

# SCENARIER TIL STRATEGISK ENERGI PLAN

BORNHOLMS REGIONSKOMMUNE, SEP. 2020

**Titel: Scenarier til Strategisk Energi Plan**

**Beskrivelse:** Scenarierne til den strategiske energiplan er udarbejdet i et partnerskab mellem BEOF, Bornholms Regionskommune og Logics.

**Revision:** 2

**Dato:** 16.september 2020

**Udarbejdet af:**

Daniel Karnøe, Logics,

Poul Mose Johansen, Logics,

Hans Henrik Ipsen, BEOF

Torben Jørgensen, BEOF

Anna Sofie Poulsen, BEOF

Mads Boss, BRK

Jens Hansen, BRK

Jesper Preuss Justesen, BOFA

## 1. Baggrund

Kommunalbestyrelsen har d. 26. marts 2020 vedtaget Kommissorium for Ny energipolitik og energistrategi for Bornholm. Med udgangspunkt i BGTI-simuleringsmodellen skal der udarbejdes et antal fremtidsscenarier på energiområdet til brug for at fastlægge mulige og realistiske visioner og strategier. ”.

BGTI-simuleringsmodellen er resultatet af et langvarigt samarbejde mellem BRK, BEOF og Logics. Modellen er senest blevet opdateret i april 2020, og det er denne udgave af modellen med baseline 2019, der har dannet grundlag for de simulerede scenarier. Bornholms Regionskommune har udarbejdet rammerne for opgaven, og beskrevet en række scenarier, der ønskes belyst. I det følgende beskrives de simulerede scenarier samt deres forudsætninger, data og resultater.

## 2. Opgaven

Afsnittet præsenterer de løsninger (scenarier), der er besluttet afprøvet af Bornholms Regionskommune, som skal danne rammen for det videre forløb med den strategiske energiplanlægning for Bornholm.

### 2.1. Scenarier

I nedenstående fremgår en oversigt over de scenarier, som er afprøvet i simuleringsmodellen for at danne et billede af effekten af de ændringer, hvert scenarie byder på.

Scenarierne er i udgangspunktet defineret af BRK, jfr projektdokumentet ”*Bilag 3 Beskrivelse af simuleringer.xlsx*”, og oversigten nedenfor angiver de resulterende scenarier som arbejdsgruppen i fællesskab har defineret.

	Betegnelse / kørsel nr.	Indhold
Scenarie 0: Afklaring af muligheder nu og frem mod 2032	Ref20 (0a) Referencescenarie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baseline 2019</li> <li>• +Kablets residualel - CO2-emissionfaktor følger 2020-tal fra Energistyrelsen</li> <li>• +20 MW solceller</li> </ul>
	0b	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref20</li> <li>• +Alle personbiler på el</li> <li>• +Alle oliefyr til varmpumpe</li> </ul>
	0c	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref20</li> <li>• +Alle personbiler på el</li> <li>• +Alle oliefyr til varmpumpe</li> <li>• +yderligere 30 MW solceller</li> </ul>
	0d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref20</li> <li>• +Alle personbiler på el</li> <li>• +Alle oliefyr til varmpumpe</li> <li>• +300 MW solceller</li> </ul>
	0e	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref20</li> <li>• +Alle personbiler på el</li> <li>• +Alle oliefyr til varmpumpe</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• +300 MW solceller</li> <li>• +Elbiler kan afgive strøm</li> </ul>
	Ref32 / 0f	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scenarie 0c</li> <li>• +Blok 6 væk</li> <li>• +BOFA væk</li> <li>• +kun 3 vindmøller (3x2,3MW Tornbymøller)</li> <li>• +Residualel, CO2-emissionfaktor følger 2032-tal fra energistyrelsen</li> </ul>
	0g	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref32</li> <li>• +Geotermi i Rønne samt 17 MW flisværk</li> </ul>
	0h	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref32</li> <li>• +5 MW varmepumpe i Rønne + elkedel til spidslast</li> </ul>
Scenarie 1: 100 MW havvindmøller	Ref1 / 1a	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref32</li> <li>• +100 MW Havvindmøller</li> </ul>
	1b	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref1</li> <li>• + 5 MW varmepumpe i Rønne + elkedel til spidslast</li> </ul>
	1c	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref1</li> <li>• + 5 MW varmepumpe i Rønne</li> <li>• + P2X anlæg (1000 MW)</li> </ul>
	1d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref1</li> <li>• + 5 MW varmepumpe i Rønne</li> <li>• + P2X anlæg (500 MW)</li> <li>• +varme fra P2X til Rønne</li> </ul>
	1e	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref1</li> <li>• + 5 MW varmepumpe i Rønne</li> <li>• + P2X anlæg (5 MW)</li> <li>• + varme fra P2X til Rønne</li> </ul>
	1f	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref1</li> <li>• + 5 MW varmepumpe i Rønne</li> <li>• + P2X anlæg (25 MW)</li> <li>• + varme fra P2X til Rønne</li> </ul>
	1g	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref1</li> <li>• + 5 MW varmepumpe i Rønne</li> <li>• +3.5 MW varmepumpe i Hasle</li> <li>• +3 MW varmepumpe i Nexø</li> <li>• +1,5 MW varmepumpe i Østerlars</li> <li>• Elkedler til spidslast i områderne</li> <li>• Øvrig transport elektrificeret</li> </ul>
Scenarie 2: 2 GW havvindmøller i 2030	Ref2 / 2a	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref32</li> <li>• +2 GW kabler til nabolande</li> <li>• + 5MW varmepumpe i Rønne</li> <li>• +2 GW havvindmøller</li> </ul>
	2b	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref2</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• + P2X anlæg</li> </ul>
	2c	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref2</li> <li>• + P2X anlæg</li> <li>• + varme fra P2X der afsættes i Rønne</li> </ul>
	2e	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref2</li> <li>• + P2X anlæg</li> <li>• + varme fra P2X til Rønne</li> <li>• + varme kan oplagres</li> </ul>
	2f	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref2</li> <li>• + P2X anlæg</li> <li>• + varme fra P2X til Rønne</li> <li>• + varme kan oplagres</li> <li>• + tunge køretøjer på P2X</li> <li>• + færge på P2X</li> </ul>
	2g	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref2</li> <li>• + P2X anlæg på 5 MW</li> <li>• + varme fra P2X der afsættes i Rønne</li> </ul>
	2h	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref2</li> <li>• + P2X anlæg på 25 MW</li> <li>• + varme fra P2X der afsættes i Rønne</li> </ul>
	2i	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ref2</li> <li>• + 5 MW varmepumpe i Rønne</li> <li>• +3.5 MW varmepumpe i Hasle</li> <li>• +3 MW varmepumpe i Nexø</li> <li>• +1,5 MW varmepumpe i Østerlars</li> <li>• Elkedler til spidslast i områderne</li> <li>• Øvrig transport elektrificeret</li> </ul>

### 3. Forudsætninger og data

Alle forudsætninger og data er, som udgangspunkt, beskrevet ift. baseline, men vil forsat være gældende i de scenarier, der afprøves, medmindre andet oplyses. Til hvert scenarie kan der være yderligere aspekter, der gør sig gældende og nævnes i den sammenhæng.

#### 3.1. Vejrdata

Modellen er med nyeste baseline opdateret til vejrdata anno 2019, som er leveret via DMI fra 3 målestationer på Bornholm:

- Rønne Lufthavn, Station nr. 619000
- Hammer Odde, Station nr. 619300
- Nexø Vest, Station nr. 619700

Vejrdataene anvendes på to måder:

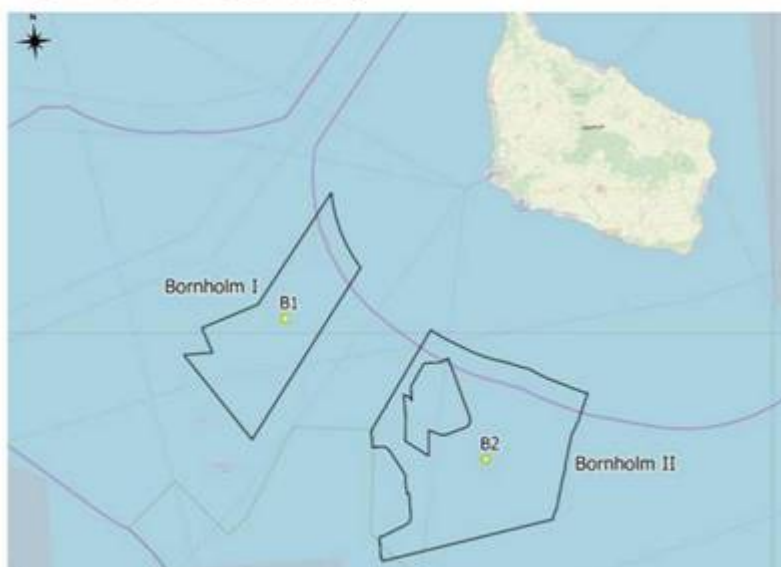
- Til at danne forbrugsmønstrene for varme i de forskellige boliger ift. opvarmningstype ift. temperaturen over året.
- Til energiproducerende enheder som solceller og landbaserede vindmøller, der leverer en effekt baseret på hhv. solintensiteten og vindstyrken.

Udover vejrdata fra DMI, suppleres projektet af indhentet vinddata leveret af EMD fra de to områder i Østersøen, der er på tegnebrættet som mulig placering af nye havvindmøller ifølge Energistyrelsens undersøgelse "FINSCREENING AF HAVAREALER TIL ETABLERING AF NYE HAVMØLLEPARKER MED FORBINDELSE TIL ENERGIØ/HUB" fra maj 2020. Vinddataene indeholder vindhastigheder i 150 meters højde i de udvalgte områder, hvilket er mere retvisende end de landbaserede data.

Til scenarierne med havvindmøller anvendes vinddata fra området **Bornholm 1** i 2019.

Bornholm I+II	X	Y
1	836484	6101879
2	862616	6083595

(UTM Nord - ETRS89 Zone 32).



### 3.2. BBR-data som grundlag for private husholdninger

Det er BBR-data suppleret af forsyningsdata, der danner grundlaget for private husstande på Bornholm, hvorigennem det har været muligt at fastslå:

- Antal husstande
- Personer pr. husstand
- Opvarmingskilde

### 3.3. Procesenergi

Procesenergi dækker over en række af Bornholms produktionsvirksomheder, der anvender energi i forbindelse med deres produktion. Det gælder følgende:

- Danish Crown
- Bornholms Andelsmejeri
- Victor Vask
- Jensen Danmark (Rønne)
- Hasle Refractories
- Small Batch Bornholm
- Svaneke Bryghus
- Ole Almeborg A/S
- PL Beton
- Beck Pack

BEOF har foretaget en kortlægning af virksomhedernes forbrug af fossilt brændsel, og på baggrund af denne anslås det, at summen af anvendt energi, udleder 5000 tons afgiftsbelagt CO<sub>2</sub>. I modellen integreres procesenergi i baseline, og vil være uændret i alle scenarier.

Der er således mulighed for at vurdere, hvorvidt procesenergien helt eller delvist kan erstattes af eventuel overskydende energi på øen, når der forelægges viden herom efter endt simulering.

### 3.4. Transport

Transport indgår ikke som en dynamisk del af simuleringens modellens baseline. Der er i stedet foretaget en række beregninger på baggrund af tal fra bilstatistik.dk samt oplysninger fra landbruget, som tilsammen dækker det forventede bidrag fra køretøjer. Transport er afgrænset til at dække kørsel på øen, og omfatter således ikke skibs- og flytransport.

Transport bidrager med 70.280 tons sort CO<sub>2</sub> pr. år i baseline. Tallet reduceres i de scenarier, hvor el-biler implementeres i modellen svarende til personbilens andel.

Elbilerne implementeres, så den eksisterende personbilpark erstattes 100%, og der anvendes en fordeling til kørselsmønstre baseret på veldokumenteret data fra tidligere projekter. Det betyder, at elbilerne indgår som en dynamisk faktor i forbruget afhængigt af kørsel, og ligeså i produktionen i det scenarie, hvor el-bilernes batterier kan levere tilbage til nettet.

Øvrig transport, der dækker alle køretøjer udover personbiler incl landbrugsmaskiner, elektrificeres i to scenarier hhv. 1g og 2i, og indgår således som et forbrugselement i simuleringerne i de nævnte scenarier. Forbruget er implementeret med et jævnt træk fra elnettet over hele året, der udgør ca. 48.000 MWh. Forbruget er baseret på det opgjorte forbrug af benzin

og diesel, og konverteret fra fossile brændsler til el med samme omregningsfaktor som for personbiler.

### 3.5. Generelt om energiproduktion på Bornholm i modellen

Modellen afdækker øens egen produktion af el og varme, og rummer således det centrale kraftvarmeværk i Rønne, Rønne Varmes reservelast, varme fra affaldsforbrænding, de decentrale varmeværker, biogasanlægget, varmekilder til individuel opvarmning samt vedvarende energikilder. I nedenstående liste fremgår, de i modellen, medtagne energikilder:

Varmeværker	• BEOF, centralt kraftvarmeværk
	• BOFA, varme fra affaldsforbrænding
	Decentrale værker:
	• Rønne Varme, reservelast på olie
	• Hasle varmeværk, flis
	• Klemensker varmeværk, halm
	• Østerlars varmeværk, halm
	• Bornholms bioenergi, biogas til el og varme
	• Aakirkeby varmeværk, flis
	• Lobbæk varmeværk, reservelast på træpiller
• Nexø varmeværk, halm	
Individuel opvarmning	• Centralvarme (f.eks. oliefyr)
	• Varmepumpe
	• Biomasse (brændeovn)
	• Elvarme
	• Sekundær varme
Vedvarende Energi, VE	• Vindmøller
	• Solceller

Varmeværkerne indgår i forskellige distributionsnet afhængigt af, hvor de er placeret geografisk. Værkerne indgår således i forsyningen i deres respektive distributionsnet efter en prioriteret rækkefølge for, hvornår de kobler ind i forhold til varmebehovet.

