



**Samfundsøkonomisk optimum
mellem energieffektivitet,
vedvarende energi, elektrificering
og sektorkobling**



Indholdsfortegnelse

Hovedkonklusioner	3
Indledning og formål	8
Metode	9
Reduktionsbehov	9
Reduktionstiltag	12
Analyseresultater	15
Bilag	19

9. december 2019

Notat udarbejdet for Danfoss af Ea Energianalyse

Ea Energianalyse
Gammeltorv 8, 6. tv.
1457 København K
T: 60 39 17 16
E-mail: info@eaea.dk
Web: www.eaea.dk

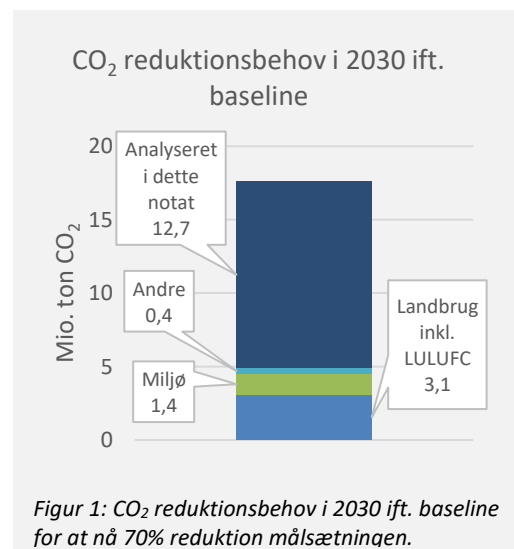
Hovedkonklusioner

Regeringen har besluttet at Danmark skal reducere udledningen af klimagasser med 70 pct. sammenlignet med 1990. Formålet med denne analyse er at bestemme det samfundsøkonomiske optimum mellem udbygning med vedvarende energi, energieffektivisering og tiltag indenfor elektrificering og sektorkobling og dermed belyse, hvordan Danmark billigst muligt indfrier målet.

Analysen tager primært udgangspunkt i data og resultater fra rapporten Klima KPI for Dansk Industri, der viser vejen mod 70% reduktion af klimagasser i 2030, samt en analyse for Synergi og Renovering på Dagsordenen, der beregner det samfundsøkonomiske optimum mellem energieffektiviseringstiltag og forsyningstiltag

Der er regnet på tiltag i følgende sektorer: Bygninger, industri, el- og fjernvarmeforsyning, transport, samt nogle tværgående tiltag fx biobrændstoffer og elektrofuels.

For at nå 70 pct. målsætningen vurderes det nødvendigt at levere en reduktion på ca. 17,5 mio. ton CO₂ sammenlignet med Basisfremskrivning 2019¹. Der forudsættes desuden en samlet reduktion på ca. 4,9 Mt fra tiltag indenfor landbrug, LULUCF og miljø således at den resulterende manko, som skal håndteres at energi og transportsektoren, udgør 12,7 mio. (jf. Figur 1).



På foranledning af opdragsgiver er de analyserede tiltag opdelt på tre overordnede kategorier: Energieffektivitet (EE), Elektrificering og Sektorkobling (E&SK) og Vedvarende Energi (VE). Under E&SK ligger f.eks. varmepumper, eldrevne køretøjer og brintproducerende anlæg. Den fulde CO₂-gevinst ved elektrificering og sektorkobling opnås kun, hvis disse anlæg, forsynes med vedvarende energi. Det er derfor lagt til grund for analysen, at

¹ Da Basisfremskrivning 2019 ikke var udkommet på tidspunktet for analysens gennemførelse, anvendes en baseline baseret på Basisfremskrivning 2018 korrigeret for tiltag, som blev vedtaget med Energiaftalen 2018. Mankoen i 2030 udgør ifølge basisfremskrivningen 17,0 mio. ton CO₂ mens baseline anvendt i dette studie viser en manko på 17,5 Mt.

øget elanvendelse til E&SK, er forsynet (og prissat) med vedvarende energi. Der indgår således også udbygning med vedvarende energi under E&SK.

Kategorisering af reduktionstiltag

Energieffektivisering

- Energirenovering af den eksisterende bygningsmasse
- Energioptimering af bygningsinstallationer og bygningsdrift
- Energibesparelser i erhvervslivet

Elektrificering og sektorkobling

- Eldrevne køretøjer
- Udbredelse af eldrevne varmepumper
- Udvidelse af fjernvarmenettet
- Produktion af elektrofuels
- Udbygning med VE elkapacitet til at dække øget elforbrug indenfor elektrificering og sektorkobling

Vedvarende energi

- Anvendelse af biodiesel, bioethanol for biogas til erstatning for diesel, benzin og naturgas
- Udbygning med VE kapacitet i el- og fjernvarmesektoren, som bl.a. sikrer at Danmark i 2030 ikke er nettoimportør af el.
- Udsortering af plast til affaldsforbrænding

Hovedresultater:

- Tiltagene identificeret i analysen fører til en samlet nedbringelse af CO₂-udledningen på 9,6 mio. ton CO₂ i 2030 svarende til en reduktion på 66 pct. sammenlignet med 1990. De resterende CO₂-reduktioner for at nå 70 % målet vil eksempelvis kunne opnås ved yderligere produktion af elektrofuels, men det vil formentligt øge de samlede reduktionsomkostningerne væsentligt. Forhåbentligt kan teknologiudvikling og innovation bidrage til, at der udvikles billigere tiltag til at opnå de sidste 4 pct. reduktion.
- Det største bidrag til 70 pct. målsætningen kommer fra E&SK og den tilhørende VE udbygning. Implementering af E&SK reducerer udledningen af drivhusgasser med 5,6 mio. ton CO₂ i 2030 svarende til 44 pct. af den nødvendige reduktion for at leve op til 70 pct. målsætningen. Varmepumper i husholdninger og industri² bidrager

