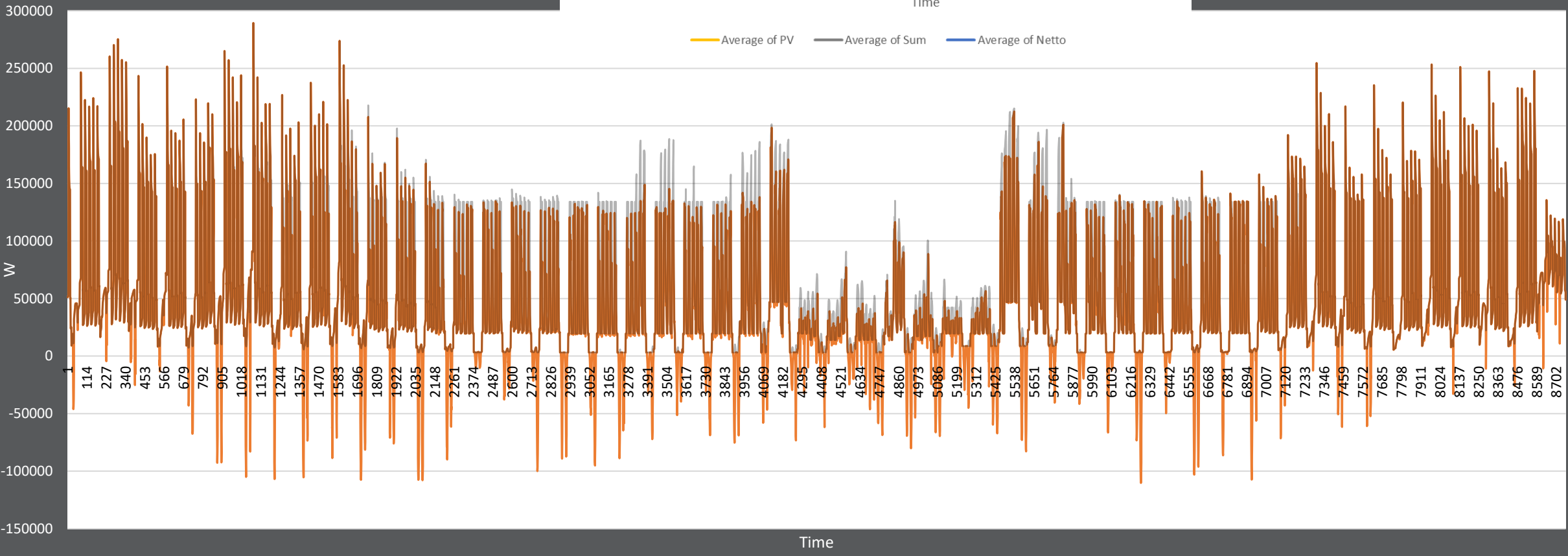


Solcelleanlegg på taket av brannstasjonen i Drammen, Foto: Drammen kommune

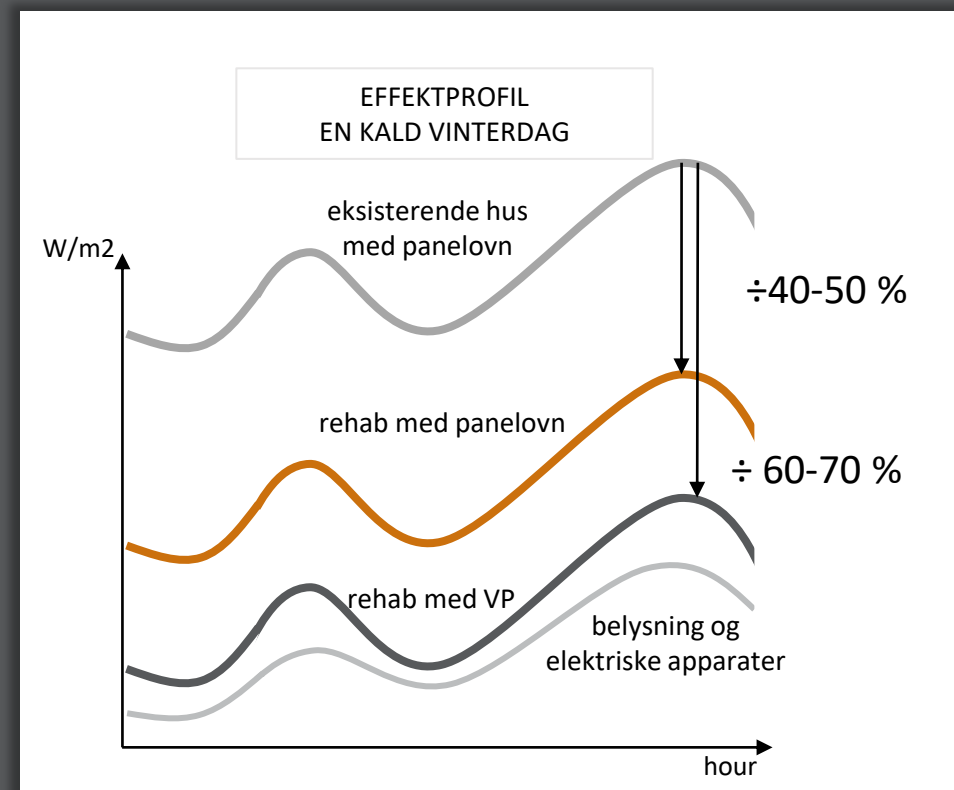
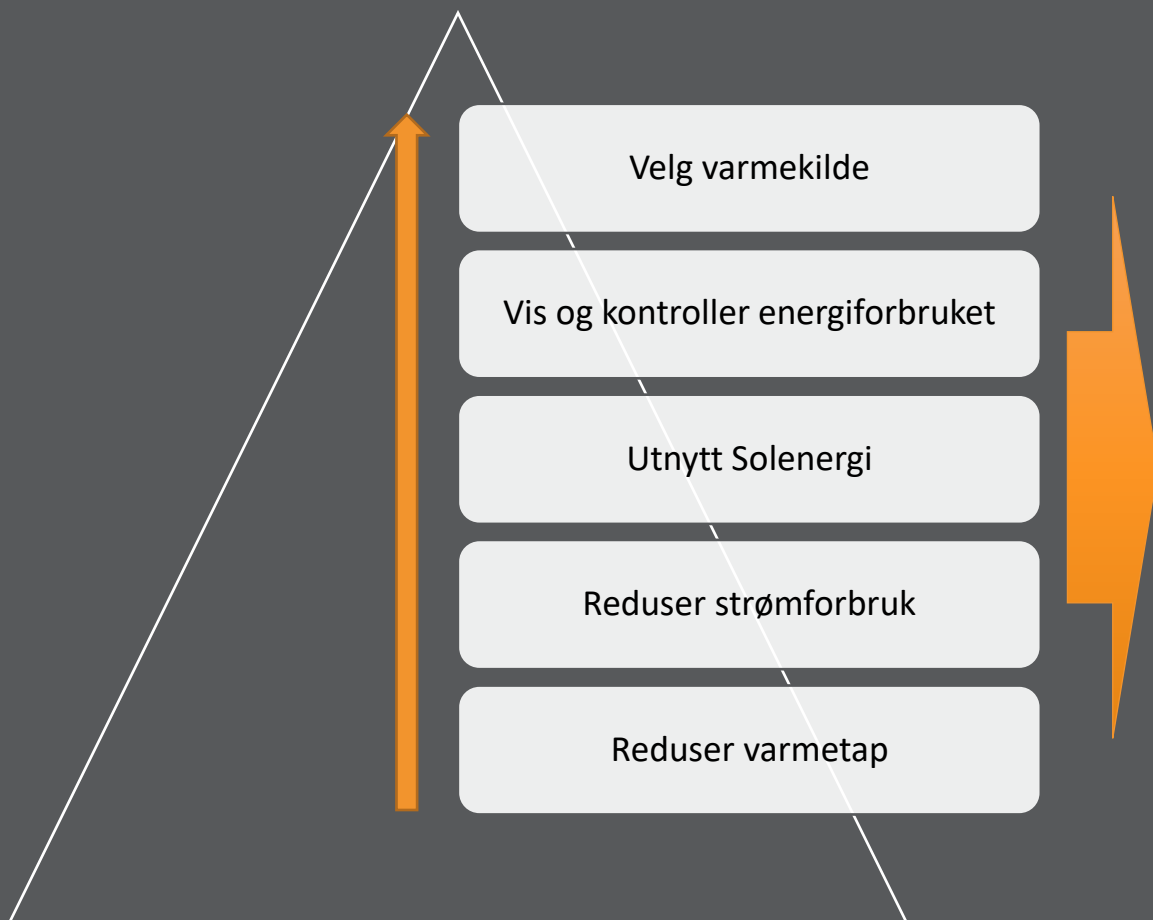
### Gjennomsnittlig dagsprofil for året