Værkerne har dertil deres egen driftslogik, der indeholder data bl.a. vedr. ydelsesområde og brændselsmiks. For alle produktioner er der taget udgangspunkt i normal drift, således at modellen afdækker det typiske energisystem hen over året for Bornholm. Ovenstående liste er et udtryk for simuleringens modellens baseline, og tager således ikke højde for de ændringer og tilføjelser, der er beskrevet i de enkelte scenarier.

### 3.6. Sjø-kablet: Eksisterende forbindelse til Sverige

Kablet anvendes til at opfylde øens strømbehov ved at importere, når der ikke produceres nok el på Bornholm. Samtidigt fungerer det også som eksportvej for overskudsproduktion af strøm væk fra øen. Kablet er begrænset til 56 MW, og energi der overstiger kapaciteten går tabt i modellen, men registreres.



Når vi regner på CO<sub>2</sub> i den el, der importeres til Bornholm, anvender vi, som i det hidtidige arbejde med Energistrategi, den af Energistyrelsens anviste metode for Strategisk Energiplanlægning. Dette er vigtigt for at bevare systematikken fra de foregående år. Den regnes kun med bidrag af "sort" CO<sub>2</sub> fra kablet.

Energistyrelsen har i 2016 lavet en fremskrivning af indholdet af CO<sub>2</sub> i den strøm, vi importerer, den såkaldte residual-el. I henhold til Energistyrelsens metode bliver CO<sub>2</sub> fra el-produktion med fossile brændsler på centrale kraft-varme-værker (værket i Rønne er et sådant centralt værk) tillagt de centrale pulje af "residual-CO<sub>2</sub>", som kun belaster den importerede el med CO<sub>2</sub>. Med Energistyrelsens regnemetode er der således ingen CO<sub>2</sub> fra el-produktionen på Bornholm, bortset fra CO<sub>2</sub> i den strøm, Bornholm importerer. Denne metodik anvendes også i BRKs CO<sub>2</sub>-regnskab.

CO<sub>2</sub> i import fra Søkablet følger Energistyrelsens fremskrivning af residuelel-faktoren i perioden 2016-2035. Det betyder, at modellen anvender referencedata fra 2020 og 2032, hvor tallene er som nedenstående:

År	Residuelel CO <sub>2</sub> -emissionsfaktor (g/kWh)	VE-andel
2020	211	76%
2032	126	86%

Baseline og REF20 scenarier (scenarie 0a-0e) anvender således data fra 2020, mens scenarier baseret på REF32 (Scenarie 0f-2f) anvender data fra 2032.

### 3.7. Balancering af el

Søkablet anvendes til balancering af produktion og forbrug af strøm på Bornholm, men suppleres i flere scenarier af muligheden for at afsætte overskudsstrøm til elektrolyse ifm. P2X.

I de scenarier, hvor P2X er til stede, så prioriteres anvendelse af overskudsstrøm til elektrolyse forud for en eksport til andre lande.

### 3.8. Vindmøller og solceller

I baseline er Bornholms nuværende landvindmøller og solceller implementeret med den effekt, som er til rådighed primo 2020 og gengivet i nedenstående tabel:

VE kilde	Kapacitet
Sol	23,4 MW
Vind	36,7 MW

Solcellerne er knyttet til vejrdata fra DMI vejrstation Nexø Vest, mens landvindmøllerne er opdelt i to grupperinger, der er tilknyttet vejrstationerne i hhv. Hammer Odde og Rønne Lufthavn.

I scenarierne med nye havvindmøller, er produktionen kalibreret således at vindmøllerne har ca. 5.100 fuldlasttimer.

### **3.9. Forbrug**

Varmeforbrugsmønstre for husstande dannes på baggrund af BBR og vejrforhold, og er således et produkt af disse data. Mønstrene påtrykkes modellens boligmasse iht. de respektive opvarmningskilder, hvilket skaber et behov, der udløser en produktion af varme hos tilknyttede kilder i prioriteret rækkefølge.

Strømforbruget er dannet på baggrund viden om normforbrug ift. størrelsen af en husstand samt faktiske data fra energinet.

Transportsektoren bidrager også med et energiforbrug, men er jf. afsnittet om transport inkluderet via statiske beregninger, bortset fra scenarier hvor el-biler eller øvrig transport indgår i scenariet. I disse tilfælde indgår transportensom en kombination af beregninger og modelresultater.

### **3.10. Kalibrering og verifikation**

Baseline modellen er kalibreret med tal fra 2019 i forbindelse med en opdatering af baseline i samarbejde med Bornholms Regionskommune i foråret 2020. Her blev produktionen fra værker og VE-produktionsenheder samt forbruget opdateret og kalibreret i forhold til faktiske data fra 2019. Det bemærkes, at Bornholms Bioenergi (tidl. Biokraft) blev ombygget og opdateret i løbet af 2019. Dette har medført at Bornholms Bioenergi har øget det maksimale output til det dobbelte. Dette indgår i simuleringerne fra scenarie ref 20 #0a.

### **3.11. P2X i modellen**

Det er valgt som en afgrænsning af simuleringerne, at vi i dette arbejde har begrænset P2X til produktion af brint. Dette er gjort ud fra den betragtning, at brint er et naturligt første trin i P2X processer, og repræsenterer den mest generiske form for energi i P2X sammenhæng. Produktionen af brint i de udvalgte scenarier bør derfor betragtes som repræsenterende en energimængde, der kan videreforarbejdes til andre energiformer.

### **3.12. Oversigt over indhold i scenarier**

I nedenstående tabel er lavet en skematisk oversigt, der viser hvile elementer/teknologier, der er medtaget i de forskellige scenarier.

Oversigt – Indhold i scenarier:

Scenarie	0: afklaring af muligheder nu og frem mod 2032									1: 100 MW havvindmøllepark						2: 2 GW havvindmøllepark							
	Ref20 #0a	Ob	Oc	Od	Oe	Ref32 #0f	Og	Oh	Ref1 #1a	1b	1c	1d	1e	1f	1g	Ref2 #2a	2b	2c	2e	2f	2g	2h	2i
Sigende beskrivelse	Baseline 2019	Ref20=Baseline+Biogas ombygget +20 MW sol	Ref20+elbiler, små varmepumper	Ref20+20 MW sol, elbiler, små varmepumper	Ref20+280 MW sol, elbiler, små V2G, små Varmepumper	Ref20+280 MW sol, elbiler og V2G, små Varmepumper	Ref32=Baseline+Biogas ombygget+50 MW sol, +30 MW vind, +BOFA, +BLOK6	Ref32+Geotermi og flisværk	Ref32+5 MW varmepumpe + elkedel	Ref32#1=Baseline+Biogas ombygget+50 MW sol+30MW vind +100 MW offshore vind, +BOFA, +BLOK6	Ref32#1+5 MW varmepumpe + elkedel	Ref32#1+5 MW varmepumpe + elkedel+P2X	Ref32#1+5 MW varmepumpe + elkedel+P2X+varme	1d: PTX reduceret til 5 MW	1d: PTX reduceret til 25 MW	2c: - PTX, øvrige varmeværker omlagt til varmepumpe + elkedel, øvrige transport omlagt til el	Ref32#2=Baseline+Biogas ombygget+50 MW sol+30MW vind+2000 MW offshore vind+ interconnectors	Ref32#2+P2X	Ref32#2+P2X-varme til Rønne	Ref32#2+P2X-varme til Rønne-varmelager + elager) + t	2c: PTX reduceret til 5 MW	2c: PTX reduceret til 25 MW	2c: - PTX, øvrige varmeværker omlagt til varmepumpe + elkedel, øvrige transport omlagt til el
Søkelabel CO2 emmissionsfaktor 2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2032	2032	2032	2032	2032	2032	2032	2032	2032	2032	2032	2032	2032	2032	2032	2032	2032
Solceller [MW]	23	43	43	73	343	343	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73.4	73.4	73.4	73.4
Vindmøller landbaserede [MW]	37	37	37	37	37	37	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Vindmøller offshore [MW]									100	100	100	100	100	100	100	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Alle personbiler på el			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Alle oliefyr til varmepumpe			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
V2G teknologi elbiler																							
Blok 6 stoppet							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
BOFA stoppet							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Rønne Geotermi + 17 MW flisværk																							
Rønne 5 MW varmepumpe + elkedel																							
P2X [MW]																							
P2X varme til Rønne																							
Kabler til nabolande 2 GW																							
Varmelager 3000 MWh																							
P2X til Tunge køretøjer																							
P2X til Færge																							
Øvrige varmeværker omlagt til varmepumpe + elkedel																							
Øvrige transport omlagt til el																							

## 4. Resultater

### 4.1. Oversigt over resultater af scenarierne

Hovedresultaterne er af scenarierne er vist i skematisk form:

Beskrivelse		Baseline: Energisystemet ultimo 2019	"Ref20" #0a: Baseline +20 M/W sol	#0b: Ref 20 +20 MW sol, elbilier, solieflyr	#0c: Ref 20 +50 MW sol, elbilier, solieflyr	#0d: Ref 20 +300 MW sol, elbilier, solieflyr	#0e: Ref 20 +300 MW sol, elbilier +V2G, solieflyr	"Ref 32" #0f: Ref 20 +50 MW sol, elbilier, solieflyr, iBLOK6	#0g: Ref 32 + Geotermi og flisværk	#0h: Ref 32 + 5 MW varmepumpe + elkedel	#1a: Ref 32 +100 MW offshore vind	#1b: Ref 32 +100 MW offshore vind, +5 MW varmepumpe + elkedel	#1c: Ref 32 +100 MW offshore vind, +5 MW varmepumpe + elkedel + P2X	#1d: Ref 32 +100 MW offshore vind, +5 MW varmepumpe + elkedel + P2X-varme	#1e: 1d + PTX reduceret til 5 MW	#1f: 1d + PTX reduceret til 25 MW	#1g: 1d + PTX fjernet + øvrige varmeverker omlagt til varmepumpe + elkedel + øvrig transport omlagt til et.	#2a: Ref 32 +2 GW offshore vind, +2 GW kabel, +5 MW varmepumpe + elkedel	#2b: Ref 32 +2 GW offshore vind, +2 GW kabel, +5 MW varmepumpe + elkedel + P2X-varme til Rønne	#2c: Ref 32 +2 GW offshore vind, +2 GW kabel, P2X + varme til Rønne + varmelager	#2e: Ref 32 +2 GW offshore vind, +2 GW kabel, P2X + varme til Rønne + varmelager	#2f: 2e +transportbrændstof og proces til brint	#2g: 2c + PTX reduceret til 5 MW	#2h: 2c + PTX reduceret til 25 MW	#2i: 2c + PTX fjernet + øvrige varmeverker omlagt til varmepumpe og elkedel + øvrig transport omlagt til et.		
		baseline	Ref20 #0a	Ref20 #0b	Ref20 #0c	Ref20 #0d	Ref20 #0e	Ref32 #0f	Ref32 #0g	Ref32 #0h	Ref1 - #1a	Ref1 - #1b	Ref1 - #1c	Ref1 - #1d	Ref1 - #1e	Ref1 - #1f	Ref1 - #1g	Ref2 #2a	Ref2 #2b	Ref2 #2c	Ref2 #2e	Ref2 #2f	Ref2 #2g	Ref2 #2h	Ref2 #2i		
Leveret varme	[MWh]	482.077	482.077	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906	478.906
Leveret el	[MWh]	246.582	262.041	320.967	346.329	630.983	635.637	376.735	327.252	446.645	647.246	684.759	423.623	360.189	669.489	556.369	741.610	9.820.392	423.624	300.754	300.695	300.695	9.800.746	9.638.284	9.827.059		
Cut-off (el)	[MWh]	0	0	0	188	192.158	176.556	0	0	0	67.440	37.038	0	0	33.673	12.266	21.970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Import	[MWh]	90.438	75.347	127.746	119.421	101.160	84.483	160.784	191.372	243.230	38.636	72.852	72.560	53.755	63.517	61.160	120.429	14.615	14.718	10.192	9.655	9.655	13.203	11.858	21.347		
Eksport	[MWh]	10.895	26.354	20.283	45.457	138.142	126.934	76.051	26.569	20.975	279.124	224.098	0	0	220.389	155.667	160.222	9.396.769	0	0	0	0	9.388.887	9.266.743	9.267.640		
Netto import	[MWh]	79.542	48.994	107.462	73.964	-36.982	-42.451	84.733	164.803	222.255	-240.487	-151.246	72.560	53.755	-156.872	-94.507	-39.793	-9.382.154	14.718	10.192	9.655	9.655	-9.375.684	-9.254.885	-9.246.293		
Manglende import (kabel begrænset)	[MWh]	0	0	16.853	16.620	14.970	40.941	42.448	28.063	37.311	12.049	12.565	12.080	11.775	17.624	15.096	42.492	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CO2 udledning, afgiftsfri	[tons]	147.652	104.622	149.621	149.621	149.621	108.031	113.647	104.622	104.616	104.622	104.622	104.622	104.622	104.622	63.499	104.622	104.622	104.622	104.623	104.623	104.622	104.622	104.622	63.499		
CO2 Opvarmning	[tons]	21.947	21.947	499	499	499	45.923	10.607	0	45.933	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CO2 Procesenergi	[tons]	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012	5.012
CO2 personbiler	[tons]	34.343	34.343	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CO2 øvrig landtransport	[tons]	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938	35.938
CO2 Kabel (afgiftsbelagt)	[tons]	16.783	10.338	26.231	19.113	0	16.025	24.301	32.705	0	0	10.665	8.257	0	0	0	340	0	1.855	1.284	1.216	1.216	0	0	0	0	0
CO2 udledning, afgiftsbelagt i alt	[tons]	114.022	107.577	67.679	60.562	41.449	41.449	102.898	75.858	73.655	86.882	40.950	51.614	49.206	40.950	40.950	41.290	40.950	42.804	42.234	42.166	1.216	1.216	40.950	40.950	39.534	
CO2 total (Excl fly og færger)	[tons]	261.674	212.199	217.300	210.183	191.070	191.070	210.929	189.505	178.277	191.498	145.572	156.237	153.829	145.572	145.572	104.789	145.572	147.427	146.856	146.789	105.839	145.572	145.572	145.572	103.034	
CO2 Fly	[tons]																					5.430					
CO2 Færger	[tons]																					93.405					
Brintproduktion	[tons]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.348	5.363	493	2.255	0	0	156.615	158.349	158.563	158.574	690	3.430	0		
Udnyttet varme fra elektrolyse	[MWh]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64.226	8.871	40.566	0	0	0	152.518	155.375	155.375	12.424	61.674	0		
Tabt varme fra elektrolyse (cut-off)	[MWh]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32.301	0	29	0	0	0	2.697.738	2.698.740	2.698.945	0	68	0		
Varmeproduktion fra elektrolyse	[MWh]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96.527	8.871	40.595	0	0	0	2.850.256	2.854.115	2.854.319	12.424	61.742	0		
Brint til procesenergi	[tons]												554									554					
Brint til øvrige transport	[tons]												3.476									3.476					
Brint til Færger	[tons]																					8.889					
Brint til fly	[tons]																					519					

#### 4.2. Kommentarer til scenarier

I nedenstående er der knyttet kommentarer til resultaterne af de enkelte scenarier.