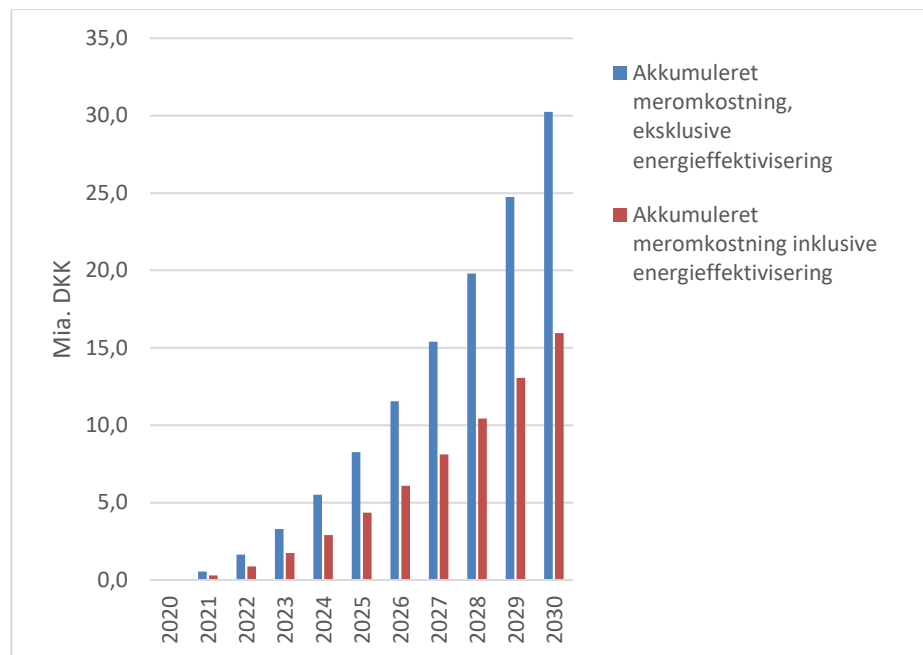
² Varmepumper forudses desuden at spille en vigtig rolle i fjernvarmeforsyningen i 2030, men udbygningen med varmepumper i fjernvarmeforsyning indgår allerede i den opstillede baseline, som indregner effekten af Energifaen 2018. Derfor indgår varmepumperne i fjernvarmesystemet ikke med et CO₂-bidrag i denne analyse.

med en væsentlig reduktion på 2,2 mio. ton CO₂, mens tiltag til elektrificering af transportsektoren (ekskl. elektrofuels) leverer en reduktion på 1,5 mio. ton CO₂.

- Øvrige vedvarende energi tiltag (primært produktion og anvendelse af biogas og biobrændstoffer) leverer en reduktion på 2,0 mio. ton CO₂ i 2030 svarende til 16 pct. af 70 pct. målsætningen.
- Implementering af eksisterende energieffektivitetsteknologi i bygninger og industri leverer ligeledes 2,0 mio. ton CO₂ i 2030 svarende til 16 pct. af 70 pct. målsætningen. Uden investeringer i energieffektivitet vil den samlede meromkostning³ i perioden frem mod 2030 blive ca. 30 mia. kr. mod ca. 16 mia. kr. med energieffektiviseringstiltag (se Figur 2).
- Over perioden 2020 til 2030 skønnes energieffektivitetsinvesteringer således at indebære en samfundsøkonomisk besparelse på omkring 14 mia. kr., hvis alternativet er øget udbygning med vedvarende energi. Investeringer i energieffektivitet kan således næsten halvere nettomeromkostningerne i perioden frem mod 2030. Den samfundsøkonomiske besparelse ved at investere i energieffektivitet består i lavere brændsels- og energiomkostninger, herunder sparede omkostninger til udbygning af elnettet og lagring.
- Den samfundsøkonomisk billigste løsning for at opnå 66 pct. reduktion medfører nødvendige investeringer svarende til 175 mia. kr. til elektrificerings- og sektorkoblingstiltag, energieffektivitet og produktion af vedvarende energi. Heraf omhandler 23 mia. kr. investeringer i energieffektivitet. Hvis der ikke investeres i energieffektivitet vil de samlede merinvesteringer for at nå 66 pct. reduktion (alene gennem vedvarende energi og E&SK) øges til ca. 207 mia. kr.
- I omkostningsberegningerne til såvel energieffektivitet, vedvarende energi og E&SK indgår ikke omkostninger til virkemidler ⁴.

³ Meromkostning svarer til udgifter til investeringer minus besparelser i form af brændsler og investering i vedvarende energi.

⁴ Virkemiddelomkostninger kan fx bestå af omkostninger til informationskampagner eller skatteforvridningstab i forbindelse med støtteomkostninger. Omkostningerne vil afhænge af, hvilken regulering og typer af virkemidler, der anvendes fra politisk side.



Figur 2: Akkumuleret meromkostning for at opnå 66 pct reduktion af drivhusgasser i 2030, hhv. inklusive og eksklusive energieffektiviseringsomkostninger. Omkostningerne omfatter ikke tiltag, som blev vedtaget med Energiaftalen 2018, ligesom reduktionsbidrag fra landbrug og miljø ikke er værdisat. Reduktionsomkostningerne er beregnet for 2030. Reduktionsforløbet og doseringen af tiltag mellem 2020 og 2030 er ikke analyseret; de angivne omkostninger forudsætter lineær udvikling i omkostningsforløb mellem 2020 og 2030.

Udvalgte nøgletal

Figur 3 sammenfatter udvalgte nøgletal fra analysen. Alle de præsenterede tiltag og tilhørende omkostninger ligger udover allerede besluttede tiltag f.eks. i Energiaftalen 2018.

Søjle 1 viser at de totale merinvesteringer⁵ i mia. kr., udgør omkring 175 mia. kr., heraf størstedelen indenfor elektrificering og sektorkobling. Investeringerne er her vist som den absolutte værdi af investering over periode 2020-30.

Hvis der ikke investeres i energieffektivitet, vil de samlede merinvesteringer skulle øges til 207 mia. kr. for at opnå 66 pct. reduktion. Dette dækker over at energieffektiviseringstiltagene i sig selv medfører en investering på ca. 23 mia. kr., men sparer ca. 55 mia. kr. til investeringer i elnet, solceller og havvind. Dermed reduceres det samlede investeringsbehov med ca. 32 mia. kr.

⁵ Merinvesteringer svarer til nye investeringer, som er nødvendige for at opnå 66 pct. reduktion.

Søjle 2 viser besparelserne⁶ til brændsel og importeret el. Det er i denne kategori størstedelen af besparelserne ligger. Både elektrificerings- og sektorkoblingsteknologier og energieffektiviseringstiltag medfører betydeligere besparelser. Indenfor VE, sker der en mindre stigning i brændselsomkostningerne, fordi bioethanol og biodiesel er dyrere end diesel og benzin. Besparelserne svarer til 159 mia. kr. i perioden 2020 til 2030.