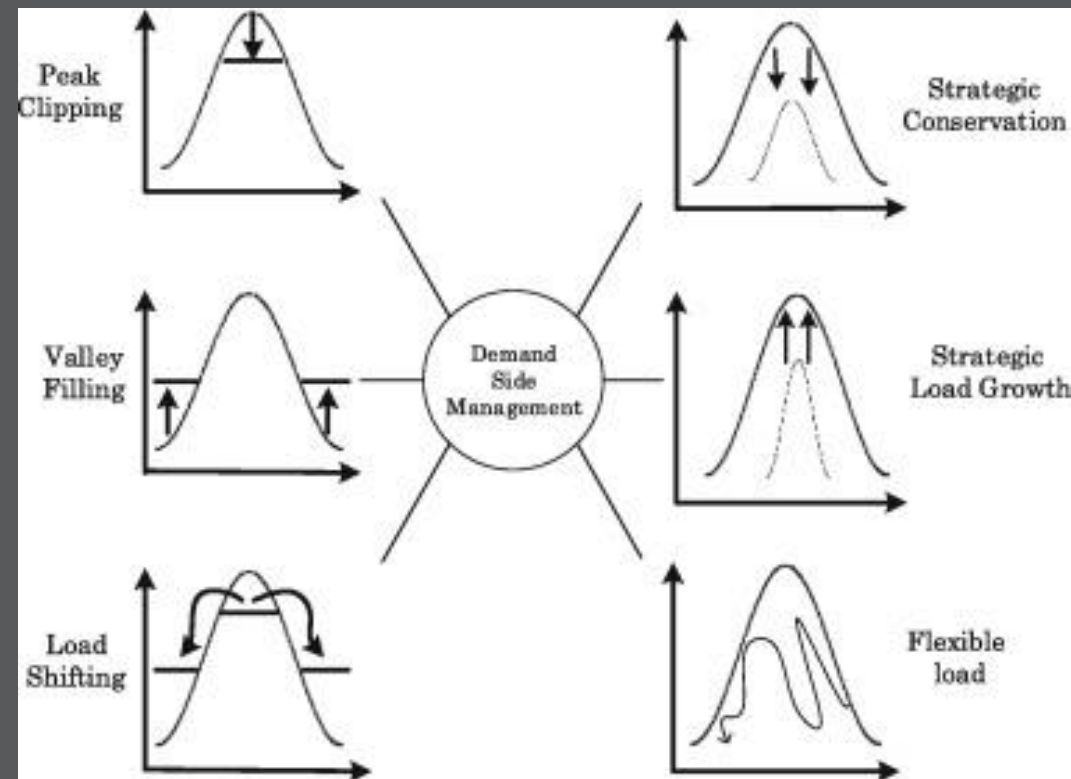
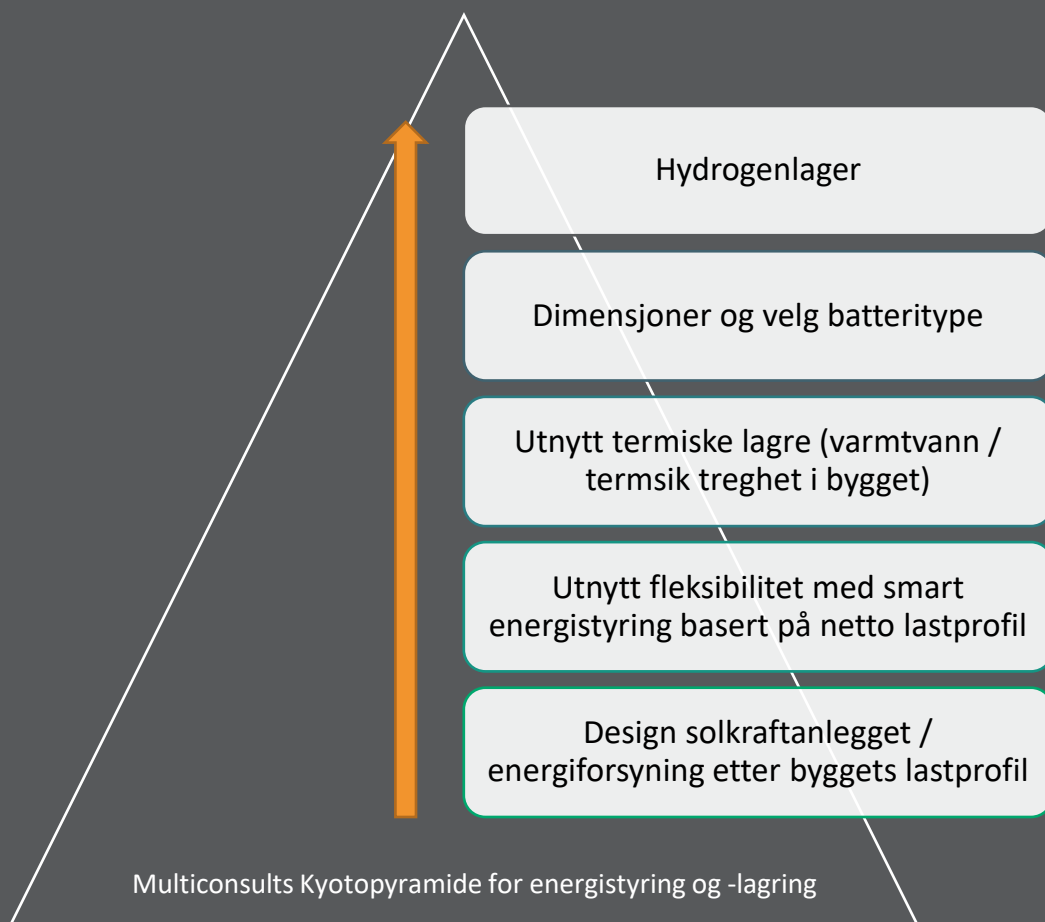
— Average of PV — Average of Sum — Average of Netto



# Effekt- og energibehov