##### Scenarie: Baseline

Udgangspunktet som er kendt. Dette afspejler i videst mulig omfang energisystemet, som det så ud med udgangen af 2019 i simuleret form, så det kan sammenlignes med andre år. Særlige forhold medtages ikke, som fx hvis søkablet har været ude af drift i en længere periode pga. overrivning.

Udledningen af sort (fossil) CO<sub>2</sub> i baseline i runde tal:

Landtransport: ca. 70.000 tons/år. Personbiler og øvrig (tung) transport

Oliefyr: ca. 20.000 tons/år.

Søkabel: ca. 17.000 tons/år.

Procesenergi: ca. 5.000 tons/år.

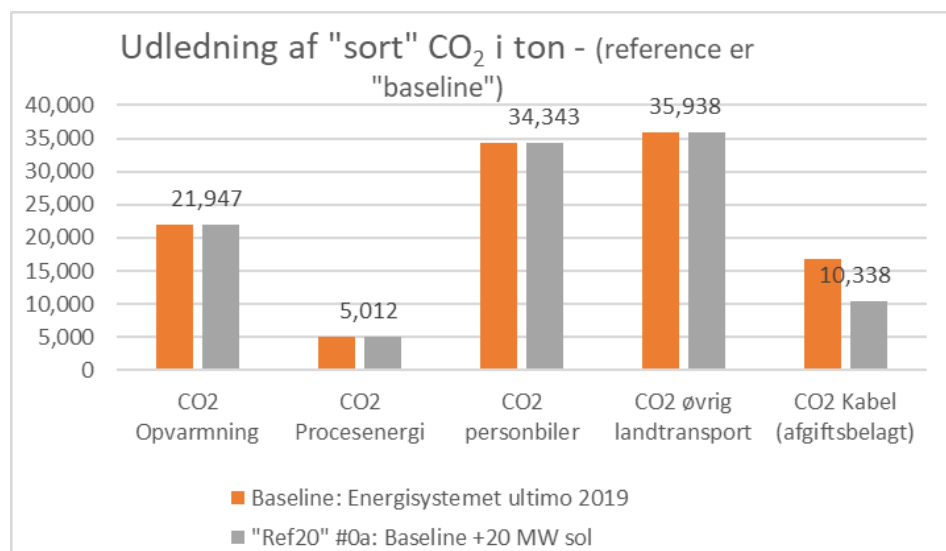
Fly (til-fra) ca. 6.000 tons/år

Færger (til-fra) ca. 93.000 tons/år

##### Scenarier med udgangspunkt i baseline:

##### Scenarie 0a "Ref20": Baseline + Bornholms Bioenergi udbygget + 20 MW nye solceller

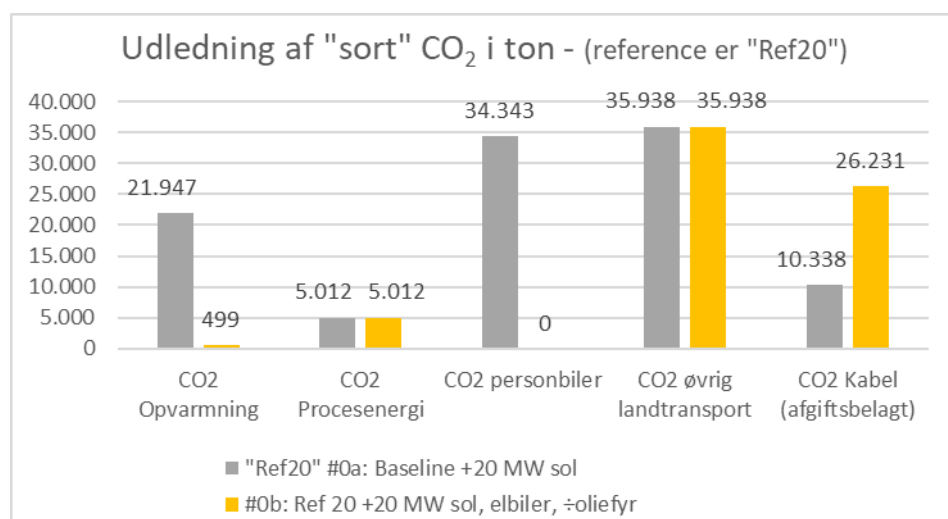
I forhold til baseline er ombygningen af biogasanlægget indfaset med næsten en fordobling af produktionen, og samtidig installeres 20 MW solceller til i alt 48 MW sol. Effekten er, at eksporten af el øges med ca. 15.500 MWh og importen falder med ca. 15.000 MWh, dvs. alt i alt falder nettoimporten med ca. 30.000 MWh/år fra ca. 80.000 til ca. 50.000 MWh/år. Udledningen af "sort" CO<sub>2</sub>, er den samme som i baseline, se ovenfor, bortset fra at faldet i el-import betyder et fald i søkablets CO<sub>2</sub>-bidrag fra ca. 17.000 til ca. 10.000 tons/år.



**Scenarie 0b: 0a + alle oliefor til varmepumpe + sekundær varme til 100% træ + alle personbiler kører 100% på el**

Med udfasning af oliefyr reduceres den afgiftsbelagte CO<sub>2</sub> til opvarmning med ca. 20.000 tons/år. Personbiler til 100% el fjerner et CO<sub>2</sub> bidrag på knap 35.000 ton/år. Nettoimporten af el stiger ca. 60.000 MWh/år – fra ca. 50.000 til ca. 110.000 MWh/år, og samtidig mangler der ca. 16.000 MWh/år, der ikke kan importeres pga. kapacitetsbegrænsning på Søkablet i perioder, hvor solceller og vindmøller har minimal produktion. Søkablets CO<sub>2</sub>-bidrag stiger fra ca. 10.000 tons/år til 26.000 tons/år.

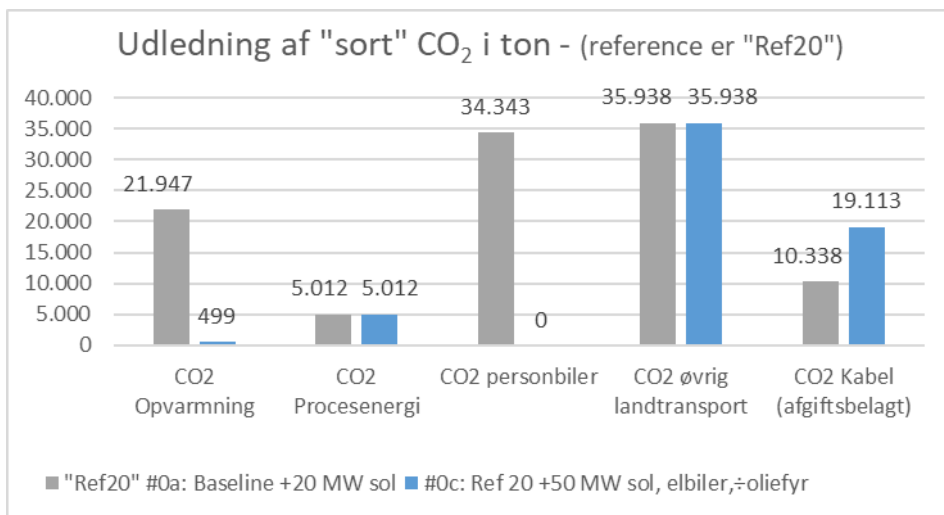
Elektrificering af personbiler har dels en CO<sub>2</sub> reducerende effekt, samt energibesparende effekt. F.eks. kan 1 liter benzin (brændværdi 9,1 kWh/l) give 17 km distance i en benzinbil dvs. 1,87 km/kWh. En elbil kan køre ca. 6 km/kWh dvs. 3 gange så langt for den samme energimængde ift. en benzinbil.



#### Scenarie 0c: 0b + 30MW solceller

Med 30 MW ekstra solceller til samlet 78 MW solceller falder nettoimporten ca. 35.000 MWh/år – fra ca. 110.000 til ca. 75.000 MWh/år. CO<sub>2</sub> ændres ikke i forhold til foregående scenarie, der importeres blot mindre. Der opstår et lille cut-off på 188 MWh/år, på grund af kapacitetsflaskehals for eksport via Søkablet. Kapacitets-flaskehalsen på Søkablet bevirker tillige, at der stadig mangler ca. 16.000 MWh/år som ikke kan importeres. Faldet i el-import betyder et fald i søkablets CO<sub>2</sub>-bidrag fra 26.000 til ca. 20.000 tons/år.

Eksporten af el via søkablet øges med ca. 25.000 MWh, dvs. en væsentlig del af den ekstra solcelleproducerede strøm bliver ikke anvendt lokalt.

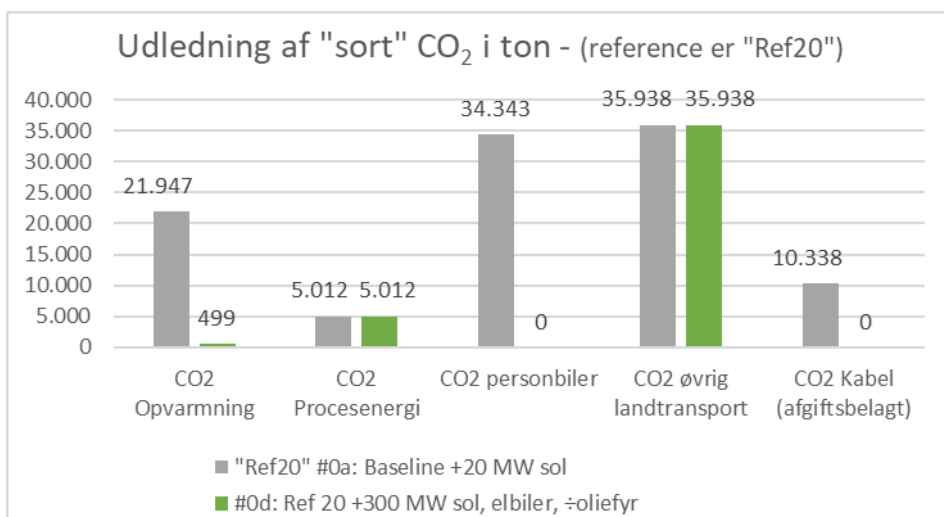


### Scenarie 0d: 0b + 300MW solceller

Med 300 MW ekstra solceller mere end fordobles elproduktionen på Bornholm, og der kommer en netto eksport på 37.000 MWh/år, men på grund af kapacitetsbegrænsning på Søkablet, så mistes ca. 2/3 af produktionen som cut-off - ca. 192.000 MWh/år. Der er stadig brug for import i perioder, hvor solceller og vindmøller har minimal produktion - ca. 100.000 MWh/år.

Sammenhængen mellem produktions- og forbrugstidspunkt er ikke optimalt, og en så betydelig øgning af solcellekapacitet hvor over halvdelen af produktionen ikke kan afsættes, vil være kommercielt uinteressant.

Kapaciteten på Søkablet er således en væsentlig begrænsning i dette scenarie.