Søjle 3 viser de årlige nettoomkostninger⁷, som samlet udgør ca. 2,9 mia. kr. i 2030. Heraf bidrager EE tiltagene med en nettobesparelse. Uden investeringer i energieffektivitet vil den samlede meromkostning⁸ i perioden frem mod 2030 blive ca. 30 mia. kr. mod ca. 16 mia. kr. med energieffektiviseringstiltag. Over perioden 2020 til 2030 skønnes energieffektivitetsinvesteringer således at indebære en samfundsøkonomisk besparelse på omkring 14 mia. kr., hvis alternativet er øget udbygning med vedvarende energi. Det svarer næsten til en halvering af de samlede meromkostninger⁹.

Nettoomkostningerne indeholder omkostningerne til brændsel/el, årlige ydelser fra investeringer (kapitalomkostninger), ændringer i drift og vedligehold samt multiple benefits, som dækker over bl.a. helbredseffekter. Det antages, at investeringerne afbetales over teknologiens levetid med en realrente på 4%.

Hvis man valgte ikke at udføre EE tiltagene, ville man ikke blot miste besparelsen på 2,0 mia. kr./år, men øge omkostningerne i de andre sektorer med sammenlagt 0,6 mia. kr./år, hvis alternativet er udbygning med vedvarende energi.

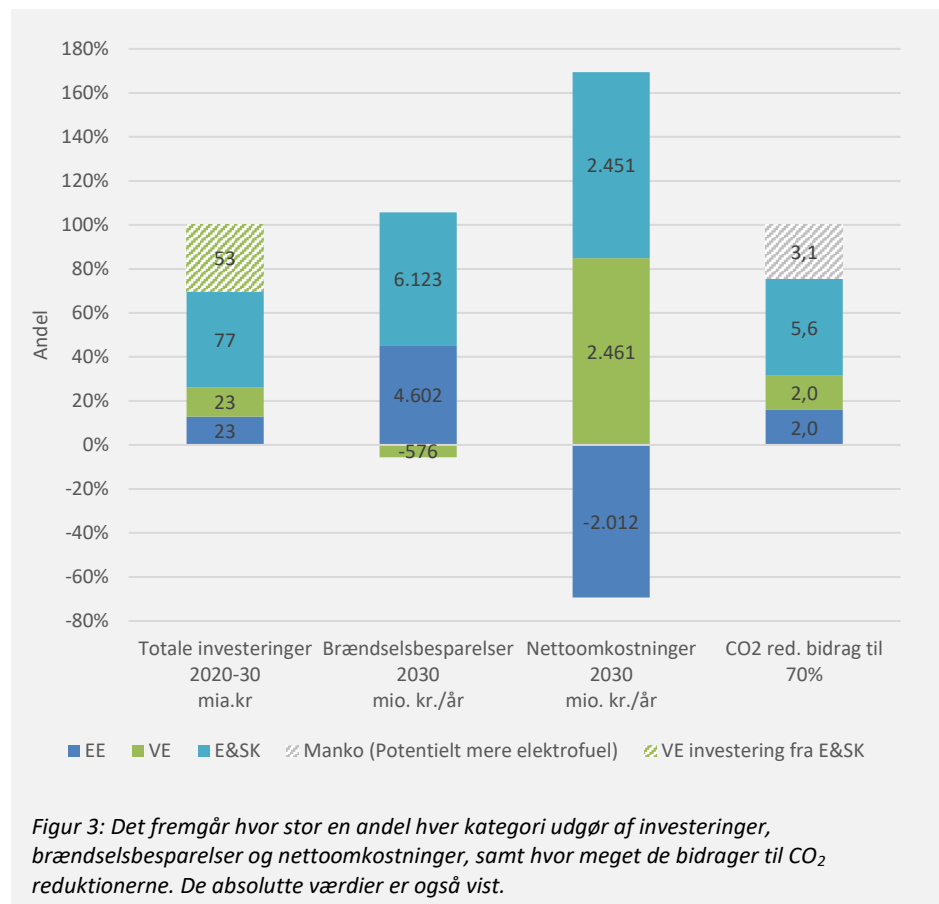
Søjle 4 viser i hvilken grad, hver af de kategorier bidrager til 70% målsætningen (millioner ton CO₂-reduktion). Det største bidrag kommer fra sektorkoblingstiltagene. Det ses, at de identificerede tiltag opnår en reduktion på ca. 66 pct. ift. 1990. De sidste reduktioner kunne indfries vha. elektrofuels.

⁶ Besparelser vedrører lavere omkostninger til indkøb af el og brændsler som følge af investeringer i ny teknologi.

⁷ Nettoomkostninger udtrykker den samlede omkostning forbundet med tiltagene og er en sum i ændringer i kapitalomkostninger (relateret til investeringer) og ændringer i driftsomkostninger og brændselsbesparelser

⁸ Meromkostning svarer til udgifter til investeringer minus besparelser ved at investere i energieffektivitet består i form af lavere brændsels- og energiomkostninger, herunder sparede omkostninger til udbygning af elnettet og lagring.

⁹ Reduktionsforløbet og doseringen af tiltag mellem 2020 og 2030 er ikke analyseret. Den estimerede besparelse på 14 mia. kr. mellem 2020 og 2030 forudsætter en lineær stigning i besparelsen fra 0 kr. i 2020 til 2,6 mia. kr. i 2030..



Indledning og formål

Regeringen har besluttet, at Danmark skal reducere udledningen af klimagasser med 70% sammenlignet med 1990. Der er bred forståelse af, at målet er særdeles ambitiøst og kræver indsats på alle fronter. Regeringen ventes at fremlægge udspil til bindende klimalov i 2019, og herefter indlede forhandlinger om en egentlig handlingsplan.

Ea Energianalyse har siden sommeren 2019 udarbejdet to rapporter om økonomien i den grønne omstilling. Dels en analyse for Dansk Industri, der viser vejen mod 70% reduktion af klimagasser i 2030. Dels en krydspunktsanalyse for Synergi og Renovering på Dagsordenen, der beregner det samfundsøkonomiske optimum mellem energieffektiviseringstiltag og forsyningstiltag.