reduseres med god isolering



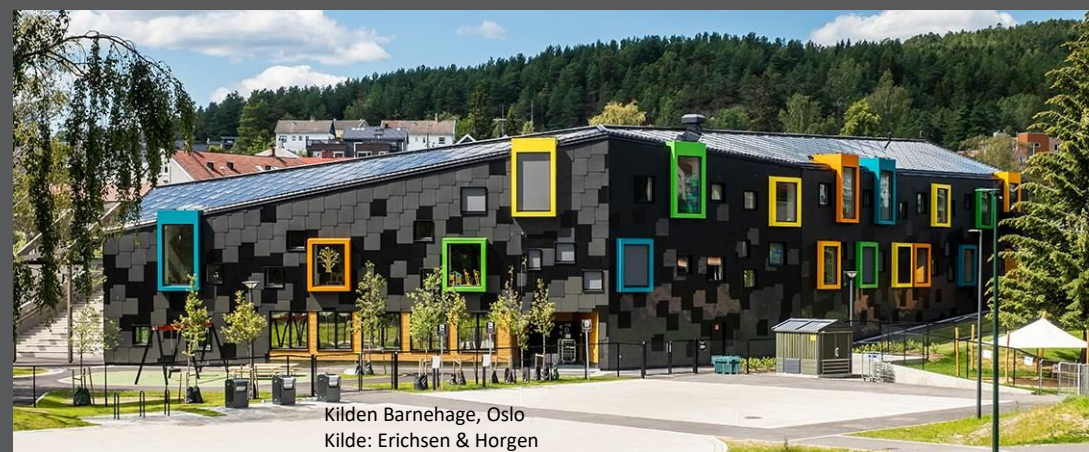
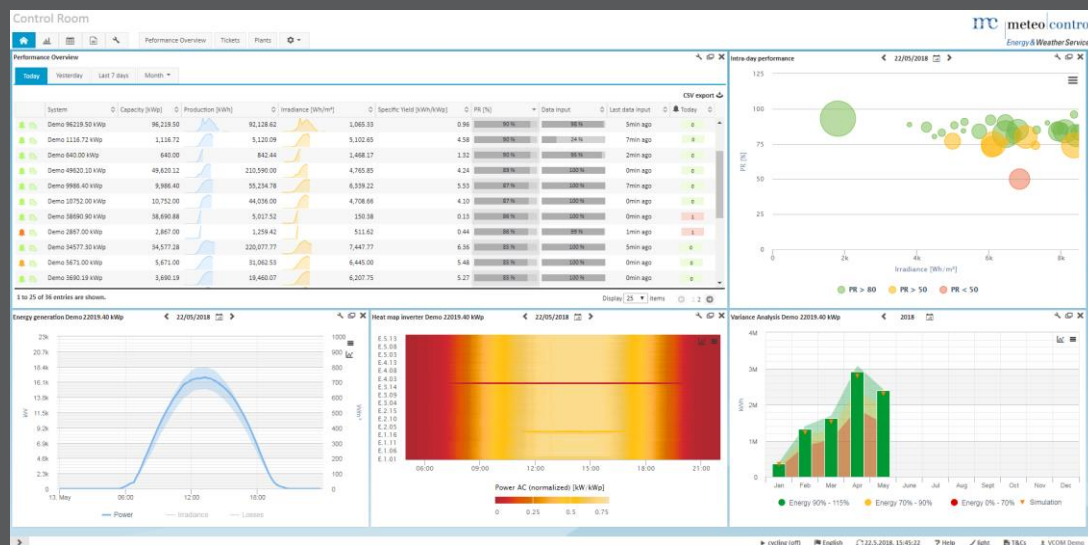
# Utnyttelse av fleksible laster og energilagring



