



CO₂-kompensationstiltag - the missing link

En fremskrivning af drivhusgasudledninger for Aarhus Kommune viser en manko på ca. 600.000 ton CO₂-ækv. i 2030 selv efter kraftig elektrificering og ambitiøs udfasning af fossile brændsler. Størstedelen af mankoen vedrører transportsektoren og affaldsforbrænding. Dette dokument giver en oversigt over potentielle tiltag – ”missing links” – til at kompensere for manglende nedbringelse af drivhusgasudledningerne, så målsætningen om CO₂-neutralitet for Aarhus Kommune i 2030 regnskabsmæssigt kan opfyldes.

Tværgående sammenfatning

Tabellen nedenfor giver en oversigt over de tiltag, som adresseres.

Tiltag	Beskrivelse	Potentiale	Kommunens rolle
Etablering af energiværk/bio-brændstoffabrik i Aarhus	Produktion af biobrændstof ud fra træ og brint erstatter fossile alternativer	Energiværk, som beskrevet af Energinet fortrænger omkring 900.000 ton CO ₂ årligt. Økonomien meget afhængig af betalingsvillighed for biobrændstof.	Facilitator og eventuelt investor
Etablering af CO ₂ -fangst og lagring i Aarhus	Indfangelse og lagring af CO ₂ i undergrunden	Eksempel: Etablering på Studstrup kan give 1.200.000 ton CO ₂ årligt. Omkostning op mod 900 kr./ton.	Facilitator og eventuelt investor
Skovrejsning udenfor Aarhus	CO ₂ -lagring i biomasse og reduceret udledning fra landbrug	80.000 ha skov- rejsning (40*20 km) giver ca. 800.000 ton CO ₂ reduktion årligt. Omkostning op mod 600 kr./ton.	Investor/lejer og evt. forpagter
Etablering af havmøller	Bidrag til højere andel af vedvarende energi (VE) i elproduktionen	Usikkerhed om CO ₂ -effekten, da den afhænger af CO ₂ indholdet i fortrængt el. Potentielt et billigt tiltag.	Facilitator og investor
Annullering af CO ₂ -kvoter	Opkøb og annullering af CO ₂ -kvoter	Potentialet er skalerbart, men der er betydelig usikkerhed om reel effekt.	Køber af kvoter.
CO ₂ -projekter i udlandet	Investere i fx vindmøller i venskabsbyer i vækstlande	Potentialet er skalerbart. Formentlig lave reduktionsomkostninger.	Facilitator og eventuelt investor.

Vurdering af tiltag

Til brug for sammenligning af forskellige kategorier af kompenserende tiltag er der opstillet syv kriterier, som hver især spiller ind på, hvor velegnet et tiltag vil være i dag og i fremtiden.

Kriterie	Beskrivelse
Økonomi og CO ₂ -reduktionseffekt	Så vidt det er muligt tegnes et kvantificeret billede af CO ₂ -reduktionseffekt og omkostninger ved tiltaget.
SEP-regnskabskompatibilitet	Hvorvidt et givet tiltag vil kunne indgå i kommunens CO ₂ regnskab efter Energistyrelsens vejledninger for strategisk energiplanlægning (SEP).
Additionalitet	Et tiltag er additionelt, når det fører til en reduktion i udledningen af drivhusgasser, som ikke ellers ville have fundet sted.
Ejerskab	Et tiltag med højt ejerskab ligger tæt på kommunens identitet og værdier, og de fleste borgere vil umiddelbart finde det relevant og berettiget.
Nærhed	Såvel den geografiske placering af tiltaget som synligheden (konkretheden) spiller en rolle for nærheden i forhold til borgere og politikere.
Fremtidsorientering	Et tiltag med stor fremtidsorientering vil have en CO ₂ reducerende virkninger med en lang tidshorisont.
Andre forhold	Andre relevante forhold ved tiltaget, der kan være af betydning for kommunen. F.eks. positive sideeffekter.