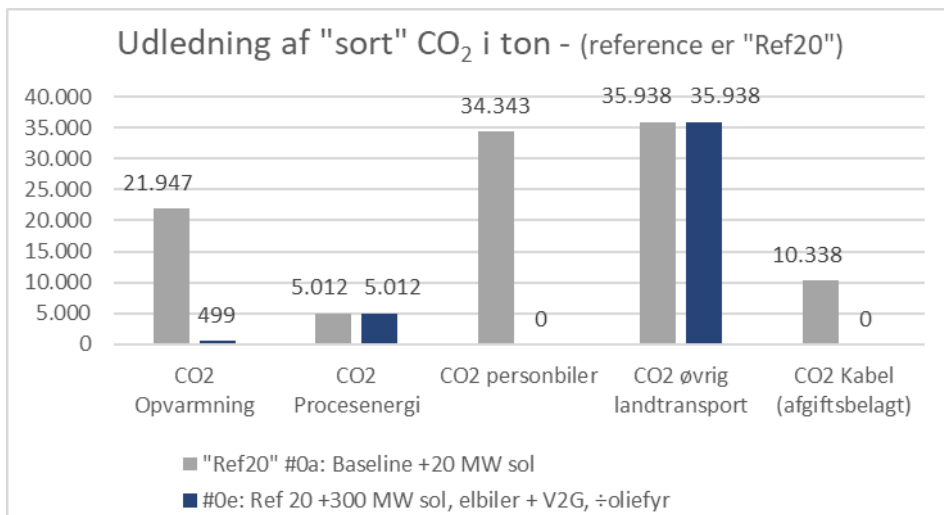
### Scenarie 0e: 0d + elbiler kan afgive strøm (V2G)

Med de valgte lademønstre falder el-importen ca. 15.000 MWh/år – fra ca. 100.000 til ca. 85.000 MWh/år, hvilket er en meget begrænset effekt af V2G. Det må anses som et urealistisk scenarie, at alle personbiler tilsluttes dyre V2G-ladere

Resultaterne i dette scenarie viser ikke noget stort potentiale med V2G, men da der er anvendt meget simple mønstre for op- og afladning af el-biler, vil der kunne optimeres med smarte ladere og incitamentsstyring.

Igen taler cut-off andelen mod, at der kommercielt installeres solcellekapacitet i den størrelsesorden.

V2G anvendes måske bedst til at give fleksibilitet i lavspændingsnettet.

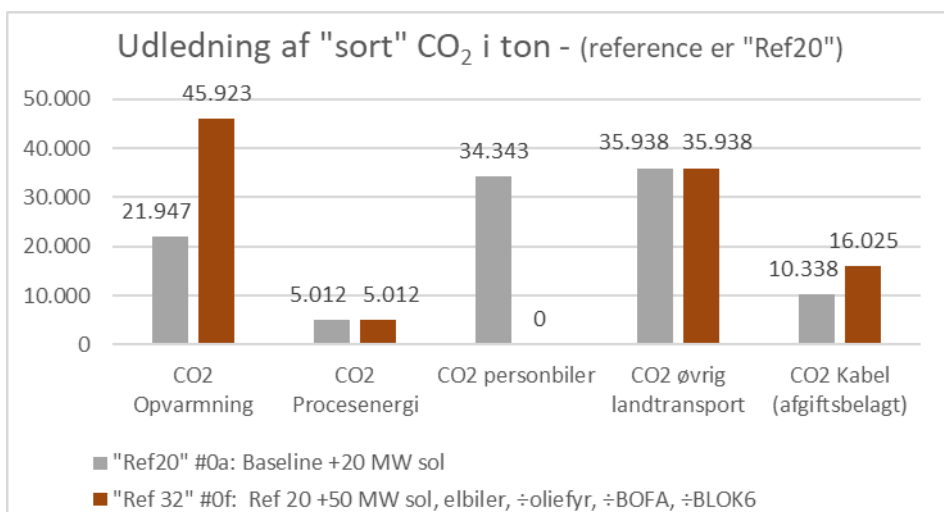


### Scenarier med udgangspunkt i 2032

#### Scenarie 0f (Ref32): Viser situationen som den kan se ud i 2032: 0c + Blok 6 væk, BOFA væk og kun 3 vindmøller (3x2,3 MW), i alt 73 MW sol

Kablet er stadig en væsentlig begrænsning, med ca. 42.400 MWh i underskud på import.

Mængden af afgiftsbelagt CO<sub>2</sub> stiger igen kraftigt, fordi Rønne Varmes reservelast på olie aktiveres, da der ikke længere leveres varme til Rønne fra Blok 6 og BOFA. Dette bidrager med ca. 45.000 ton CO<sub>2</sub>. BOFA og Blok 6 leverer i baseline ca. 150.000 MWh i varme og 27.100 MWh i el fra Blok 6

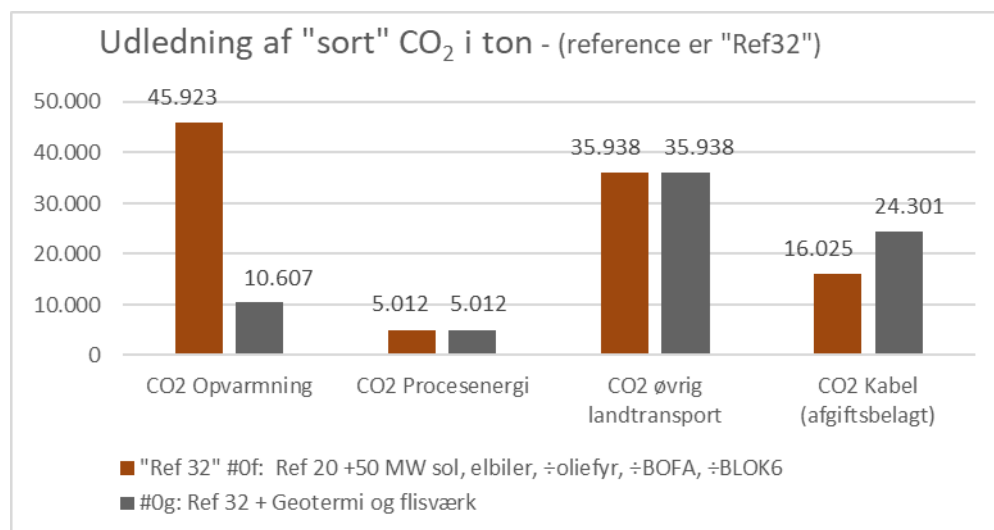


#### Scenarie 0g: 0f + 17MW geotermi i Rønne

Geotermi simuleres med samme værdier som i 2015, da der ikke er sket ændringer i forudsætningerne siden da.

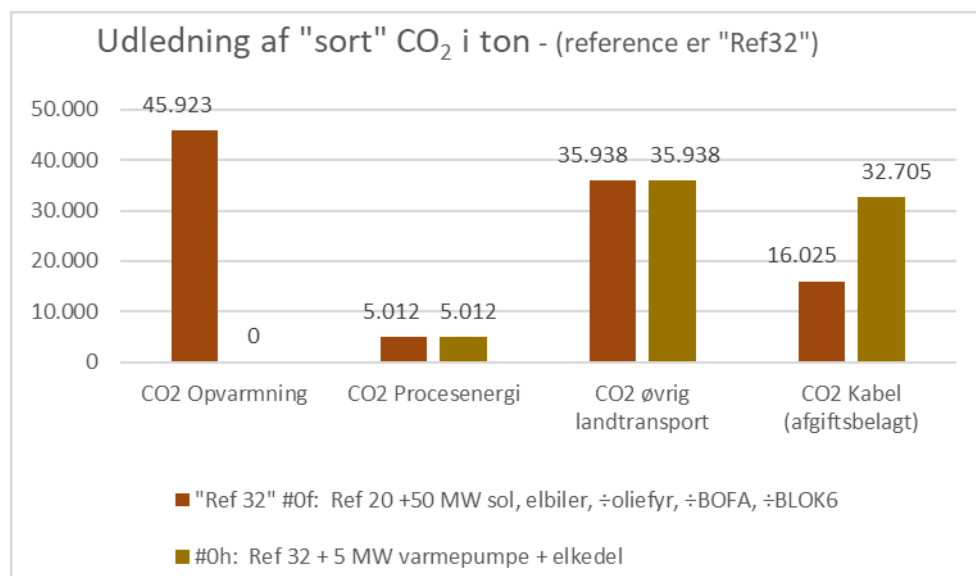


Udledningen af afgiftsbelagt CO<sub>2</sub> falder væsentligt, men er stadig på ca. 15.000 ton, da geotermi med 17 MW flisværk ikke kan levere al varme til Rønne, og resten produceres af Rønne Varmes reservelast. Cut-off forsvinder i dette scenarie.



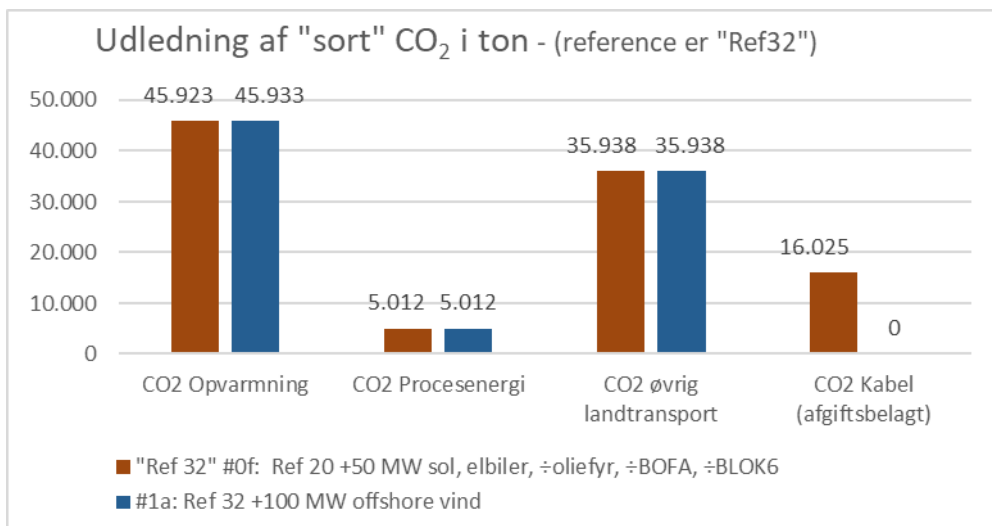
#### Scenarie 0h: Of + 5 MW varmepumpe + elkedel til spidslast i Rønne

Meget stor nettoimport af el, og manglende kapacitet på kablet til import. Afgiftsbelagt CO<sub>2</sub> falder igen, da reservelast på olie erstattes med el-kedel. Tilbage er kun afgiftsbelagt CO<sub>2</sub> fra søkabel, procesenergi og tung transport. Scenariet indebærer en forholdsvis stor nettoimport på ca. 222.000 MWh/år, og samtidig er der ca. 37.000 MWh, der ikke kan importeres pga. kablets kapacitet.



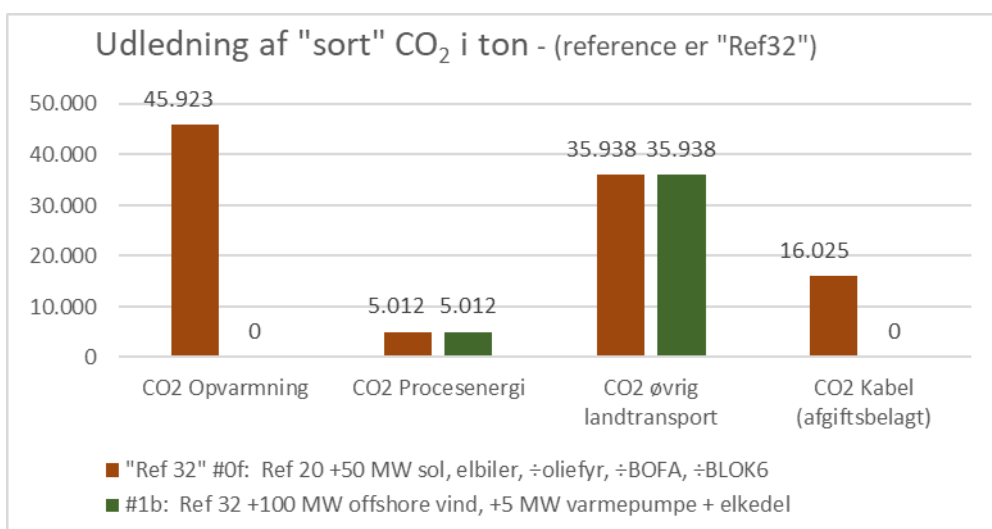
#### Scenarie 1a: Ref 32 + 100 MW havvind

Der er rigeligt med strøm i systemet set på årsbasis: Havvindmølleparken producerer ca. 515.000 MWh/år, eksporten er på ca. 280.000 MWh, og et cut-off bliver 67.000 MWh – det vil sige at cut-off kun er på ca. 13% af produktionen. Men der mangler varme i Rønne som i scenarie Of. Mængden af afgiftsbelagt CO<sub>2</sub> stiger igen kraftigt, da reservelast på olie aktiveres pga. manglende varme i Rønne. Dette bidrager med ca. 45.000 ton sort CO<sub>2</sub>.



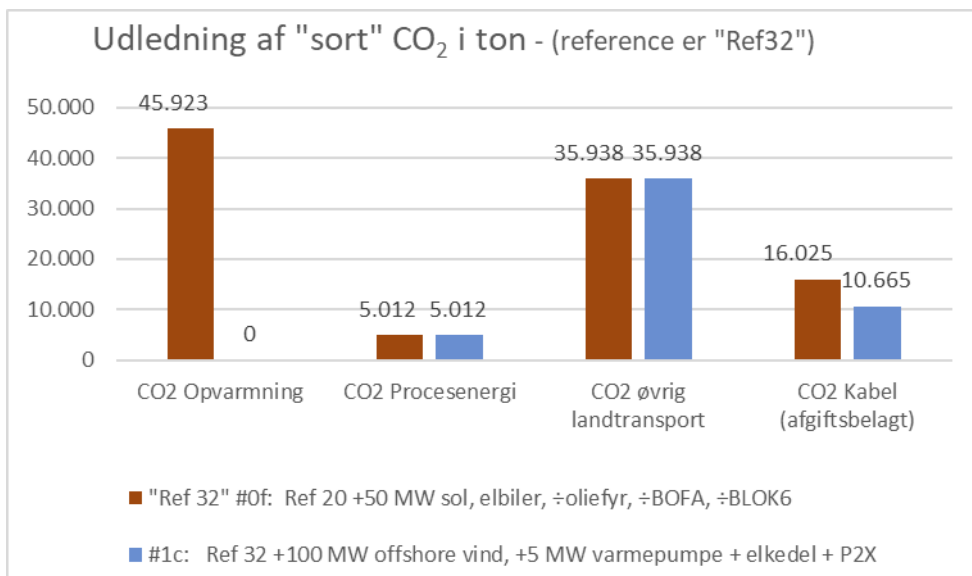
**Scenarie 1b: 1a + 5 MW varmepumpe + elkedel til spidslast i Rønne**

Der forbruges ca. 120.000 MWh mere af den producerede strøm ift.1a pga. varmepumpe og elkedel til spidslast i Rønne. Cut-off reduceres med ca. 30.000 MWh. Med omlægningen til varmepumpe og elkedel forsvinder den afgiftsbelagte CO2 igen i varmeproduktionen.