Oskouei et al. *The role of coordinated load shifting and frequency-based pricing strategies in maximizing hybrid system profit*, Journal of Energy, 2017, pp 370-381

# Hva gjør du hvis dere lykkes?

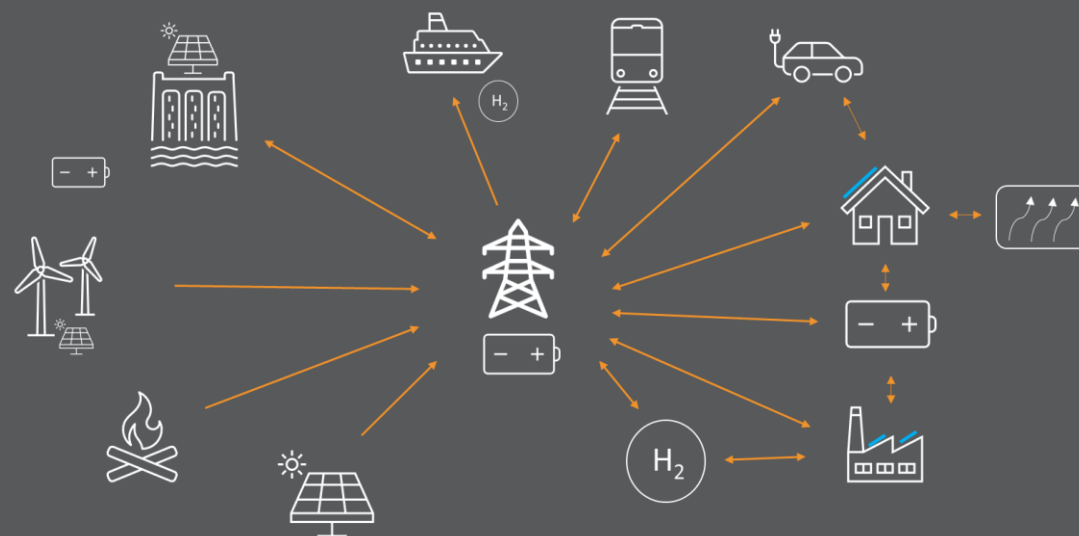
- For effektiv drift av mange solcelleanlegg bør kommunen kun ha én leverandør av driftssystem
- Nytt kommunalt kraftselskap..?





# Oppsummering

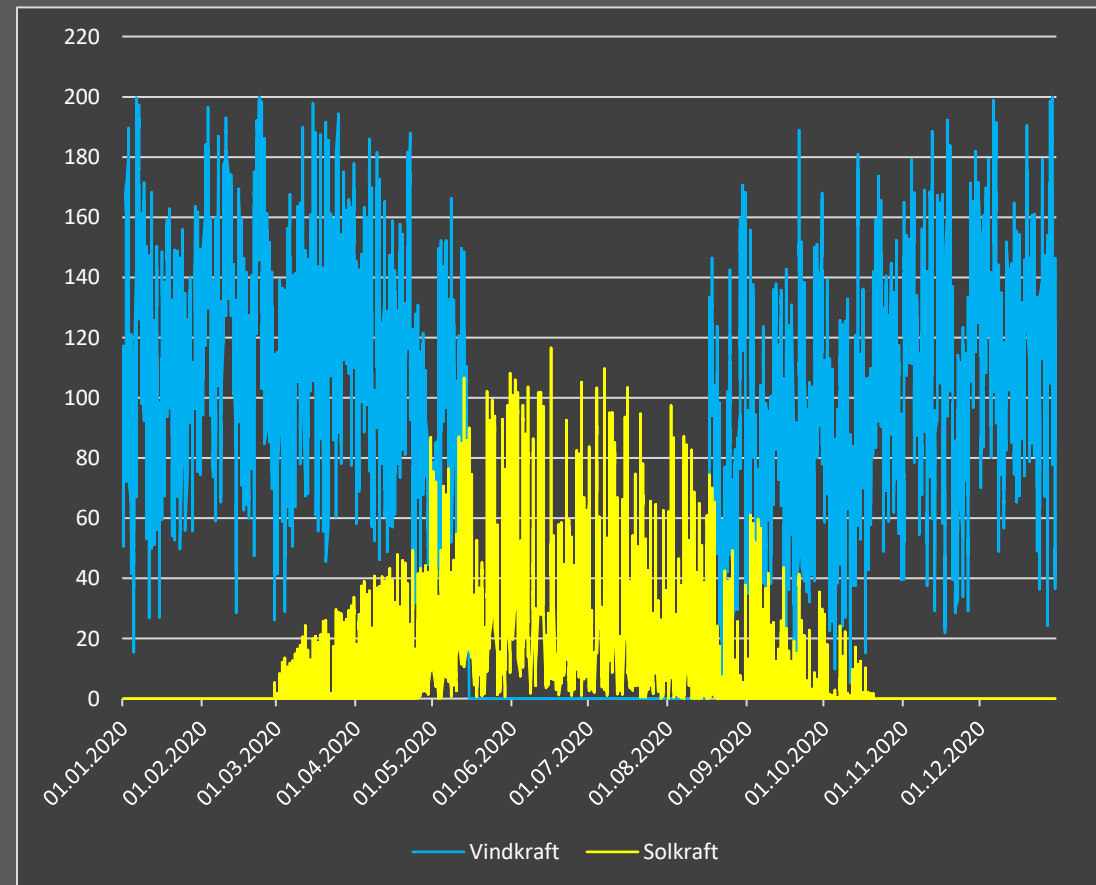
- Elektrifiseringen gjør at solkraft, ENØK og samspill mellom ulike teknologier blir viktigere i energisystemet
- Solenergi er lønnsomt – eller kan gjøres lønnsomt ved å velge de riktige prosjektene
- Solenergi og ENØK gir lavere og mer forutsigbare energiutgifter