Formålet med denne analyse, som baserer sig på ovennævnte rapporter, er at belyse det samfundsøkonomiske optimum mellem udbygning med vedvarende energi, energieffektivisering og tiltag indenfor elektrificering og sektorkobling. Sammenholdt med analysen for Dansk Industri er der her

foretaget en mere omfattende analyse af energieffektiviseringstiltag¹⁰. Udgangspunktet for analysen er, at Danmark billigst muligt skal indfri målet om 70 % reduktion i drivhusgasudledninger i 2030.

Metode

Analysen fokuserer på tiltag indenfor bygninger, industri, el- og fjervarmeforsyning, transport, samt et antal tværgående tiltag fx biobrændstoffer og elektrofuels. Ved opstilling af tiltagene er der taget hensyn til et langsigtet perspektiv mod et fossilfrit energisystem i 2050, dvs. tiltagene bremser eller vanskeliggør ikke den langsigtede omstilling, men baner vejen mod et fossilfrit energisystem. Tiltagene udgør ikke en udtømmende liste over mulige tiltag, men vil efter vores vurdering udgøre langt hovedparten af de relevante tiltag.

Tiltagene sammenlignes med en baseline uden tiltagene. Baseline er baseret på Energistyrelsens basisfremskrivning 2018, men inkluderer estimater af betydningen af energiaftalen 2018:

- Tre havmølleparker
- Pulje til teknologineutrale udbud
- Reduktion af elvarmeafgiften
- Energispareindsats
- Revideret estimat for biogasproduktion

Derudover inkluderes mindre ændringer, der skyldes, at beregningerne gennemføres med Ea's modeller og værktøjer for Energisektoren. Herved sikres, at tiltagene og baseline sammenlignes under samme forudsætninger.

Beregningerne fokuserer på tiltag indenfor energirelaterede udledninger af drivhusgasser.

Da reduktionsmålet omfatter den samlede drivhusgasudledning i Danmark, er der dog tilføjet estimater for udviklingen og muligheder af udledningen af drivhusgasser indenfor landbrug, industrigasser og øvrige udledninger.

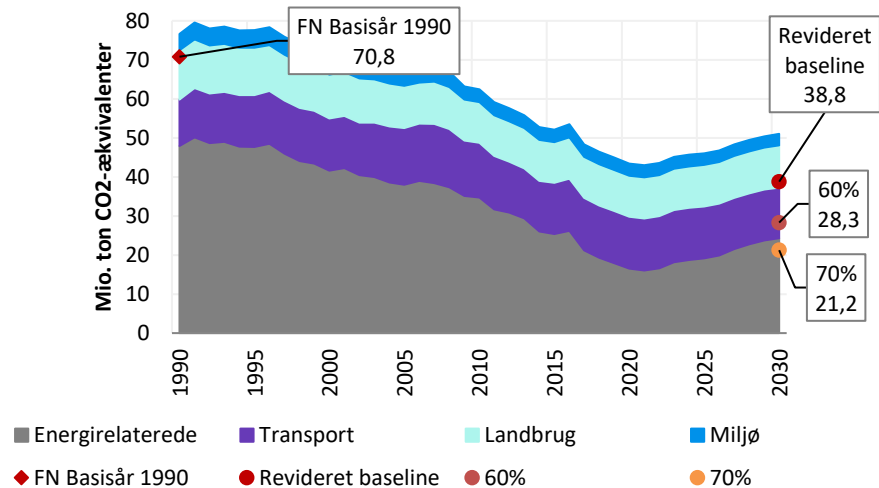
Reduktionsbehov

Figuren nedenfor viser hvordan udledningerne i Basisfremskrivningen 2018 fordeler sig på fire sektorer.

Grundet Energiaftalen, aftalt efter Basisfremskrivningen 2018, forventes udledninger i 2030 at være 38,8 mio. ton CO₂/år i stedet for 51 mio. ton

¹⁰ Analysen for Synergi og Renovering på Dagsordenen opgjorde det samlede samfundsøkonomiske potentiale for energibesparelser i hhv. 2030 og 2050 uden særligt fokus på 70 % målsætningen samt uden hensyntagen til besluttede initiativer i energiaftalen fra 2018. Analysen for Dansk Industri identificerede tiltag til at opnå 66 pct. reduktion i 2030, dog var visse EE tiltag (elbesparelser og visse varmebesparelser) ikke analyseret nærmere.

CO₂/år. Dette udgør baseline for analyserne. Figuren viser også værdierne for 2030 ved 60% og 70% reduktion ift. 1990.



Figur 4: Udledningerne i Basisfremskrivninger 2018. Revideret baseline og reduktions mål er vist som prikker.

Fejl! Henvisningskilde ikke fundet. viser reduktionsbehovene afhængigt af det specifikke reduktionsmål. Den første kolonne viser, hvad udledningerne i 2030 skal reduceres til for at nå målet. Den anden kolonne viser, hvor meget udledningerne i 2030 skal reduceres med ift. baseline for at nå målet. Det fremgår, at der herefter kræves en reduktion på 17,5 mio. ton for at opnå regeringens målsætning om 70 pct. reduktion ift. 1990.

Mio. ton	Maksimal udledning 2030	Reduktionsbehov ift. baseline Mt CO ₂	Reduktionsbehov efter landbrug/miljø
60% red.	28,3	10,4	5,5
65% red.	24,8	14,0	9,1
70% red.	21,2	17,5	12,7

Tabel 1: Reduktionsbehov afhængig af mål.

En del af disse reduktioner forventes leveret indenfor landbrug og miljø. Miljø omhandler i denne sammenhæng håndtering af spildevand og industrigasser. Der er ikke regnet økonomi på disse sektorer, men det er vurderet, hvor stor en reduktion de forventes at kunne levere. Tabel 3 opsummerer bidragene.