Etablering af energiværk/biobrændstoffabrik i Aarhus

- Etablering af et anlæg, der producerer biobrændstoffer til anvendelse i f.eks. transportsektoren.
- Som input anvendes fast biomasse (træ) og brint som produceres ud fra el fra nettet, som kan antages at være tæt på 100% grøn i 2030.
- Anlægget vil udover biobrændstof generere en væsentlig mængde overskudsvarme til fjernvarmeforsyningen, dog betydeligt mindre end fra Studstrup i dag.
- Anlægget kan designes, så det også producerer el, hvorved det kan bidrage til at balancere el-systemet, som både elforbrug og producent.
- Mange biobrændstofkonverteringsteknologier er i spil i dag, og erfaringerne med storskalaanlæg er meget begrænsede. Investeringsomkostningerne vurderes derfor behæftet med stor usikkerhed.
- Anlæggets økonomi afhænger af, at biobrændstoffer kan sælges til mindst den dobbelte pris af benzin/diesel i dag.
- Anlæggets miljømæssige bæredygtighed er afhængig af, at den indkøbte el er meget grøn, samt at den indkøbte biomasse er tilvejebragt under strenge bæredygtighedskriterier.
- Aarhus har gode infrastrukturelle forudsætninger for at være vært for et anlæg, f.eks. på Studstrup i form af gode havneforhold til indskibning af biomasse, udbredt fjernvarmenet og eksisterende el-infrastruktur. Aarhus Havn og Lisbjerg kunne også være egnede placeringer.

Kriterie	Beskrivelse
Økonomi og CO ₂ -reduktionseffekt	Koncept for central energiværk, som beskrevet af Energinet fortrænger årligt omkring 900.000 ton CO ₂ fra diesel/benzin. Økonomien er følsom over for salgspris på biobrændstof, investeringsomkostningen i anlæg og indkøbspris for el og biomasse. CO ₂ -effekten er afhængig af, at indkøbt el kan antages at være grøn.
SEP-regnskabskompatibilitet	CO ₂ -fortrængning fra anlæggets produktion af biobrændstof vurderes umiddelbart at være i overensstemmelse med principperne i SEP-vejledning.
Additionalitet	Tiltaget vurderes at have en høj grad af additionalitet.
Ejerskab	Tiltaget ligger tæt på kommunens identitet og værdier, og de fleste borgere kan antages at finde det relevant og berettiget.
Nærhed	I høj grad pga. den geografiske placering og synligheden.
Fremtidsorientering	I høj grad, da biobrændstoffabrikker vil være en afgørende sidste brik i det grønne puslespil.
Andre forhold	Anlægget vil have en meget stor demonstrationsværdi. Betydelig risiko for tekniske/økonomiske udfordringer.

Etablering af CO₂-fangst og lagring i Aarhus

- Etablering af et anlæg til fangst af CO₂ på enten Lisbjerg (BKVV og/eller affaldskraftvarmeanlæg), på Studstrupværket eller på et nyt biokraftvarme- eller biokedelanlæg.
- Der er flere teknologier i spil til CO₂-fangst. De to sidstnævnte egner sig bedst til anvendelse på nye produktionsanlæg.
 - Post-Combustion Capture
 - Pre-Combustion Capture
 - Oxy-Fuel Combustion
- Den indfangede CO₂ kan transporteres til et CO₂ lager på land eller til havs (f.eks. gammelt oliefelt). Norge har tilbudt sig som vært for CO₂-lagring. Alternativt kan CO₂-en anvendes som input til produktion af biobrændstoffer ved at tilføre brint i et metaniseringsanlæg.
- Oxy-fuel Combustion teknologi er egnet til kombination med biobrændstofproduktion, da overskudsilt fra brintproduktionen kan anvendes som oxy-fuel.
- CCS (Carbon Capture and Storage) bygger på kendt teknologi, men erfaringerne med storskalaanlæg er begrænsede, og investeringsomkostningerne vurderes derfor behæftet med stor usikkerhed.
- Aarhus har gode infrastrukturelle forudsætninger for at være vært for et CCS-anlæg, f.eks. på Studstrup i form af gode havneforhold til indskibning af biomasse, udbredt fjernvarmenet og eksisterende el-infrastruktur. Aarhus Havn og Lisbjerg kunne også være egnede placeringer.
- CCS-anlæg er dyre i investering og god økonomi vil derfor kræve mange driftstimer. Affaldskraftvarme vil derfor være bedre egnet end biokraftvarme.