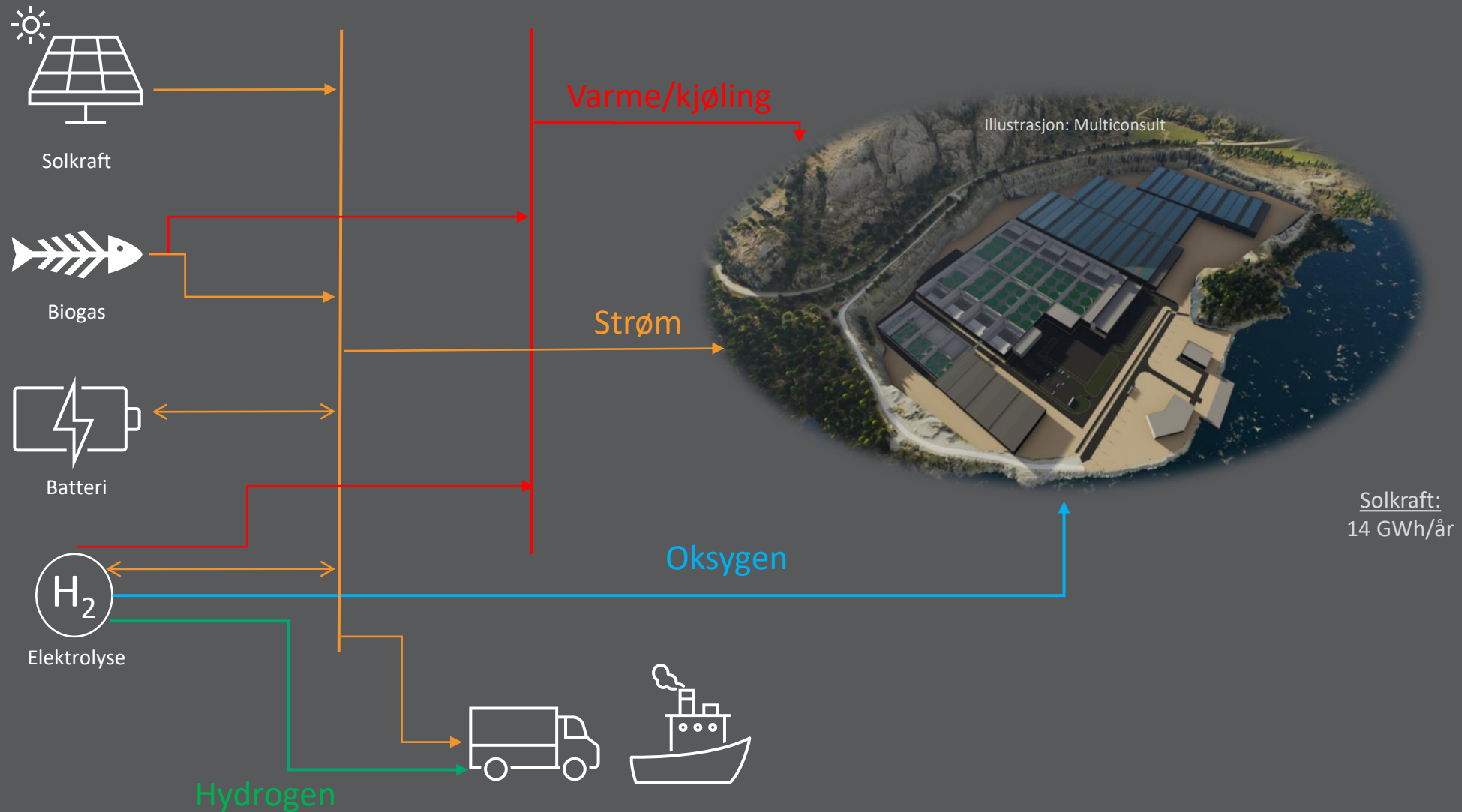
Ekstra...