Mio. ton	Reduktionsbidrag 2030
Landbrug	1,3
Landbrug LULUCF	1,8
Miljø	1,4
Andre	0,4
Total	4,9

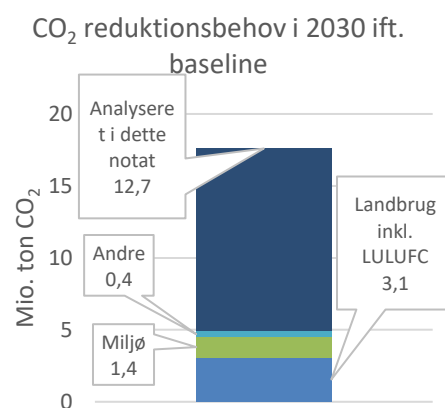
Tabel 2: Reduktionsbidrag fra sektorer ikke behandlet i detaljer i beregninger

Landbrug udgør en relativt stor andel af den samlede drivhusgasemission i Danmark i 2030. Det antages at tiltag vedrørende håndtering af afgrøder, gødning, husdyr og arealanvendelse bidrager med en reduktion på ca. 1,3 mio. ton CO₂, svarende til en reduktion på ca. 10 pct. ift. 1990 i landbrug. Denne vurdering er baseret på udmeldinger fra landbrugssektoren.

Derudover udleder landbruget drivhusgasemissioner som følge af ændringer af kulstof-balancen i jorden (LULUCF). Her estimeres et reduktionspotentiale på i alt 1,8 mio. ton CO₂. Udledninger fra LULUCF er ikke inkluderet i udledninger i 1990, som er udgangspunkt for reduktionsmålet om 70 pct..

Indenfor miljø antages et reduktionsbidrag på 50 pct. ift. 2020 svarende til 63 pct. ift. 1990.

Kategorien "Andre" dækker over emissioner opgjort af DCE udover emissioner direkte relateret til dansk energiforbrug, især grænsehandelskorrektion for diesel samt flygtige og indirekte emissioner. Der antages et samlet bidrag på 0,4 mio. ton CO₂ svarende til 35 pct. ift. 2020.



Figur 5: CO₂ reduktionsbehov i 2030 ift. baseline

Når der tages højde for reduktionsbidragene fra landbruget, miljø og indirekte emissioner, skal de resterende tiltag levere en **CO₂ reduktion på 12,7 mio. ton** for at nå 70 pct. målsætningen, som vist på Figur 5.

Den reviderede baseline viser en væsentlig nettoimport af el til Danmark i 2030. Denne import er tilskrevet en CO₂-udledning på 200 g/kWh baseret på modelberegninger. Emission forbundet med import indgår i det danske regnskab. Det skal understreges, at det endnu ikke er afklaret, hvilket metodisk regnskabsprincip, der vil blive anvendt for håndtering af import/eksport af el i forbindelse med opfyldelse af 70 pct målet.

Reduktionstiltag

Tiltagene i bygninger, industri, el- og fjervarmeforsyning og transport er opdelt tre overordnede kategorier: Energieffektivitet (EE), Elektrificering og Sektorkobling (E&SK) og Vedvarende Energi (VE).

De enkelte tiltag og uddybet metode fremgår af rapporten "Klima-KPI for Dansk Industri" (Ea Energianalyse, 2019), som bl.a. kan downloades fra Ea's [hjemmeside](#). Da de analyserede CO₂-reduktionstiltag alene fører til en reduktion på 66 pct., indgår som udgangspunkt alle de analyserede tiltag i analysen. Enkelte energieffektiviseringstiltag, er dog fravalgt idet deres marginale reduktionsomkostninger er højere end VE baseret forsyning.

Energieffektivitet (EE)

Omfatter teknologier, som optimerer energitransformation - eller teknologier som optimerer energiforbrug via f.eks. termisk isolering, dosering (ventiler) eller intelligent styring. Energieffektivitet påvirker også sektorkobling og vedvarende energikategorierne – f.eks. kan varmepumpers effektivitet øges, når de kombineres med lav-temperatur fjernvarmenet (fjerde generation fjernvarme) eller med udnyttelse af overskudsvarme.

Elektrificering og sektorkobling (E&SK)

Vedrører teknologi, som optimerer samspillet mellem energiproduktion og energiforbrug ved at udnytte de konverteringsmuligheder og den fleksibilitet, som kan skabes på tværs af energisystemet. Til denne kategori hører de energitransformative teknologier som f.eks. varmepumper, moderne kølesystemer, power to gas og eldrevne køretøjer, samt energilagring og deraf følgende forskydning i energiforbrug (herunder bygningsintelligente styringer). Sektorkobling medvirker til, at den fleksibilitet, som findes i primært de termiske systemer og gasforsyningen, udnyttes til at optimere udnyttelsen af fluktuerende elektricitetsproduktion baseret på vedvarende kilder.

Den fulde CO₂-gevinst ved elektrificering og sektorkobling opnås kun, hvis sektorkoblingsteknologier, som varmepumper, elbiler og elektrolyseanlæg, forsynes med vedvarende energi. Det derfor lagt til grund for analysen, at øget elanvendelse til elektrificering og sektorkobling, er forsynet (og prissat) med vedvarende energi. Beregningsmæssigt antages dette VE elforbrug og dets omkostninger, at være en del af elektrificerings- og sektorkoblingstiltagene, dog har vi valgt at udspecificere omkostningen i en række af de efterfølgende visninger

Vedvarende energi (VE)

Energiproduktion baseret på vedvarende energi, omfatter elproduktion på solceller, vindmøller og biomasse, fjernvarmeproduktion på biomasse, biogas og solvarme samt produktion af biobrændstoffer som biodiesel, bioetanol og biogas. Eldrevne varmepumper, eldrevne køretøjer og elektrofuels håndteres som E&SK tiltag.

Tabel 4 opsummerer hvordan de forskellige tiltage er klassificeret.

Biogas, biobrændstof og elektrofuels er tværgående tiltag, som kan påvirke på tværs af sektorerne.

Elektrofuels er et skalerbart tiltag, som i princippet kan erstatte brugen af fossile brændsler i alle sektorer. Elektrofuels antages produceret ud fra brint som genereres på elektrolyseanlæg, der anvender el fra vedvarende energikilder.

Biogas og biobrændstof vurderes skalerbar i et mere begrænset omfang, da produktionen kræver biologisk materiale.