Kriterie	Beskrivelse
Økonomi og CO ₂ -reduktionseffekt	Ifølge et nyere norsk studie ligger de samlede omkostninger til fangst, transport og lagring af CO ₂ på 820 - 935 DKK/ton CO ₂ . Udledningen på SSV3 vil, med 4.000 driftstimer, kunne reduceres med ca. 1,2 mio. ton CO ₂ årligt.
SEP-regnskabskompatibilitet	Vejledningen forholder sig ikke til CO ₂ -lagring, men man vil højst sandsynlig få OK til at godskrive det.
Additionalitet	Tiltaget vurderes at have en høj grad af additionalitet.
Ejerskab	Tidligere har der været en dels skepsis overfor CCS-løsninger, men der er stigende anerkendelse af, at CCS, særligt på biomasseanlæg, kan være nødvendigt. Kan derfor antages, at de fleste borgere vil finde tiltaget relevant og berettiget.
Nærhed	I høj grad pga. den geografiske placering og synligheden.
Fremtidsorientering	Ja, CCS på biomasseanlæg kan blive helt nødvendigt for at opfylde målet om at reducere den globale opvarmning til 1,5 °C og skabe negative emissioner på den lange bane.
Andre forhold	Sikkerhedsmæssige problemstillinger omkring transport af CO ₂ . Kan der skabes sikkerhed for at CO ₂ 'en bliver i undergrunden?

Skovrejsning udenfor Aarhus

- Tiltaget består i konvertering af landbrugsjord til skov.
- Konvertering til skov har en række positive afledte miljøeffekter.
 - Meget begrænset anvendelse af pesticider.
 - Agerlandsnatur konverteres til skovnatur med større biodiversitet.
 - Skove har en vigtig funktion til rekreative formål.
- Reduceret udledning af metan/lattergas fra landbrug og energiforbrug i landbrug.
- Kulstoflagring sker i veddet, i rødder og skovbunden. Nåletræer vokser hurtigst og har derfor større CO₂-optag en løvtræer, men pga. rekreative og æstetiske forhold vil man nok vælge et mix af træer.
- Billigst at konvertere sandjord, som har lavere værdi som landbrugsjord.
- Kompensation af 800.000 tons CO₂ vil i Danmark kræve et skovareal på ca. 80.000 ha, svarende til knap det dobbelt af Aarhus Kommunes totale areal.
- Tiltaget kan gennemføres i Danmark eller i udlandet.
- Reduceret landbrugsproduktion som følge af skovrejsning vil øge fødevarerpriserne og potentielt give incitament til skovrydning i andre dele af verden.