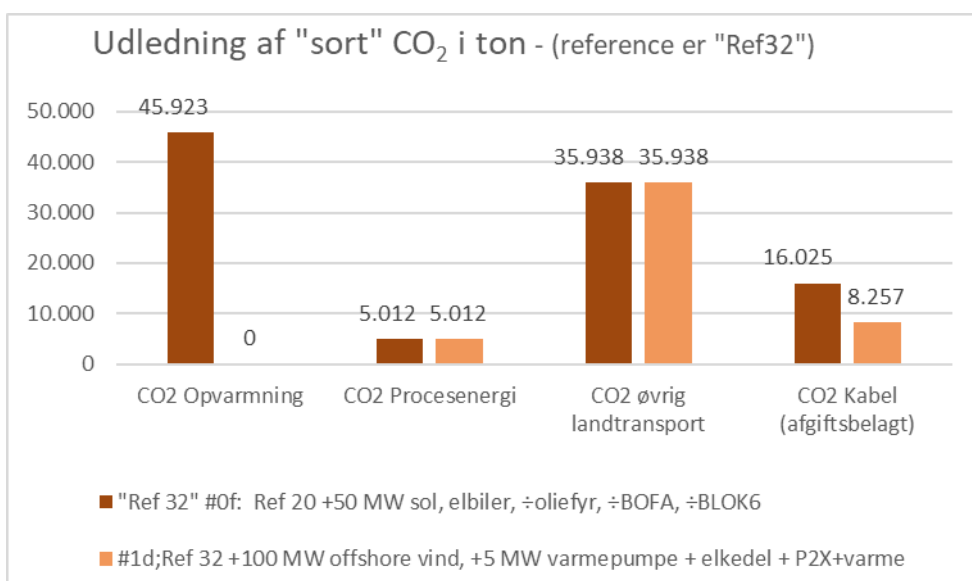
**Scenarie 1c: 1b + P2X anlæg**

Al overskuds-el anvendes nu til produktion af brint i et 1000 MW elektrolyseanlæg. Det betyder en nettoimport på el på ca. 72.000 MWh, og en produktion af brint på 4.348 ton. Dette overstiger det eksisterende energibehov for brint til procesenergi og tung transport, der er på ca. 4.000 ton.



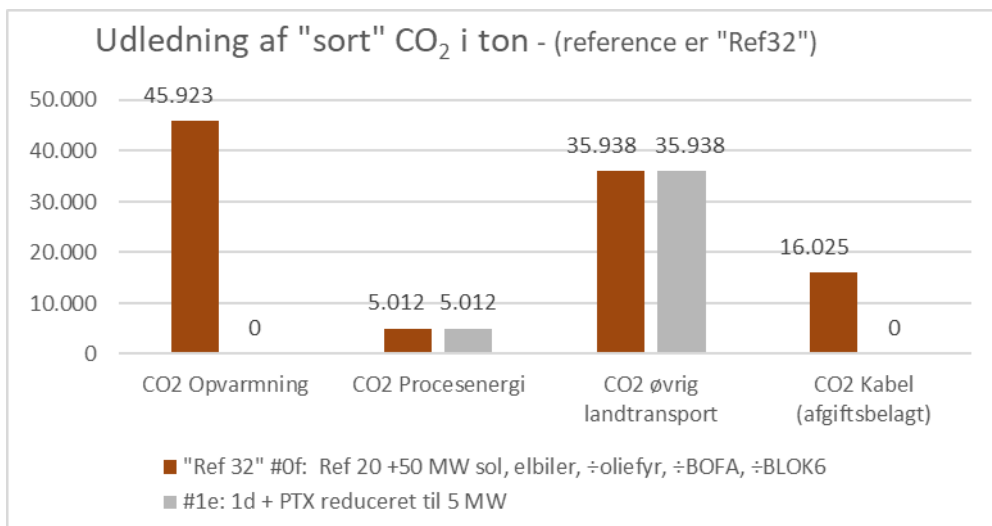
**Scenarie 1d: 1c + varme fra PTX anvendes i fjernvarme i Rønne**

Som 1c, men nu anvendes varmen i fjernvarmenettet i Rønne. Der produceres ca. 96.000 MWh varme fra PTX anlægget, hvoraf ca. 64.000 MWh kan anvendes i varmesystemet.



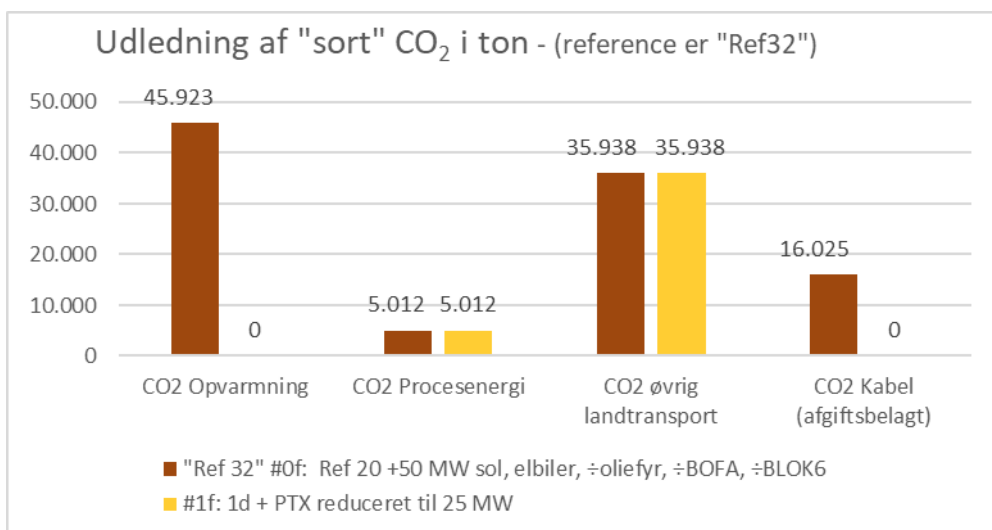
**Scenarie 1e: 1d + PTX anlæggets kapacitet reduceret til 5 MW**

Som 1d, men med en reduceret kapacitet af PTX-anlægget til 5MW. Dette medfører, at der anvendes markant mindre af den overskudsstrøm, der er i systemet, hvormed Bornholm bliver nettoeksportør af strøm, og derved fjernes afgiftsbelagt CO<sub>2</sub> på kablet. Den reducerede kapacitet på PTX anlægget medfører en reduktion af varmeproduktionen herfra til et niveau på ca. 9.000 MWh, der anvendes 100% i fjernvarmenettet i Rønne.



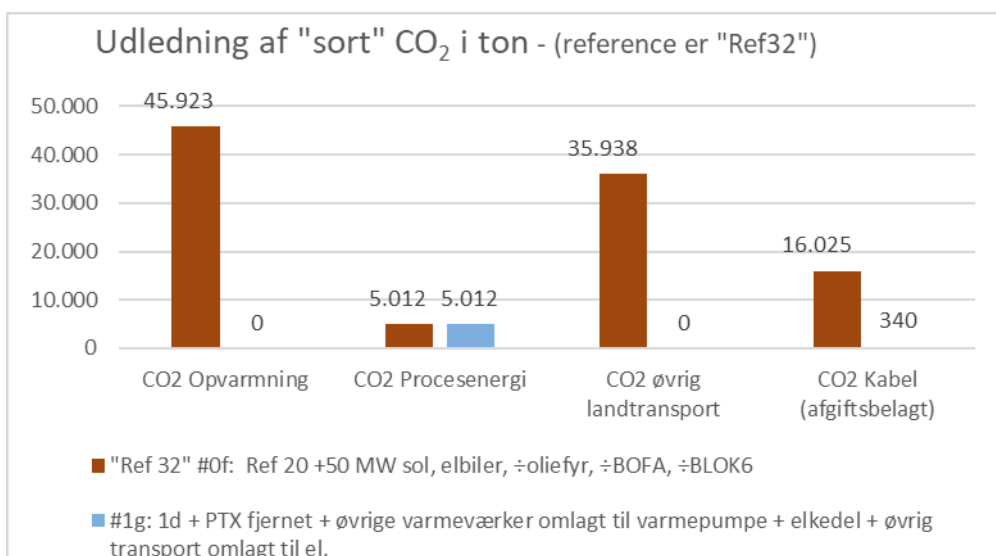
### Scenarie 1f: 1d + PTX anlæggets kapacitet reduceret til 25 MW

Som 1d, men hvor PTX-anlægget reduceres til en kapacitet på 25 MW. Som i 1e er der stadig en nettoeksport af strøm. Systemet formår også i dette scenarie at anvende hele varmeproduktionen fra elektrolysen i fjernvarmenettet i Rønne. Brintproduktionen øges til over 2.200 tons.



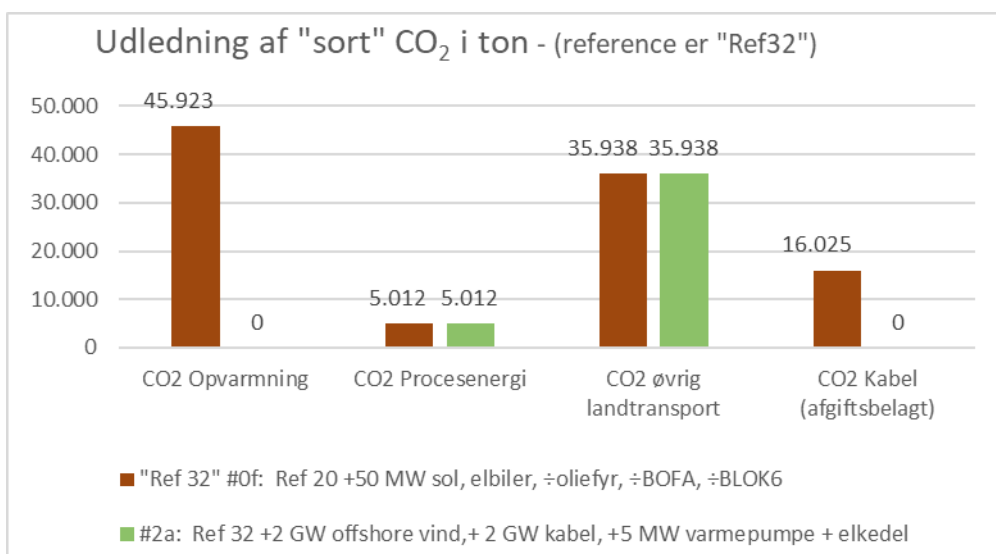
### Scenarie 1g: 1d – PTX + varmepumpe og elkedel til spidslast i de øvrige fjernvarmeområder + øvrige transport omlagt til el

Scenariet er som på varmeforsyningen som 1b, men med varmepumpe som grundlast og elkedel som spidslast i de tre fjernvarmenet; Hasle, Nexø og Østerlars. Det betyder, at de primære varmegærdere er skiftet, og efterlader blot Klemensker og Aakirkeby som de er, idet de anses som ubetydelige ift. samlede energimængder. Klemensker er underlagt Hasle, der er primær forsyning, og Aakirkeby er sekundær forsyning til Bornholms Bioenergi (tidl. Biokraft). Øvrige transport erstattes med el, hvilket fjerner ca. 36.000 ton CO<sub>2</sub>. Kablets kapacitet er utilstrækkeligt i mange perioder, og der er 42.000 MWh, der ikke kunne importeres. Produktion og forbrug er totalt set næsten i balance på årsbasis, men ujævnt fordelt, så der i perioder er manglende mulighed for eksport af overskudsstrøm, og i andre perioder manglende kapacitet i søkablet til at importere den nødvendige elektricitet til at dække behovet.



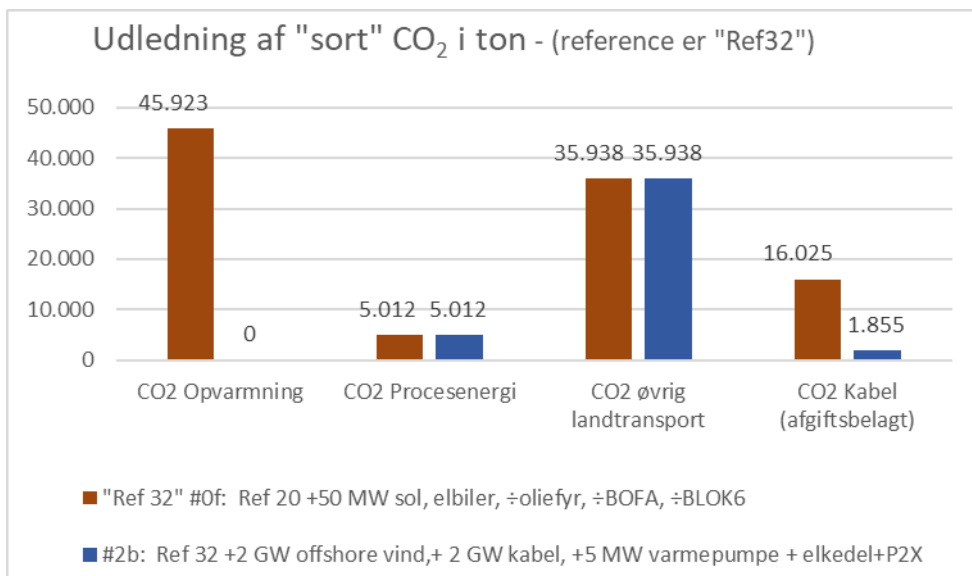
**Scenarie 2a: Ref 32 + 2GW havvind, 2GW kabel til/fra Bornholm + 5 MW varmepumpe + elkedel til spidslast i Rønne**

Som forventet er der et enormt overskud af el, som eksporteres og meget lille import. Varmesystemet er identisk med scenarie 1b.