Bygninger	
<i>Klimaskærm</i>	EE
<i>Styring/varmeinstallationer</i>	EE (E&SK)
<i>Omstilling til individuelle varmepumper</i>	E&SK
<i>Konvertering til fjernvarme</i>	E&SK
Industri	
<i>Effektivisering</i>	EE
<i>Varmepumper/elkedler</i>	E&SK
<i>Biomasse/biobrændstof</i>	VE
El og fjernvarmeforsyning	
<i>VE i elforsyning</i>	VE
<i>Varmepumper i fjernvarmeforsyningen</i>	E&SK
<i>Biomasse, sol i fjernvarmeforsyningen</i>	VE
Transport	
<i>Elbiler</i>	E&SK
<i>Elvarebiler</i>	E&SK
<i>Ellastbiler</i>	E&SK
<i>Elbusser</i>	E&SK
<i>Biogas til lastbiler, varebiler og busser</i>	VE
<i>Elfærger + landstrøm</i>	E&SK
Tværgående tiltag	
<i>Biogas</i>	VE
<i>Biobrændstof</i>	VE
<i>Elektrofuels</i>	E&SK

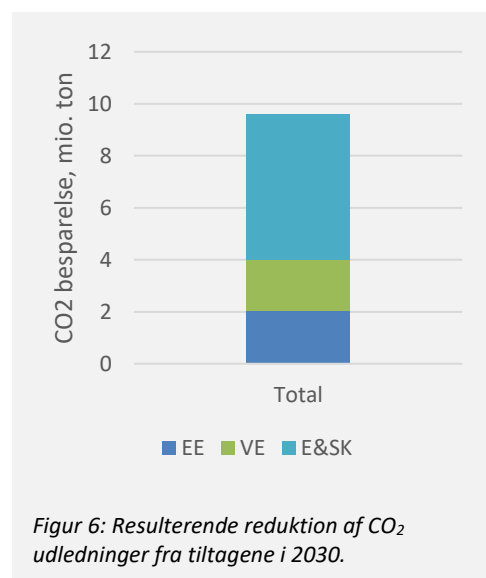
Tabel 3: Kategorisering af tiltag

Analyseresultater

Reduktion af udledninger

Figur 6 opsummerer CO₂-reduktionerne opdelt på de tre kategorier: E&SK, VE og EE. Det antages, at elektrofuels bidrager med en reduktion på 1 mio. ton CO₂. Omkostningerne til elektrofuels estimeres som 1.850 kr./ton CO₂.

Samlet opnås en reduktion på 9,6 mio. ton ift. baseline, hvilket svarer til ca. 66 pct. reduktion ift. 1990. For at nå 70 pct. målet skal udledningerne yderligere reduceres med 3,1 mio. ton. 70 pct. målet kan fx nås ved at øge andelen af elektrofuels. Dette er ikke vist på figuren, da elektrofuels er blandt de dyreste tiltag og idet det er muligt, at der frem mod 2030 vil vise sig at være andre, billigere reduktionsmuligheder.



Figur 6: Resulterende reduktion af CO₂ udledninger fra tiltagene i 2030.

Samlede meromkostninger i 2030

De samlede meromkostninger for at indfri reduktionerne på 9,6 mio. ton CO₂ er ca. 2,9 mia. kr. årligt i 2030 som vist på Figur 7.

Energieffektiviseringstiltagene medfører en samlet besparelse på ca. 2,0 mia. kr., mens E&SK tiltagene bidrager med en meromkostning på 2,5 mia. kr. og VE tiltagene med 2,5 mia. kr.

Beregningerne tager udgangspunkt i, at elektrofuels bidrager med en reduktion på 1 mio. ton CO₂.



Figur 7: Den årlige meromkostning i 2030 for at indfri en reduktion på 10,7 mio. ton CO₂.

Øges elektrofuelproduktionen, så 70 pct. målet nås, vurderes de årlige omkostninger at stige med ca. 5,8 mia. kr./år.

Hvis EE tiltagene ikke gennemføres, men der fortsat skal opnås samme CO₂-reduktion på 66 pct., øges den samlede meromkostning fra 2,9 mia. kr./år i 2030 til 5,5 mia. kr./år. Besparelsen ved EE-tiltagene udgør således 2,6 mia. kr. Forudsættes en lineær stigning i besparelsen fra 2020 til 2030 vil den samlede besparelse over perioden være 14 milliarder.

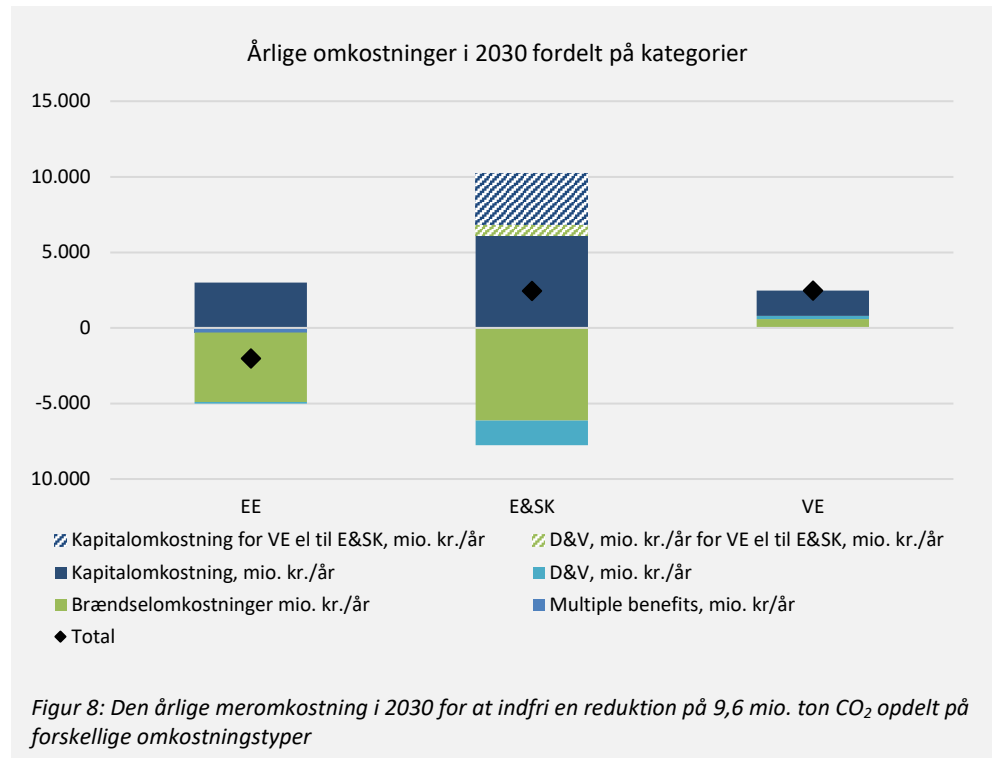
Det skal bemærkes, at virkemiddelomkostninger er ikke opgjort, da de vil afhænge af, hvilken regulering og typer af virkemidler, der anvendes fra politisk side. Virkemiddelomkostninger kan fx bestå af omkostninger til informationskampagner eller skatteforvridningstab i forbindelse med støtteomkostninger.