Kriterie	Beskrivelse
Økonomi og CO ₂ -reduktionseffekt	Ved gennemførelse i Danmark vil tiltaget kræve en væsentlig investering på over 10 mia. DKK til køb af landbrugsjord. CO ₂ -reduktionseffekten vil være begrænset i de første år. Omkostning per reduceret CO ₂ op mod 600 DKK/ton.
SEP-regnskabskompatibilitet	Vejledningen forholder sig ikke til skovrejsning. Risiko for dobbeltkontering, fordi skoven rejses nødvendigvis må rejses i andre kommuner (eller i udlandet) som har en interesse i også at indregne skovrejsningen i deres klimaregnskaber.
Additionalitet	Tiltaget vurderes at have en høj grad af additionalitet – dog risiko for øget skovrydning i andre dele af verden, som vil reducere tiltagets globale CO ₂ -effekt.
Ejerskab	Tiltaget ligger tæt på kommunens identitet og værdier, og de fleste borgere kan antages at finde det relevant og berettiget.
Nærhed	Begrænset da tiltaget gennemføres uden for kommunen. Kan øges ved at fokusere på skovrejsning i geografisk nærhed til Aarhus.
Fremtidsorientering	Ja, kan være en del af fremtidens klimaløsninger, men ingen eller begrænset innovationseffekt.
Andre forhold	Staten giver tilskud til skovrejsning, og der er en national ambition om at øge skovarealet. Skovrejsning vil have en række positive afledte effekter.

Etablering af havmøller

- Etablering af en eller flere havvindmølleparker og godskrivning af CO₂-reduktionen i Aarhus regnskab.
- Både Københavns Kommune og Sønderborg planlægger at anvende havvind/kystvind som CO₂-reduktionsmiddel.
- En del af kapaciteten kunne f.eks. placeres i Aarhus Bugt, andre steder i de indre danske farvande eller i Nordsøen. En placering tæt på Aarhus vil selvsagt have større nærhed til kommunen, men produktionsomkostningerne og ikke mindst de landskabsmæssige implikationer vil være større.
- Havmøller er faldet markant i pris over de senere år og produktionsomkostninger forventes i 2035 at ligge på omkring 30-40 øre/kWh inkl. nettilslutning. Selv med dette lave omkostningsniveau kan der dog være behov for produktions- eller investeringsstøtte, da afregningspriserne for havmøllerne i elmarkedet formentligt vil ligge omkring 10 øre/kWh lavere.
- Usikkerhed om CO₂-reduktionseffekten af en havvindudbygning, dels pga. nationale mål om VE-udbygning, og dels fordi VE-teknologier allerede er (næsten) konkurrencedygtige på elmarkedet
 - Vil Aarhus' udbygning med havvind i praksis erstatte nationale udbud med havvind?
 - Vil Aarhus' udbygning med havvind føre til lavere el-markedspriser og fortrænge udbygning med sol og vind i andre lande eller andre steder i Danmark?

Kriterie	Beskrivelse
Økonomi og CO ₂ -reduktionseffekt	CO ₂ -reduktionseffekten er forbundet med betydelig usikkerhed, eksemplificeret ved 400 MW havvind: Høj CO ₂ -faktor: 400 MW * 4.500 FLH * 0,5 ton/MWh = 900.000 ton CO ₂ Lav CO ₂ -faktor : 400 MW * 4.500 FLH * 0,05 ton/MWh = 90.000 ton CO ₂ Økonomisk støtte i kraft af billig finansiering og eventuelt produktionsstøtte (5 øre/kWh svarer til 90 mio. DKK årligt).
SEP-regnskabskompatibilitet	Egentlige havmøller kan ikke tilskrives kommunal CO ₂ -regnskab ifølge SEP-vejledningen. Kun halvdelen af kystnære havmøllers CO ₂ -reduktion kan tilskrives og deles med andre kystkommuner, der ligger op til parken. København Kommune har valgt ikke at følge SEP-vejledningen på dette punkt og indregner så vidt vides havmøllerne fuldt ud i eget regnskab.
Additionalitet	Jf. diskussion om CO ₂ -faktoren.
Ejerskab	Formentligt et tiltag de fleste borgere vil finde relevant og berettiget.
Nærhed	Afhængig af placeringen af havmøllerne. Møller placeret i Aarhus Bugt vil sagt have større nærhed end møller etableret i Nordsøen.
Fremtidsorientering	Ja, havvind vil med meget stor sandsynlig spille en afgørende for den grønne omstilling af energisystemerne i de kommende årtier.
Andre forhold	Sammenlignet med køb af VE-certifikater vil opstilling af havmøller levere på additionalitet, ejerskab og nærhed.