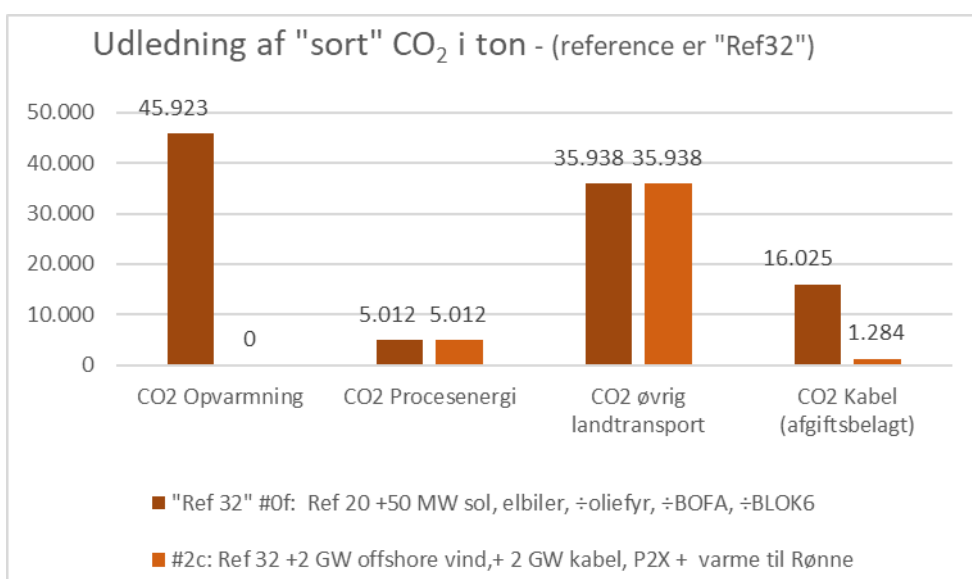
**Scenarie 2b: 2a+ P2X anlæg**

Al overskudsstrøm bruges i elektrolyse, hvor der produceres ca. 156.000 ton brint. Varme fra P2X anvendes ikke. Ikke særlig realistisk scenarie, men viser den mulige brint produktion.



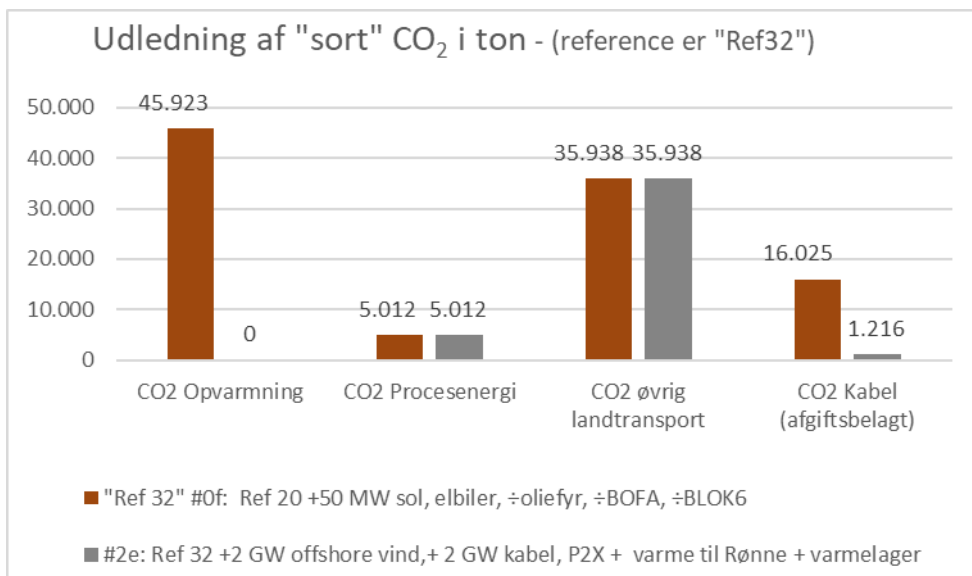
### Scenarie 2c: 2b+ varme fra PTX anvendes i fjernvarme i Rønne

Rønne forsynes med varme fra P2X, men det er kun lidt mere end 5% af den producerede varme, der kan aftages. Hvis fjernvarmesystemerne kobles, kan der afsættes mere varme, svarende til ca. 10%.



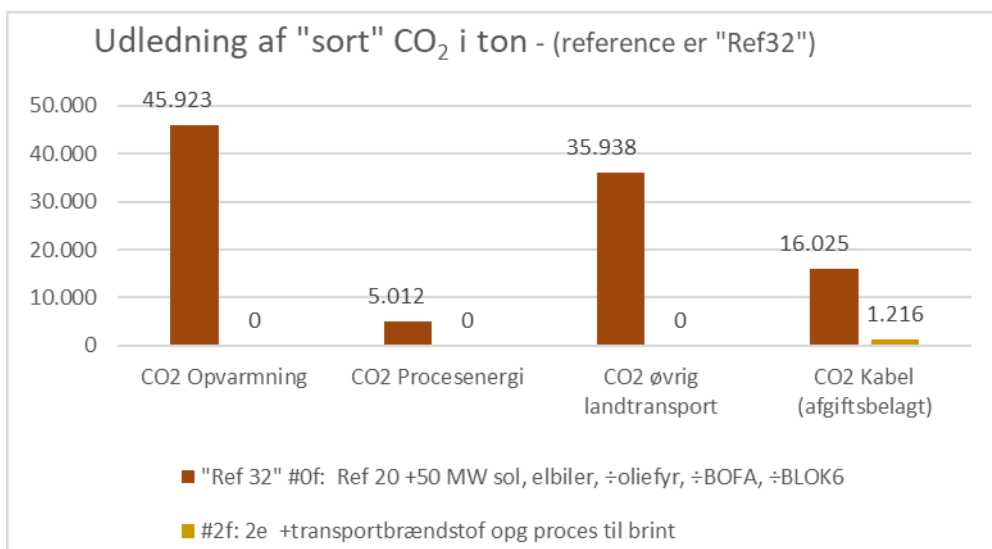
### Scenarie 2e: 2c + varmelagring

Da varmeproduktionen fra PTX-anlægget stort set hele tiden overstiger varmebehovet, giver en øget varmelagring ingen nævneværdig effekt. Dette scenarie kan blive relevant med et mindre P2X anlæg og/eller levering af varme til de øvrige områder på Bornholm.



### Scenarie 2f: 2e + Brint bruges til Øvrige transport, fly og færger

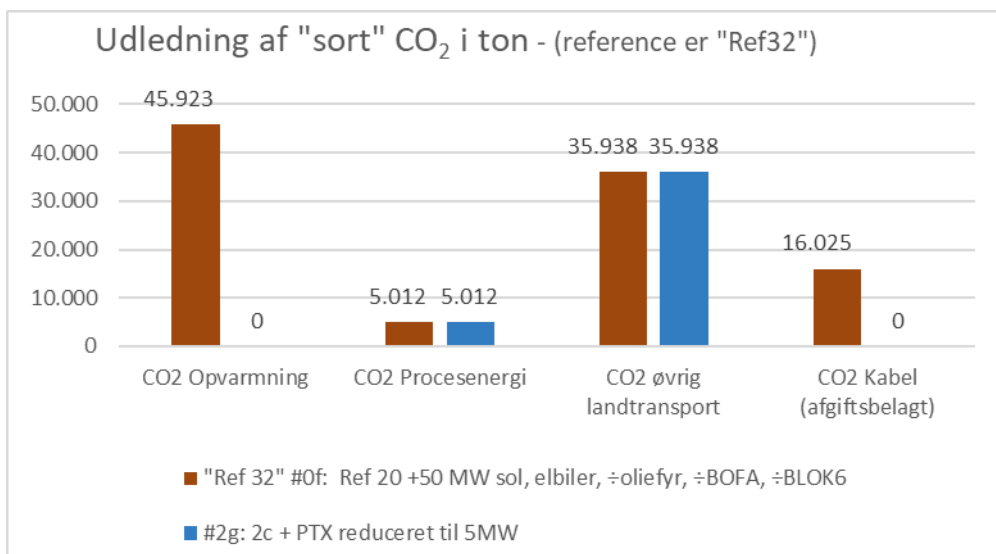
Dette scenarie er baseret på de samme forudsætninger som Scenarie 2e. Det er beregnet, at der totalt set skal bruges ca. 13.500 ton brint for at dække det nuværende energibehov til al øvrig transport (lastbiler, busser, traktorer mv) samt fly og færger samt til procesenergi. Det er således denne energimængde i form af P2X, der anvendes for at få "sort" CO<sub>2</sub> nedbragt til 0. I dette scenarie er den totale brint produktion på ca. 158.500 ton, dvs. det er mindre end 10 % af denne produktion, der kan bruges på Bornholm. En del af vil kunne bruges direkte som brint, men såfremt brinten skal videreforarbejdes til eksempel metan eller methanol, vil der være et energitab på ca. 10-15%.



### Scenarie 2g: 2c + PTX anlæggets kapacitet reduceret til 5 MW

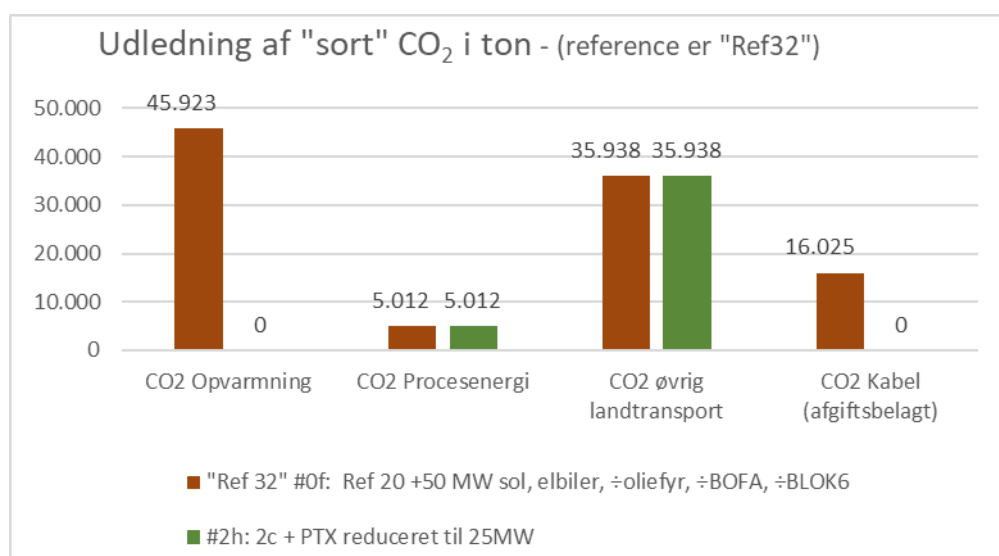
Dette scenarie har samme forudsætninger som 2c, men med en reduceret kapacitet på P2X-anlægget til 5MW. Det betyder, at der er enormt overskud af strøm i systemet, og i stedet for at være en mindre nettoimportør af strøm, så er Bornholm blevet stor-eksportør af strøm, hvorfor afgiftsbelagt CO<sub>2</sub> på kablet selvfølgelig forsvinder. Al varmeproduktionen fra elektrolysen afsættes

og anvendes i fjernvarmenettet i dette scenarie. Brintproduktionen rammer ca. 700 tons og kan derved anvendes til at erstatte procesenergien i dette scenarie.



### Scenarie 2h: 2c + PTX anlæggets kapacitet reduceret til 25 MW

2h har samme forudsætninger som 2g, men med den ændring at P2X-anlægget i dette scenarie blot er reduceret til en kapacitet på 25 MW. Det giver ingen ændringer i det billede sammenligningsgraferne viser. Bornholm er fortsat stor-eksportør af strøm, men grundet et større P2X anlæg anvendes der mere overskudsstrøm hertil end i det foregående scenarie 2g. Det giver en højere brint og varmeproduktion fra P2X-anlægget, men det er fortsat muligt at afsætte denne varme i fjernvarmenettet i Rønne. Produktionen af brint når i dette scenarie et niveau på 3430 tons, der svarer til den mængde, der er nødvendig for at erstatte øvrig transport.