Figur 8 viser de årlige omkostninger opdelt på forskellige omkostningskategorier.

- **Kapitalomkostninger:** Årlige omkostninger til investeringer. Inkluderer finansiering.
- **Drift og vedligehold (D&V):** Løbende udgifter til driften og vedligeholdelse af infrastrukturen og investeringer fx. varmeinstallationer eller køretøjer
- **Brændselsomkostninger:** Udgifter til brændsler og importeret el. For brændselsforbrug som kræver investering i bagvedliggende dansk produktion (fx installation af ny vindkraft) er en andel af brændselsomkostningen flyttet til kapital- og D&V omkostningerne.
- **Multiple benefits:** Afledte gevinster fra energispareprojekter i form af eksempelvis bedre komfort, øget produktivitet og indlæring og bedre helbred.

Figur 8 viser nettoomkostninger. Dvs. når en elbil erstatter en fossilbil indgår kun meromkostningen til elbilen. Det fremgår at omstillingen medfører væsentligt højere kapitalomkostninger i alle kategorier, men overordnet også lavere omkostninger til import af brændsler og el.

Tiltag som indfasning af elbiler og eldrevne varmepumper og produktion af elektrofuels kræver øget udbygning med VE-baseret elforsyning. I Figur 8 er disse omkostninger vist med skravering, fordi de er kategoriseret under elektrificering og sektorkobling, men dækker over investeringer i VE-produktionskapacitet.



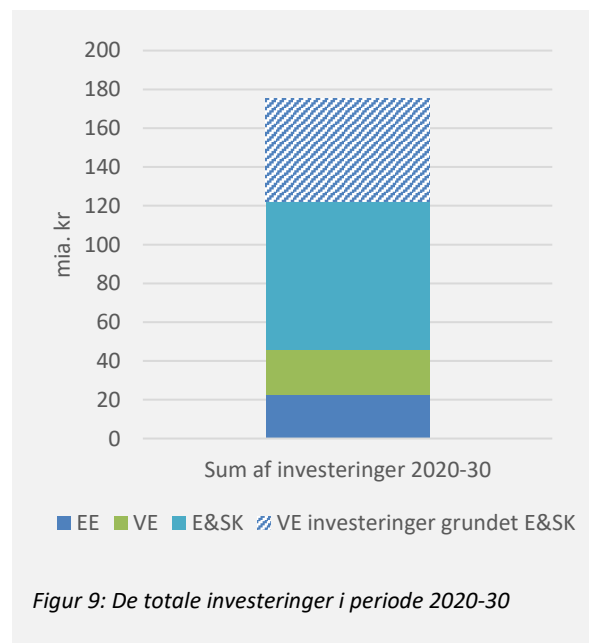
Bioethanol og biodiesel, antages at blive importeret til Danmark og håndteres derfor som brændsler i opgørelserne.

Multiple benefits forekommer i forbindelse med energiforbedringer (EE) og udgør en besparelse for samfundet på godt 300 mio. kr./år i 2030.

Totale investeringer i perioden 2020-2030

Figur 9 viser de totale nødvendige investeringer over perioden 2020-2030.

Som nævnt tidligere medfører udbredelsen elbiler, varmepumper og elektrofuels investeringer i VE elkapacitet. Disse investeringer er vist særskilt, da de knytter sig til både E&SK og VE (skraveret område).



Bilag

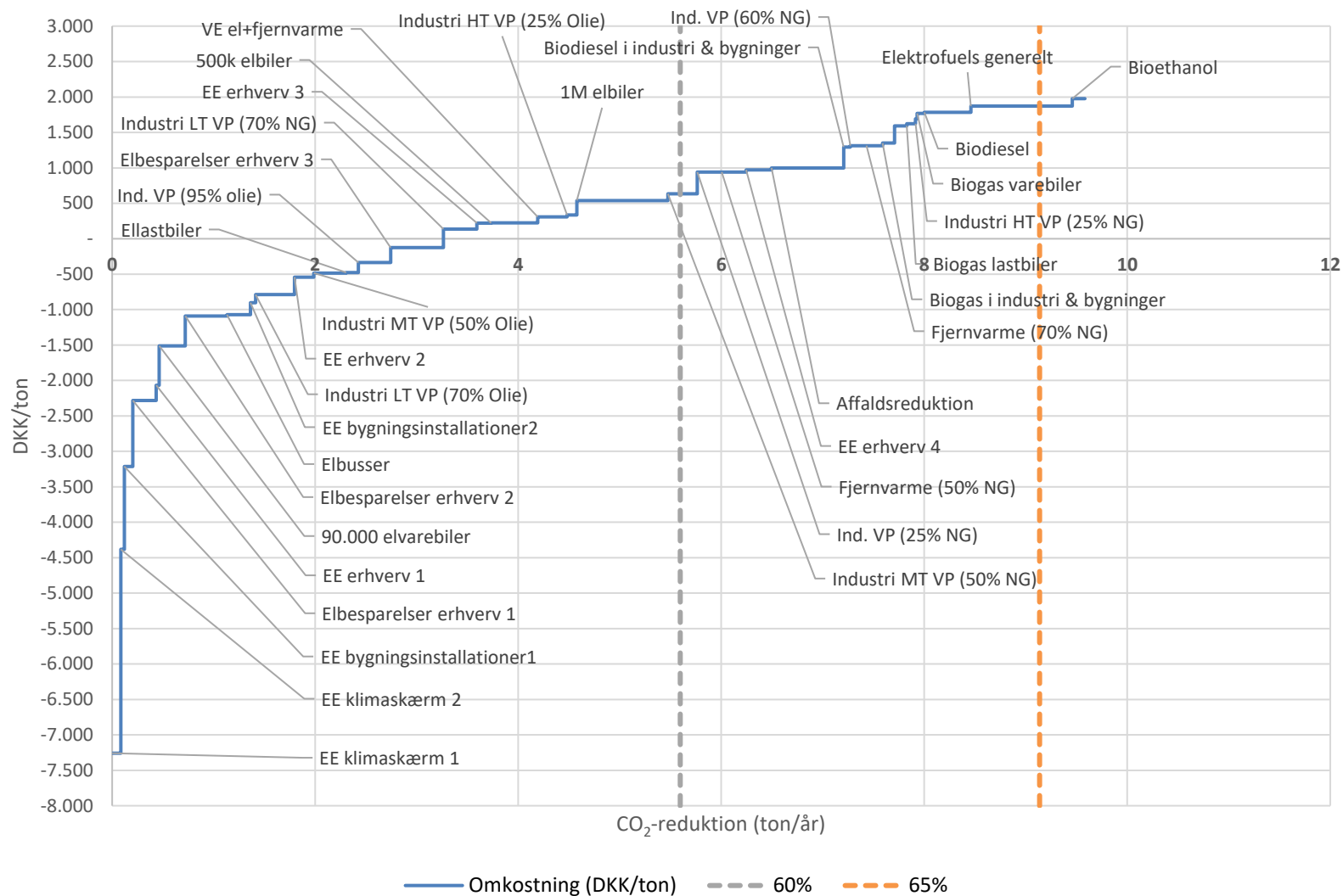
Liste over CO2-reduktionstiltag og deres bidrag i mio. ton CO2.