# Spørsmål

- -Norge har mye skog - kan disse ressursene brukes? Oppvarming fra pelletsover for eksempel? Hva med lønnsomheten i dette?
- -Hva med biogassanlegg der man utnytter for eksempel kloakk eller avfall?
- -Kan små vindkraftverk være aktuelle for eksempel i tilknytning til områder med mye næringsvirksomhet?



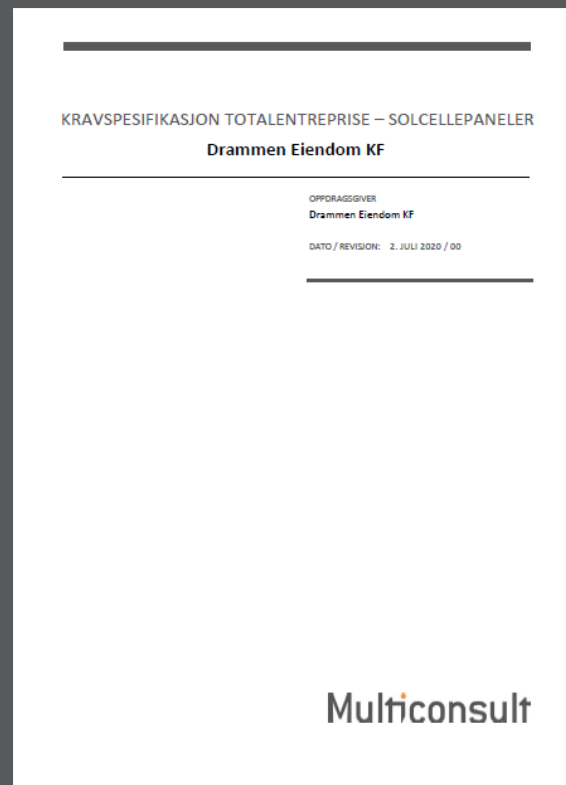
# Eksempel: Ecofisk – Landbasert fiskeoppdrett



# Innkjøp av solcelleanlegg

- Standardisering
  - Innkjøpsrutiner for solcelleanlegg
  - Innkjøpsbeskrivelser
- Tydelig beskrivelser
- Tydelige grensesnitt
- Tydelig ansvarsavklaring

En god innkjøpsbeskrivelse  
reduserer risikoen og kostnaden  
 for alle parter





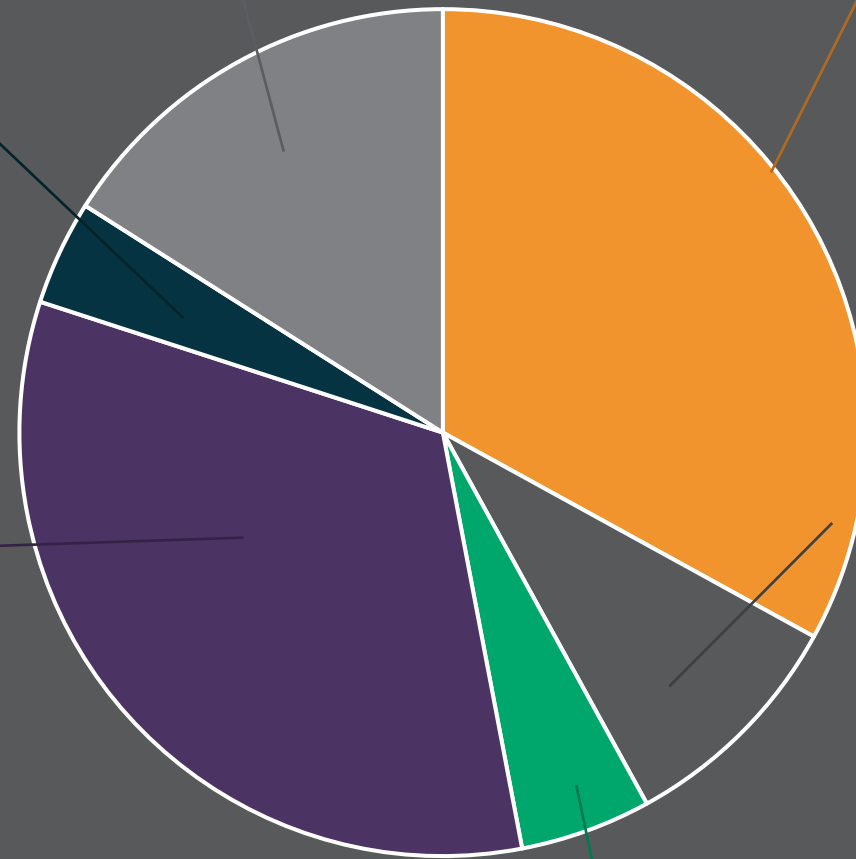
# Trender - Bygg

**Transport og annet**

- Digitalt salg
- Integreert verdikjede

**Installasjonsarbeid**

- Økt grad av spesialisering



**Inverter**

- Si-karbid / 1 500 V
- Smarte funksjoner
- Kobling mot batterier

**Modul**

- Diversifisering
- 1 000 V / 1500 V
- Økt virkningsgrad
- Mono-silisium
- Miljøkrav
- Flere farger (BIPV)