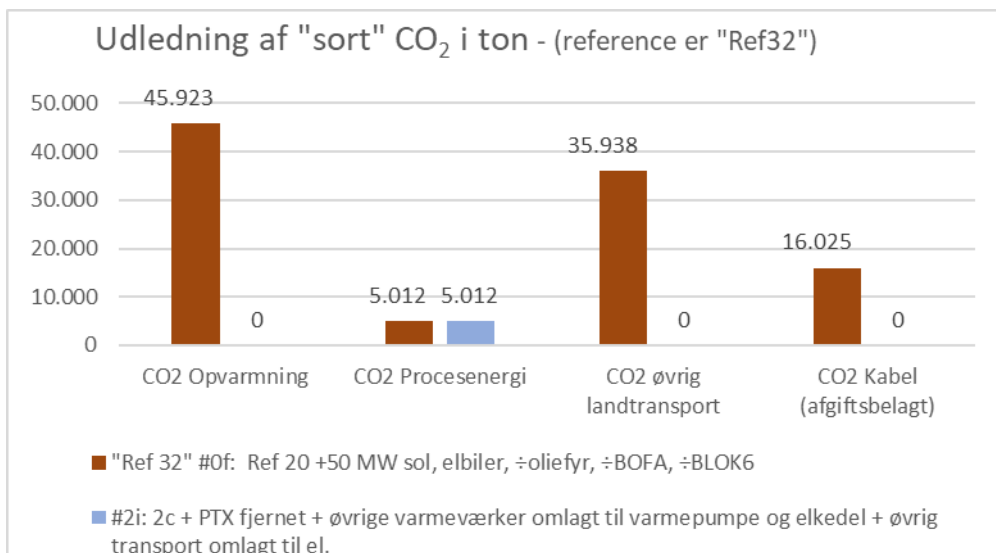
### Scenarie 2i: 2c + varmepumpe + elkedel til spidslast i de øvrige fjernvarmeområder

I forhold til de to foregående scenarier fjernes PTX i dette scenarie 2i, og der implementeres derimod varmepumper (grundlast) og elkedler (spidslast) i de øvrige fjernvarmeområder; Hasle,



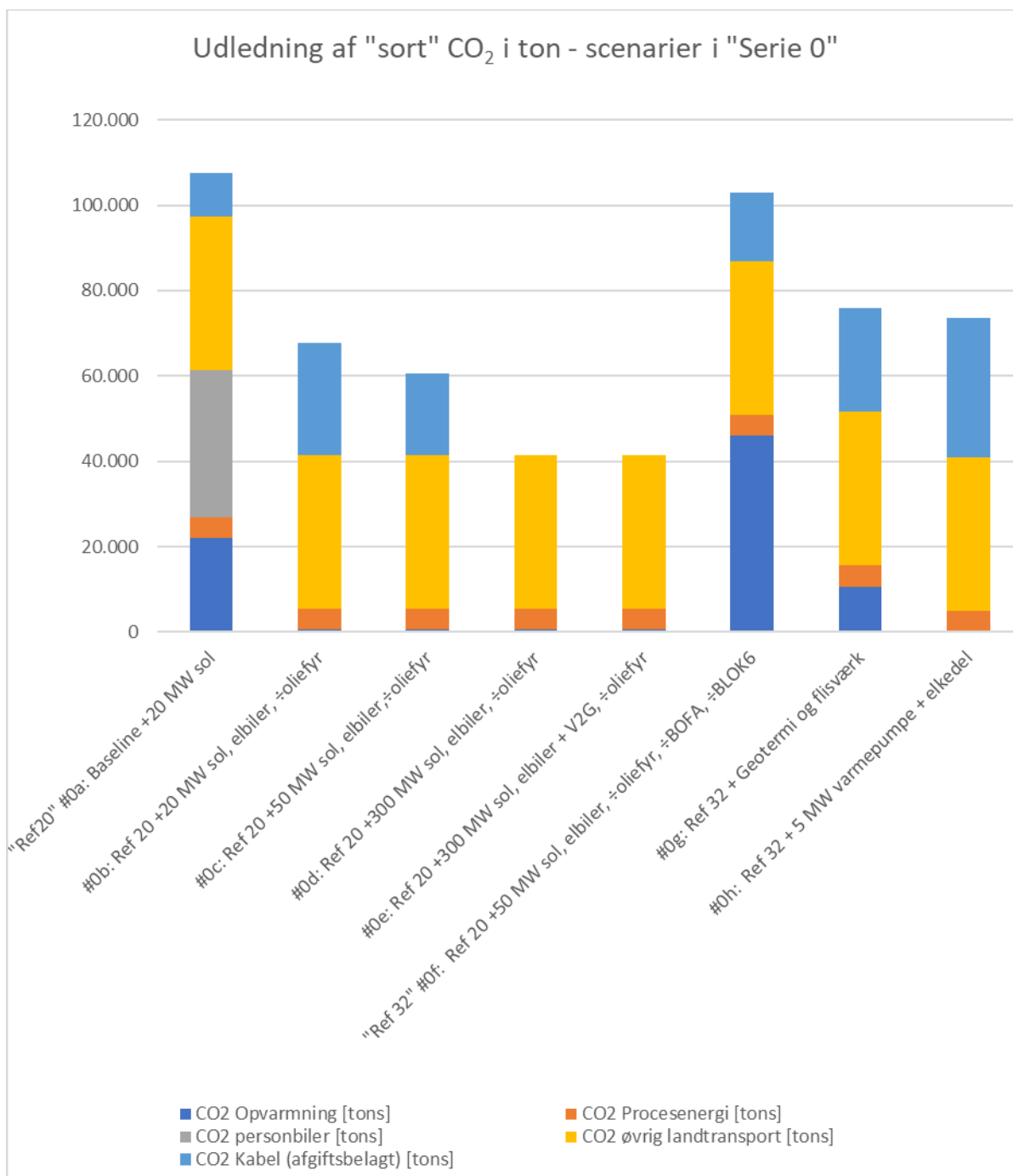
Nexø og Østerlars, som er primære forsyningsenheder til de respektive fjernvarmenet. Det samme er dermed gældende for udskiftningerne til varmepumpe og elkedel, som i scenarie 1g.

Det medfører ikke ændringer i grafen ift. scenarie 2h, men der anvendes en større mængde strøm til fjernvarmeproduktionen. Det ændrer dog ikke ved Bornholms status som stor nettoeksportør af strøm i dette scenarie 2i.

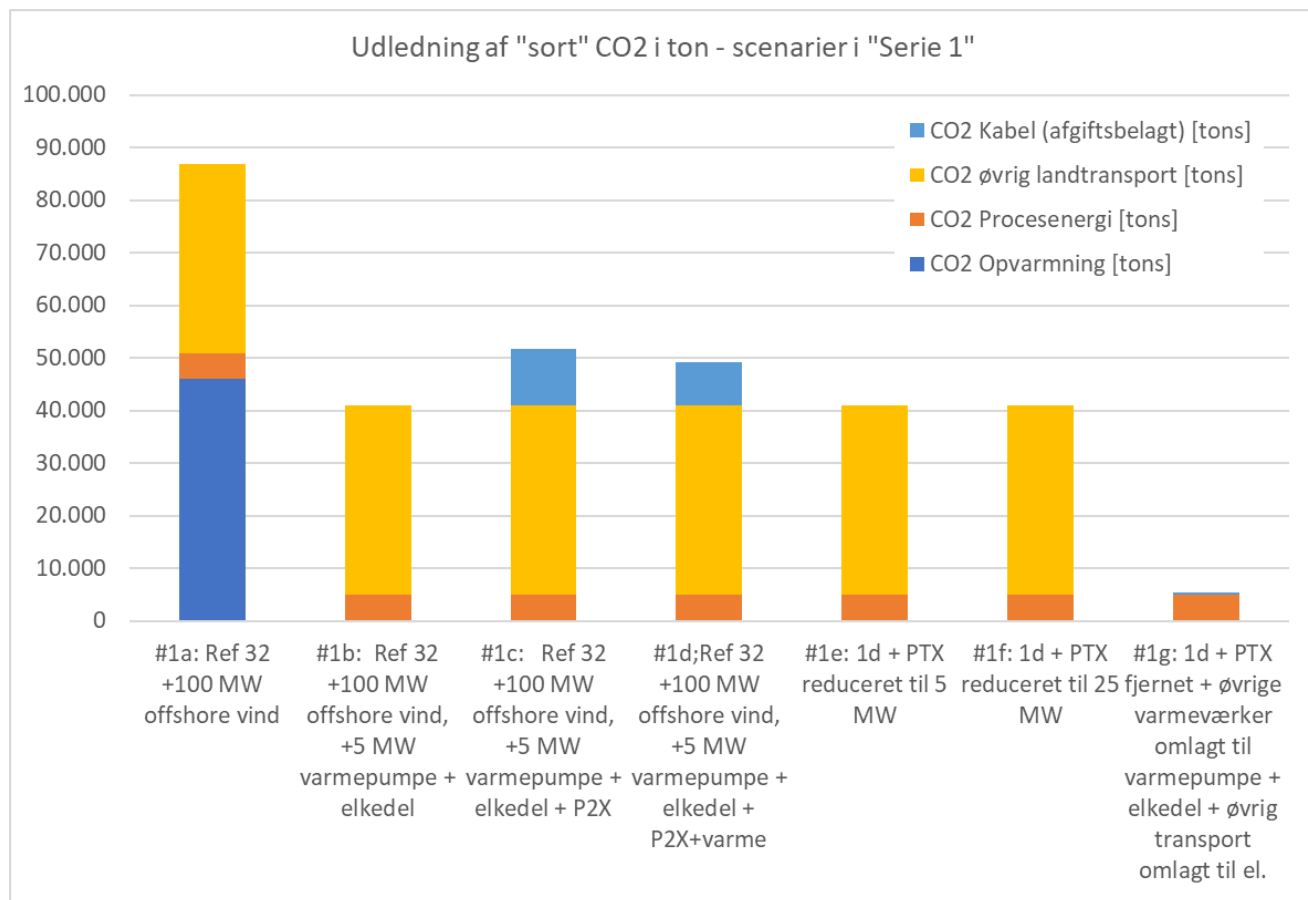


### 4.3. Grafik over udvalgte resultater

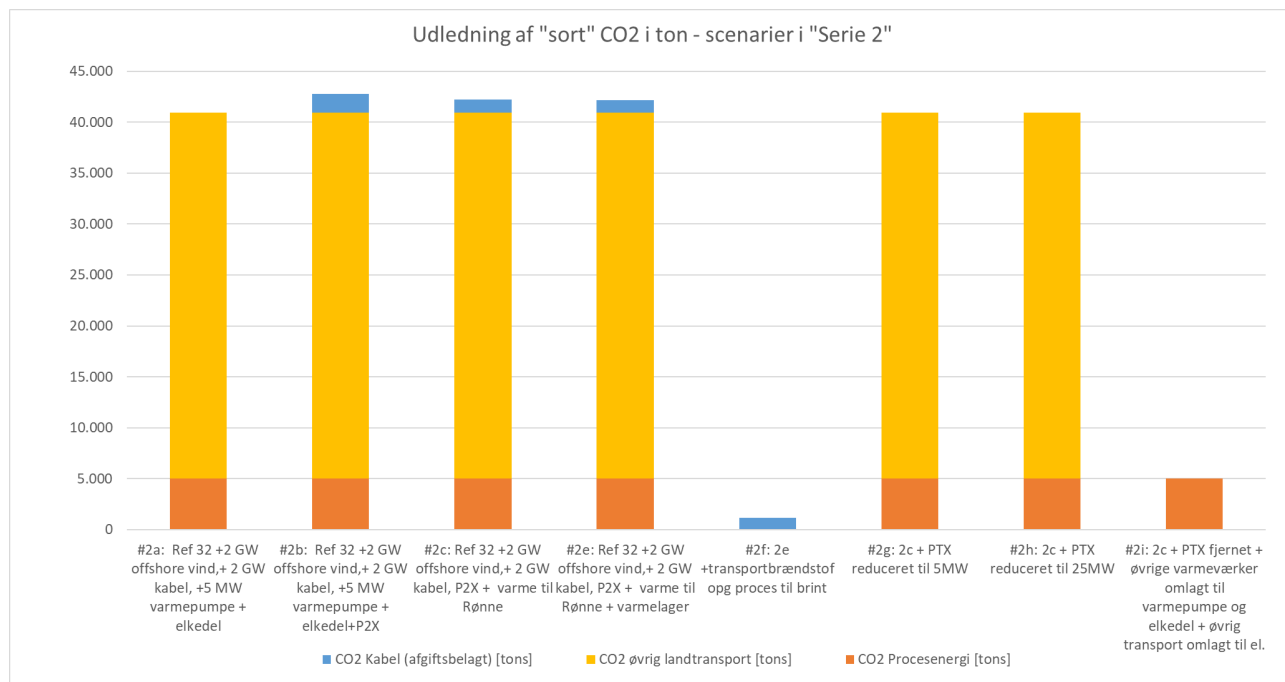
Udledninger i baseline og scenarie "Serie 0"



Udledninger i scenarie "Serie 1"



Udledninger i scenarie "Serie 2"



## 5. Sammenfatning og perspektivering af scenarier

For et energisystem handler det om at sikre, at der er tilstrækkelig energi, når man skal bruge den, og at man kan afsætte eventuel overskydende energiproduktion.

Det gælder i højere grad for øer som Bornholm, hvor man er afhængig af en forbindelse til omverdenen for at kunne komme af med overskudsstrøm, men også for at kunne skaffe strøm, hvis der ikke produceres nok på øen selv.

Det bornholmske energisystem dækker over produktion og forbrug af el, varme og transport. El og varmesystemet er meget langt i retning af CO<sub>2</sub>-neutralitet, da det indeholder forholdsvis store mængder sol- og vindenergi samt flis og halm. For transporten er der lang vej til CO<sub>2</sub>-neutralitet.

I fremtidens energisystemer taler man om at systemerne skal kunne indeholde store mængder vedvarende energi, og at det er en udfordring, da energien produceres som vinden blæser og solen skinner, mens vi er vant til, at vi kan forbruge, når vi vil. Derfor skal der ses på, hvordan forbruget kan gøres mere fleksibelt, og hvordan varme-, el- og transportsystemet kan kobles, det der kaldes sektorkobling.

I scenarierne er der blevet set på, hvordan Bornholm kan skabe et energisystem i balance og samtidig opnå sit mål om CO<sub>2</sub>-neutralitet i 2025 og nulemissions-ø i 2035.

Der er inddraget kendt viden og nye planer i scenarierne.

I 2020 er der 37 MW landvind i energisystemet. Fra 2025 vil de gamle vindmøller blive udfaset, og i 2032 vil der derfor ikke være andre landvindmøller end de senest opsatte vindmøller ved Tornbygård.