	EE	VE	SK
1M elbiler			0,897
500k elbiler			0,458
90.000 elvarebiler			0,257
Affaldsreduktion		0,710	
Biodiesel		0,457	
Biodiesel i industri & bygninger		0,066	
Bioethanol		0,124	
Biogas i industri & bygninger		0,117	
Biogas lastbiler		0,121	
Biogas turistbusser		0,016	
Biogas varebiler		0,071	
EE bygningsinstallationer1		0,085	
EE bygningsinstallationer2		0,051	
EE erhverv 1		0,030	
EE erhverv 2		0,190	
EE erhverv 3		0,140	
EE erhverv 4		0,250	
EE klimaskærm 1		0,085	
EE klimaskærm 2		0,034	
Elbesparelser erhverv 1		0,230	
Elbesparelser erhverv 2		0,410	
Elbesparelser erhverv 3		0,520	
Elbusser			0,231
Elektrofuels generelt			1,000
Ellastbiler			0,121
Fjernvarme (50% NG)			0,241
Fjernvarme (70% NG)			0,159
Ind. VP (25% NG)			0,241
Ind. VP (60% NG)			0,159
Ind. VP (95% olie)			0,317
Industri HT VP (25% NG)			0,087
Industri HT VP (25% Olie)			0,096
Industri LT VP (70% NG)			0,330
Industri LT VP (70% Olie)			0,384
Industri MT VP (50% NG)			0,290
Industri MT VP (50% Olie)			0,318
VE el+fjernvarme		0,290	
Hovedtotal		2,025	1,973
			5,585

Liste over CO2-reduktionstiltag og tilhørende CO2-reduktionsomkostning i kr./ton.

	EE	VE	SK
1M elbiler			539
500k elbiler			223
90.000 elvarebiler			-1512
Affaldsreduktion		1000	
Biodiesel		1783	
Biodiesel i industri & bygninger		1295	
Bioethanol		1977	
Biogas i industri & bygninger		1349	
Biogas lastbiler		1593	
Biogas turistbusser		1693	
Biogas varebiler		1768	
EE bygningsinstallationer1	-3212		
EE bygningsinstallationer2	-902		
EE erhverv 1	-2067		
EE erhverv 2	-542		
EE erhverv 3	221		
EE erhverv 4	972		
EE klimaskærm 1	-7259		
EE klimaskærm 2	-4382		
Elbesparelser erhverv 1	-2283		
Elbesparelser erhverv 2	-1090		
Elbesparelser erhverv 3	-125		
Elbusser			-1072
Elektrofuels generelt			1870
Ellastbiler			-476
Fjernvarme (50% NG)			941
Fjernvarme (70% NG)			1314
Ind. VP (25% NG)			941
Ind. VP (60% NG)			1314
Ind. VP (95% olie)			-336
Industri HT VP (25% NG)			1623
Industri HT VP (25% Olie)			336
Industri LT VP (70% NG)			137
Industri LT VP (70% Olie)			-789
Industri MT VP (50% NG)			634
Industri MT VP (50% Olie)			-484
VE el+fjernvarme		309	

MAC kurve



Note til MAC-kurve:

Nummereringen af de forskellige energieffektiviseringstiltag dækker over forskellige omkostningsgrupper af tiltag og kan således ikke direkte kobles til specifikke tiltag.

Note vedrørende udskiftning af naturgasfyr: Der opereres med to niveauer af tiltag, hvor første tiltag tager udgangspunkt i et naturligt udskiftningsforløb. Dette svarer til et forbud mod at installere nye naturgasfyr og resulterer i en reduktion på ca. 50% i 2030 i forhold til 2020. Alle udtjente naturgasfyr udskiftes med en luft-vand varmepumpe eller fjernvarme, hvor det antages, at fjernvarme er økonomisk ligestillet med individuelle luft-vand varmepumper. Naturgas ligger ofte i eller tæt på fjernvarmeområder. 50%-reduktion tiltaget er derfor opdelt, hvor 25% erstattes af luftvand varmepumper og 25% erstattes af fjernvarme (tiltagene "Ind. VP (25% NG)" og "Fjernvarme (50 % NG)"). Det andet tiltag tager udgangspunkt i en hurtigere udskiftning, hvor en total reduktion på 70% opnås i 2030. Dette tiltag er en overbygning på forrige tiltag og beskriver derfor konsekvenserne ved at øge målet i 2030 fra 50% til 70% (tiltagene "Ind. VP (60 % NG)" og "Fjernvarme (70 % NG)"). En 70% reduktion kræver, at en andel af naturgasfyrene udskiftes, før de er udtjente, hvilket hæver omkostningerne ved udskiftningen, da investeringerne for disse anlæg ikke nødvendigvis er afskrevet endnu. Igen erstattes fyrene med både luft-vand varmepumper og fjernvarme.