**Monteringsystem**

- Prefabrikert
- Klikk-basert montasje
- Semi-BIPV og BIPV
- Miljøkrav

**Kabler og el-utstyr**

- 1000 V / 1 500 V

# Trender - Solkraftverk

## Inverter

- Si-karbid / 1 500 V
- Større stasjoner
- Kobling mot batterier

## Transport og annet

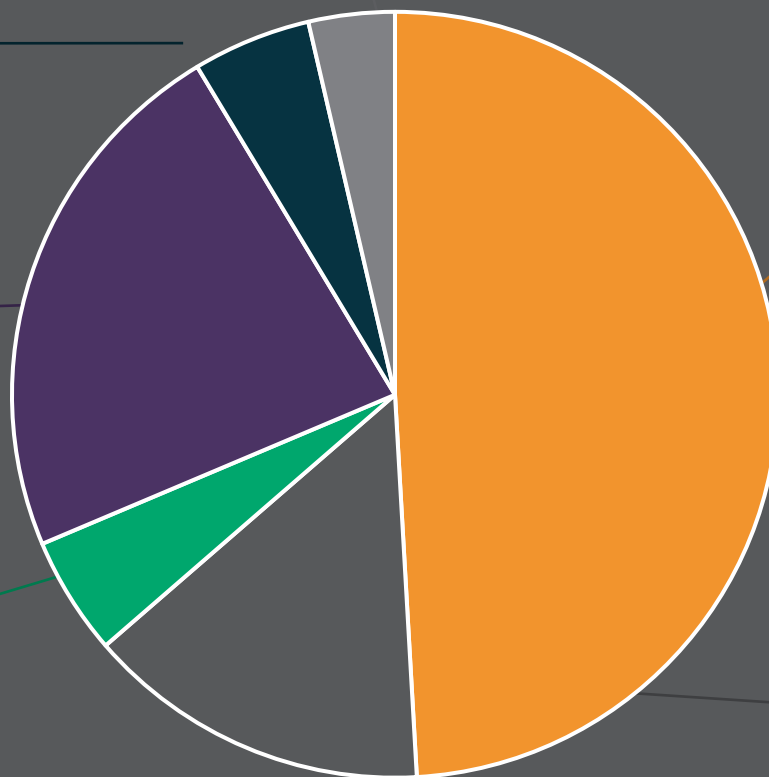
- Integreert verdikjede

## Installasjonsarbeid

- Økt grad av spesialisering

## Kabler og el-utstyr

- 1 500 V



## Modul

- Diversifisering
- 1500 V
- Økt virkningsgrad
- Større moduler
- Mono-silisium

## Monteringssystem

- Prefabrikert
- Klikk-basert montasje
- Designet for bi-facial



Illustrasjon: Multiconsult

## Ecofisk - Landbasert settefiskanlegg i Espevik

Bærekraftig energisystem sentralt:

- Markedsetterspørsmål
  - Lønnsomhet (IRR = 7%)
  - Enkelt og driftssikkert
- > Solkraft sentralt tiltak



# Energiteknologi blir bedre og billigere

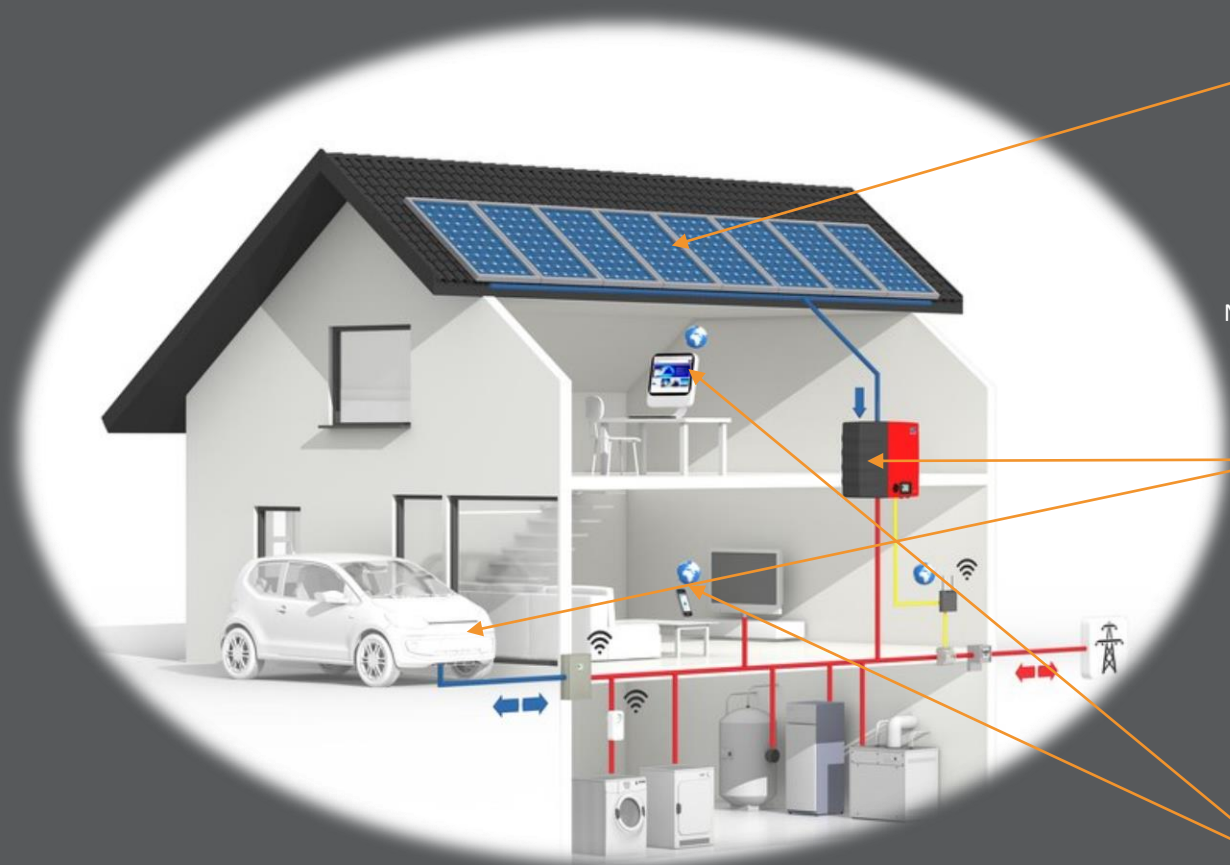
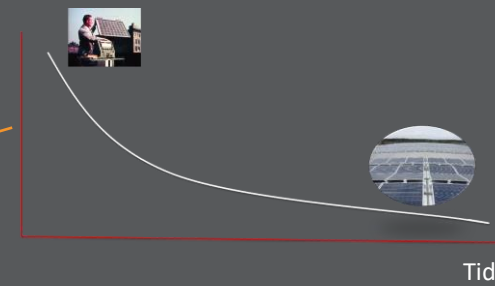