I 2020 er der 23 MW solceller på Bornholm, og flere på vej. Derfor er der blevet set på, hvor mange solceller der kan rummes i energisystemet.

Vi ved, at det flisfyrede kraftvarmeanlæg på Blok 6 i Rønne er afskrevet i 2032. Det samme er BOFAs affaldsforbrændingsanlæg, og der arbejdes med at overflødigøre opførelsen af et nyt med visionen om en affaldsfri ø.

Samtidig er der planer om at opføre 100 MW kystnære vindmøller i 2025, og 2 GW havvindmøller i 2030.

### Ingen nye vindmøller

#### ***Bornholm kommer langt, men ikke i nul***

Scenarierne uden nye vindmøller viser, at Bornholm kan komme langt inden for sine nuværende rammer, men ikke gå i nul.

Med opsætning af yderligere 50 MW solceller i det eksisterende energisystem med kraftvarme på Rønne havn, med BOFA og de nuværende 37 MW vindmøller, kan Bornholms personbiler blive til elbiler og alle oliefyr konverteres til varmepumper, og samtidig kan CO<sub>2</sub>-udledningen reduceres til 60.000 tons.

For at dette scenarie kan realiseres, vil det kræve en kraftig udbygning af ladestandere til elbiler. Her kan kommunen gøre en forskel, dels ved at fortsætte arbejdet med at skaffe midler til ladestandere, dels ved at finde nye måder at placere ladestandere på. I de gamle bydele kan man måske finde løsninger ved at give mulighed for at lade op ved ladestandere på hver lysmast.

Det vil ligeledes kræve en fortsat og måske intensiveret indsats for energirenovering og omlægning af oliefyr til varmepumper uden for fjernvarmeområderne

Procesenergi til virksomhederne og brændstof til tunge køretøjer leverer fortsat CO<sub>2</sub>, og her skal der findes andre løsninger, hvor der ikke kan ske omlægning til el-baserede løsninger.

### **300 MW sol og fleksibel opladning af elbiler**

Der er set på, om mange flere solceller kan begrænse CO<sub>2</sub>-udledningen yderligere ved at lave et scenarie med 300 MW solceller. Det reducerer CO-udledningen til 40.000 tons, men samtidig giver det så meget strøm, der ikke kan bruges og ikke kan eksporteres, at det er et usandsynligt scenarie i virkeligheden.

Der er også blevet set på, om de mange elbiler kan afhjælpe denne ubalance, ved at koble deres batterier på nettet, når de lader. Det kaldes Vehicle-to-Grid, V2G. Hvis man kobler elbilerne til nettet med en traditionel ladestruktur, hvor der primært lades om natten, giver elbilerne et bidrag til at afhjælpe ubalancen fra de mange solceller, men de løser ikke problemet. Man kan sikkert komme længere af denne vej, hvis der kommer incitamentet til at oplade på andre tidspunkter, fx mens man er på arbejde. Denne type samspil mellem elnettet og elbilerne, kræver dog en særdeles udbygget intelligent ladeinfrastruktur.

### **Søkabel – importbegrænsninger**

Flere scenarier viser en importbegrænsning på søkablet, altså et elbehov på Bornholm, som ikke opfyldes. I virkeligheden vil den situation sandsynligvis ikke opstå, fordi der vil blive fundet løsninger, enten i form af øget el-produktion eller fleksibilitetsydelser fra elbiler, V2G, i form af en udvidelse af ladeinfrastrukturen, der muliggør opladning på flere tidspunkter også i løbet af dagen, eller ved at installere batterier.

Det nuværende søkabel som ejes af Energinet blev etableret ca. 1980 og vil på et eller andet tidspunkt blive erstattet af et nyt pga. den tekniske levetid er udløbet, eller vedligeholdelsesomkostningerne gør det økonomisk interessant at forny det. Begrænsningen skal ses i sammenhæng med det 'opsamlingsnet' der er til rådighed i Sverige, dvs. et nyt søkabel med øget kapacitet giver kun mening hvis energien kan transporteres videre i tilslutningspunktet.

Endelig er der planer om havvindmølleparker i GW klassen ud for Bornholm med en forbindelse ind til øen. Dvs. den overføringsbegrænsning som er lagt ind som en forudsætning for søkabelforbindelsen kan inden for overskuelig tid være uaktuel.

### **Søkabel – eksportbegrænsninger**

Fra scenarie 0c, hvor der er tilføjet 50 MW solceller ud over de eksisterende 23 MW, optræder en begyndende eksport-begrænsning i søkablet. Dette resultat harmonerer med tidligere simuleringer, der har vist, at der er plads til ca. 100 MW solceller i det bornholmske energisystem.

I scenarierne med 100 MW havvindmøller, bliver denne eksportbegrænsning i søkablet mere udtalt – indtil de scenarier hvor overskydende el anvendes til produktion af P2X.

Det vil kræve en nærmere analyse af scenarierne at belyse eksportbegrænsningerne, og hvad der kræves for at undgå dem – om det er tilstrækkeligt med et stort batteri, fx 1 MWH som i BOSS-projektet, eller om mindre ændringer i forbrugsmønstre kan reducere mængden af strøm, der ikke kan bruges og heller ikke eksporteres.

I 2032 scenarierne med nye GigaWatt-søkabelforbindelser forsvinder disse begrænsninger.

### **Situationen efter 2032**

Når de gamle vindmøller er udfaset, og BOFA og Blok 6 ikke længere producerer el og varme, vil CO<sub>2</sub>-udledningen stige igen, til 101.000 tons. Det skyldes stigende import af el, og at Rønne ikke har en varmforsyning, der dækkes af andet end Rønne Varmes reservelastanlæg.

Disse resultater er 'alt andet lige'. Det vil sige, at de viser resultater hvor man ikke har foretaget sig andre ting i mellemtiden. Sådan vil verden ikke komme til at se ud, men scenarierne belyser, hvor der skal sættes ind.

Der skal ses på, hvor varmen i Rønne skal komme fra, når/hvis den ikke længere leveres som kraftvarme og affaldsvarme. Og der skal ses på, hvor strømmen kan komme fra.

### **Forskellige varmepumpeløsninger i Rønne efter 2032**

#### *Geotermi*

Efter 2032 kan varmen i Rønne teoretisk set leveres fra et geotermisk varmekværk i kombination med et 17 MW flisværk. Det er en løsning, der tidligere har været set på, og en løsning der reducerer CO<sub>2</sub> med 35.000 tons, set i forhold til udelukkende at anvende Rønne Varmes oliebaseerede reservelastanlæg.

Energistyrelsen har dog for nyligt foretaget en analyse af geotermianlægs konkurrencedygtighed, der viser, at geotermi ikke er konkurrencedygtig med store biomassekedler og havvandsvarmepumper, på grund af særligt høje investeringsomkostninger for geotermianlæg ([Geotermianalysen](#)). Endvidere skal kommunerne godkende det varmeproduktionsanlæg, der er samfundsøkonomisk mest fordelagtigt, og det er geotermi ikke.

#### *Stor varmepumpe*

En anden mulighed er at opsætte en havvandsbaseret varmepumpe på 5 MW med en elkedel til spidslast. Det kan reducere CO<sub>2</sub> med 45.000 tons, set i forhold til udelukkende at anvende Rønne Varmes oliebaseerede reservelastanlæg.

Begge løsninger indebærer et betydelig strømforbrug, og medfører en forøget import af strøm via søkablet – men da CO<sub>2</sub> i el-import er meget lav i 2032, giver importen kun et ubetydeligt CO<sub>2</sub>-bidrag. Begge løsninger vil ikke kunne opfylde det nuværende kraftvarmekrav (krav om samproduktion af el og varme) i de større byer, herunder Rønne.

### **100 MW kystnær vindmøllepark**

Denne vindmøllepark vil alene kunne producere op til ca. 515.000 MWh/år, svarende til det dobbelte af Bornholms nuværende el-forbrug.

Størrelsen af denne vindmøllepark er tilstrækkelig til at kunne gøre Bornholm helt CO<sub>2</sub>-neutralt i energisystemet, hvis overskydende el anvendes til produktion af brændstof, i stedet for eksport, da det vil betyde, at brændstofbehovet til både den tunge del af landtransporten, til procesenergi samt til fly vil kunne dækkes.

Det vil kræve, at der etableres et elektrolyseanlæg på Bornholm til produktion af electrofuels, brændsel i flydende form eller som gas, baseret på vindstrøm. Det kaldes Power to X, P2X, som er en bred betegnelse for de forskellige brændselsformer, der kan produceres af vindenergi, og hvis sammensætning vil være forskellig, alt efter om brændstoffet skal anvendes til lastbiler, fly eller skibe.

Hvis ikke den overskydende produktion anvendes til P2X, vil der opstå en eksport-begrænsning i søkablet på ca. 13% af produktionen – i den forbindelse skal det bemærkes at scenarierne er baseret på 2019

baseline, hvor vindmølleproduktionen er ca. 10% større end i et gennemsnitligt år. Bornholms Havvind regner med en produktion på ca. 450.000 MWh/år, og begrænsningen i eksport vil derfor være mindre i et mere normalt vind-år. Dette vil kunne belyses i scenarier med vindserier fra forskellige år.

Varmen fra den elektrolyse, der producerer P2X kan også anvendes i fjernvarmeforsyningen af Rønne, når der er behov for varme: Denne "spildvarme" varme udgør ca. 100.000 MWh/år, og heraf vil ca. 70.000 MWh/år kunne nyttiggøres i fjernvarmen. Rønnes samlede fjernvarmebehov er ca. 150.000 MWh/år, så knapt halvdelen kan dækkes af varmen fra elektrolyse.

I scenarierne er anvendt et elektrolyseanlæg med "ubegrænset kapacitet" for at se mængden af P2X, som det er muligt at producere. En mere realistisk størrelse på elektrolyseanlæg, i forhold til økonomi og havvindmøllernes produktion, vil fx være en kapacitet på 50 MW input af el.

Det vil være nærliggende at videreudvikle og optimere på sådanne scenarier for at finde den bedst mulige størrelse på et bornholmsk P2X-anlæg, i forhold til det bornholmske energisystem, både i forhold til 100 MW havvind og til 2GW havvind.

### **2GW offshore havvindmøllepark**

Med gigawatt store havvindmølleparker kommer nye tilsvarende store søkabler, der forbinder Bornholm med resten af verden. Både den enorme el-produktion og de nye forbindelseskabler vil fuldstændig ændre forudsætningerne for det bornholmske energisystem. Det vil blive muligt for Bornholm ikke blot at blive fuldstændig CO2-neutral, men også at komme meget langt i retning af at blive emissionsfri, da energi til varme og transport også kan komme fra vindstrøm.

Det vil også være muligt at gøre den bornholmske færgetrafik emissionsfri.

I scenarierne er der beregnet, hvor meget brint, der kan produceres af vindstrømmen, da brint er den mest grundlæggende P2X, og det giver et godt indtryk af størrelsesforholdene. I virkeligheden vil kun en del af strømmen blive anvendt til brintproduktion, da vindmøllerne forventes at blive en del af det nordiske og det europæiske el-net.

### **Varme fra P2X produktion**

Når man producerer P2X, dannes der som nævnt varme i forbindelse med elektrolysen. Der er i scenarierne med P2X regnet med, at 30% af energi-input omdannes til varme.

Det betyder, at et P2X anlæg kan levere varme i det bornholmske fjernvarmenet. For Bornholm vil det betyde, at målet mod et praktisk taget emissionsfrit fjernvarmesystem er inden for rækkevidde. Det vil kræve en kobling mv. af nettene, og vil ændre den nuværende flis- og halmafbrænding til reservelast. Dette scenarie må forventes først være økonomisk realiserbart, når de nuværende anlæg er ved at være afskrevet. Men vil dog være umiddelbart realiserbar i Rønne, hvor der ikke kræves nye transmissionsledninger, og forudsat at varmen er billigere end den nuværende flisbaserede varme.

2GW havvind omdannet til P2X vil give en varmeproduktion der er mange gange større end behovet i Rønne, og på hele Bornholm.

For at anskueliggøre mulighederne er der blevet set på, hvordan forskellige størrelser af elektrolyseanlæg vil fungere i det samlede bornholmske energisystem. Samtidig er der set på, hvordan det vil påvirke energisystemet, hvis både fjernvarmeværkerne og den tunge transport elektrificeres.

Disse scenarier viser,

- at med 100 MW havvind og en elektrolysekapacitet på 25 MW vil varmen kunne udnyttes fuldt ud og dække Rønnes varmekonsum, cut-off er reduceret til 2% af havvindmølleproduktionen og der er en brintproduktion, der kan dække lidt over halvdelen af behovet for procesenergi og øvrige transport. I de kørte scenarier med hhv. 5 MW og 25 MW PTX anlæg udnyttes anlægget hhv ca. 65% og ca. 60 % af tiden.
- at hvis de decentrale fjernvarmeværker og den tunge transport elektrificeres med en elproduktion fra 100 MW havvind, så vil det øge elforbruget og dermed el-importen markant, og der vil tillige være en markant importbegrænsning i søkablet. Fuld elektrificering må derfor først anses for at blive relevant, når søkablet erstattes af nye kabler i forbindelse med 2 GW havvind i 2030.
- Med 2 GW havvind kan alt lade sig gøre i relation til elektrificering og P2X-produktion, spørgsmålet er, hvad der er rentabelt i forhold til det bornholmske energisystem.

Det må derfor være en del af arbejdet med Bornholm som Energi-ø i de kommende år at finde den rigtige størrelse for et P2X-anlæg på Bornholm, afhængigt af om der kommer 100 MW havvind eller 2 GW havvind, så produktionen af P2X balanceres med behovet på Bornholm for elektricitet, brændstof og muligheden for at nyttiggøre varmen bl.a. i fjernvarmenettet.