Annulering af CO₂-kvoter

- Indkøb og annullering af CO₂-kvoter under EU's kvotehandelssystem.
- Prisen på CO₂-kvoter er steget over de sidste par år og ligger i dag tæt ved 200 DKK/ton.
- I princippet lægger kvotesystemet et låg over emissionerne fra elsektoren og den tunge industri.
 - Ved at tage en kvote ud af system vil man derfor i princippet spare atmosfæren for udledning af et ton CO₂.
 - Reglerne er imidlertid ændret over de senere år, således at der fjernes kvoter fra systemet, når der er et stort kvoteoverskud, som det er tilfældet i dag.
 - Ved at opkøbe kvoter vil kvoteoverskuddet blive reduceret, og dermed vil EU annullere færre.
 - Den reelle klimaeffekt af kvotekøb kan derfor blive meget begrænset eller tæt ved nul.

Kriterie	Beskrivelse
Økonomi og CO ₂ -reduktionseffekt	Prisen ligger på ca. 200 DKK/ton og forventes at stige over tid. CO ₂ -reduktionseffekten ved kvotekøb vurderes, under den gældende regulering, at være behæftet med stor usikkerhed og kan potentielt være meget lav.
SEP-regnskabskompatibilitet	Vejledningen forholder sig ikke til køb af CO ₂ -kvoter.
Additionalitet	Den reelle CO ₂ gevinst vurderes at være lille.
Ejerskab	Et abstrakt tiltag som vurderes at have en lav ejerskabsfølelse blandt kommunens borgere.
Nærhed	I meget lille grad pga. tiltagets abstrakte karakter.
Fremtidsorientering	-
Andre forhold	-

CO₂-projekter i udlandet

- Gennemførelse af CO₂-reduktionsprojekter i udlandet, fx i venskabsbyer som Aarhus har et myndighedssamarbejde med.
- Projekterne kunne for eksempel vedrøre grøn fjernvarme eller havvind.
- Aarhus bidrag til projekterne kunne være i form af billig finansiering, knowhow eller ejerskab.
- Indsatsen kunne koordineres med de lande som Danmark har energi- og klimasamarbejde med. Lande som indgår i samarbejdsprogrammer i regi af Energistyrelsen.
- Projekterne vil kunne brande Aarhus og Danmark internationalt og fremme dansk teknologi og danske virksomheder.
- CO₂-reduktionseffekten vil være større end herhjemme, da projekterne vil fortrænge ineffektive kulkraftværker.

Kriterie	Beskrivelse
Økonomi og CO ₂ -reduktionseffekt	Vil afhænge af de konkrete projekter. Mange tiltag vil givetvis kunne gennemføres til en CO ₂ -reduktionsomkostning under 200 DKK/ton.
SEP-regnskabskompatibilitet	Vejledningen forholder sig ikke til gennemførelse af CO ₂ -projekter i udlandet.
Additionalitet	Tiltaget vil kunne have en høj grad af additionalitet.
Ejerskab	Kan blive en udfordring at skabe ejerskabsfølelse blandt kommunens borgere. Kan omfattes som aflad, hvis de positive effekter ikke kommer tydeligt frem.
Nærhed	I mindre grad – fokus på venskabsbyer kan dog gøre projekterne mere nærværende.
Fremtidsorientering	Ja, overførsel af teknologisk knowhow til vækstlande bliver meget afgørende for at opfylde de globale klimamål.
Andre forhold	-

Bilag vedr. skovrejsning

Illustration af omtrentlig størrelse på det areal, der skal skovrejses, for at opnå en CO₂ reduktion på ca. 800.000 tons årligt.

Der betragtes en case med rejsning af blandet nåleskov og løvskov.