Foto: SMA

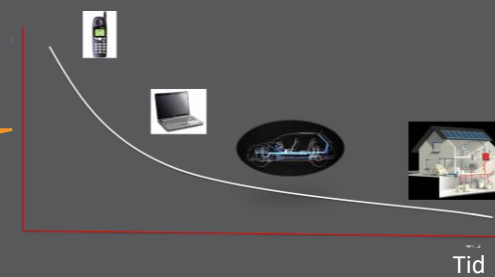
NOK/kWp

Solceller (PV)



NOK/kWh

Batterier



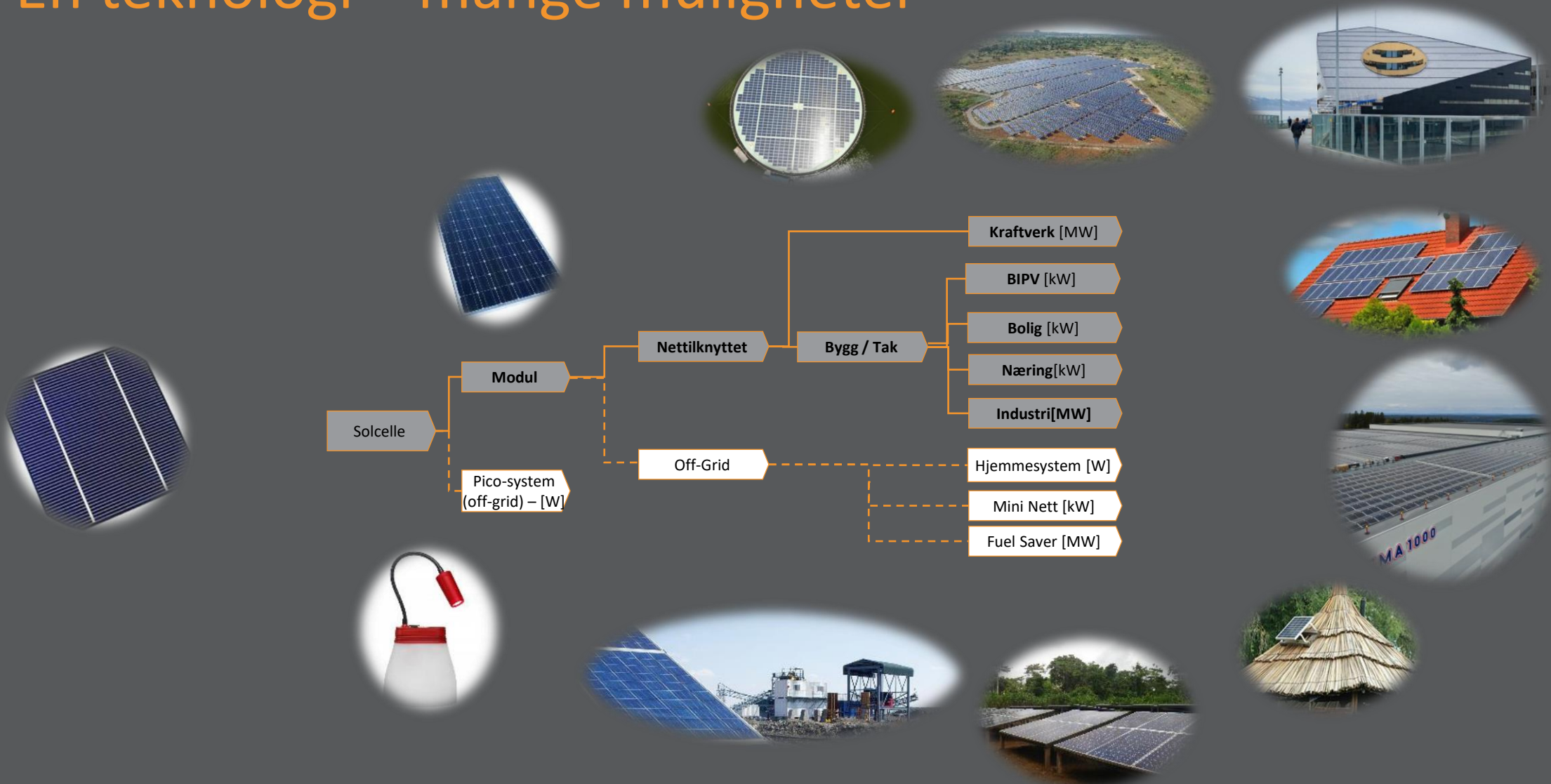
NOK/GB

IT / datakraft





# Én teknologi – mange muligheter





# Industrikraftverk

- Større enn 500 kWp
- Kostnader: 5 – 7 NOK/Wp (eks. mva.)
- Flate tak med aerodynamiske montasjesystemer / ballast
- Vekselretter plasseres normalt i teknisk rom eller utendørs på tak
- Spesifikk ytelse: 600 – 750 kWh/kWp
- Byggetid: uker / måneder



Kostnadsfordeling Industribygg

