

....

Grøn omstilling af luftfarten med PtX-brændstoffer

Anbefalinger til en dansk strategi
for grøn omstilling af luftfarten



September 2022



Afsendere

Producenter af PtX-flybrændstof



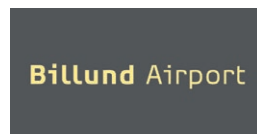
Syntese- og brændstofleverandører



Aftagere



Infrastruktur



Øvrige



Forsidefoto: Copenhagen Airport, Ernst Tobisch

Forord

Luftfarten er afgørende for verdens sammenhængskraft

Luftfart binder verden sammen og er i høj grad Danmarks forbindelse til omverdenen. Den bringer enorme fordele for verdenssamfundet, øget økonomisk samhandel og styrker dansk erhvervsliv. Passagertrafikken oplevede pre-corona en kæmpe vækst og rundede over 36 mio. passagerer i Danmark i 2019. På samme tid har luftfarten de seneste år været under et enormt pres pga. sektorens CO₂-udledninger og nødvendigheden i at sikre den grønne omstilling. Dertil kommer, at corona har sat luftfarten tilbage og har efterladt mange virksomheder i finansielt vanskelige positioner.

Luftfarten er i dag afhængig af fossilt flybrændstof. Derfor er det afgørende med udvikling af bæredygtige grønne løsninger, der kan erstatte de fossile brændstoffer. Sammen med effektivisering af flydesign, motorer og drift er udvikling af bæredygtige flybrændstoffer fundamental for den grønne omstilling af en sektor, der anslås at udlede ca. 2-3 % af de globale CO₂-udledninger.

Danmark som Power-to-X foregangsland

Power-to-X (PtX) er en af de helt centrale løsninger, der skal sikre produktion af bæredygtigt brændstof til luftfartssektoren. Udviklingen af PtX-brændstoffer er kommet langt, men hvis den grønne omstilling af luftfarten for alvor skal accelereres, er der behov for at nå storskalaproduktion senest i 2030.

Danmark har alle muligheder for at blive en førende europæisk PtX-aktør, også indenfor flybrændstoffer. Vi har adgang til konkurrencedygtig grøn strøm, grønne kulstofressourcer og et integreret energisystem i verdensklasse. Derudover har vi i Danmark globalt førende virksomheder, der har ambitioner og visioner til at drive udviklingen og anvendelsen af PtX. Ikke mindst har vi en stærk tradition for at finde gode løsninger i fællesskab og på tværs af sektorer. Det giver os en unik position, som rummer muligheden for, at Danmark kan blive producent af nye, grønne brændstoffer. Samtidig kan det blive et

eksporteventyr for Danmark. Lokal dansk PtX-produktion kan ydermere bidrage til at reducere det globale behov for transport af brændstoffer samt styrke europæisk forsyningssikkerhed.

Det kræver dog, at vi får skabt et hjemmemarked. At vi viser omverdenen, at det er muligt at omstille luftfarten uden at gå på kompromis med velfærd, men tværtimod bruge den grønne omstilling til at skabe værdi for Danmark.

Rammerne for fremtidens grønne luftfart skal på plads nu

Vi er en række førende danske aktører på tværs af den grønne værdikæde indenfor produktion af grønne PtX-brændstoffer og luftfartssektoren, der er gået sammen for at pege på de nødvendige politiske rammer, der er afgørende for at accelerere den grønne omstilling af luftfarten.

Luftfartssektoren er vigtig både i et klima- og erhvervs-perspektiv, og derfor har den danske regering også besluttet, at der i 2022 skal udarbejdes en strategi for grøn omstilling af luftfarten. Folketinget vedtog i marts 2022 en PtX-strategi med en ambition om 4-6 GW elektrolyse i 2030 og en ambition om, at Danmark skal være nettoeksportør af grøn energi. I juni 2022 vedtog Folketinget en ambition om massiv udbygning af vedvarende energi (VE) frem mod 2030. Det er vigtige skridt til at skabe fundamentet for den danske PtX-industri. Nu kommer det næste og afgørende skridt ift. hvordan vi får brugt de grønne PtX-brændstoffer i omstillingen af luftfartssektoren.

Omstilling af luftfarten kræver handlekraft og samarbejde, og det er helt afgørende med konkrete tiltag. Vi er klar til den grønne omstilling, men der er behov for klarere rammevilkår og politiske ambitioner.

Disse anbefalinger er vores indspil til strategien for grøn omstilling af luftfarten.

God læselyst!

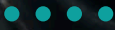


Foto: DCC & Shell Aviation

Indhold

Indhold og resumé af anbefalinger	7
Kapitel 1: Status på produktion og anvendelse af PtX-flybrændstoffer	
· Fra grøn strøm til grønt flybrændstof	13
· Høje mål for udbygning af grøn strøm mod 2030 kræver handling	15
· Regulering på vej til at fremme anvendelsen af grønne flybrændstoffer	17
· Anvendelse af brændstoffer i luftfartindustrien – i dag og fremover	19
Kapitel 2: Ambition for produktion af PtX-flybrændstof mod 2030	
· Produktion af 500 mio. liter PtX-flybrændstof i Danmark i 2030	23
Kapitel 3: Barrierer og anbefalinger	
· Overblik over barrierer og anbefalinger for PtX-flybrændstoffer i Danmark	27
· Barriere 1: Stort prisgab mellem fossilt og PtX-flybrændstof gør det svært at håndtere risiko i lange kontrakter	28
· Anbefaling 1: Nye virkemidler skal mindske prisgab og fremme PtX-flybrændstoffer	30
· Barriere 2: Mangel på kulstofressourcer kan bremse den grønne omstilling af luftfarten	34
· Anbefaling 2: Rammer for storskala CO₂-fangst og anvendelse skal på plads nu	36
· Barriere 3: Uambitiøse klimamål for luftfarten gør det svært for aktører at sætte rettidigt i gang med den grønne omstilling	38
· Anbefaling 3: Højere EU-krav til PtX-flybrændstoffer i 2030 samt dansk ambition om 100 % grøn luftfart senest i 2050	40



Indledning

Power-to-X flybrændstof bliver den afgørende løsning mod 2050

Luftfarten står overfor en kæmpe opgave, hvis sektoren skal nå målet om klimaneutralitet i 2050. Det vil kræve nye grønne løsninger, som skal skaleres til storskala på rekord tid.

Illustration 1 viser, at der findes forskellige typer grønne teknologier, som kan nedbringe CO₂-udledningerne fra luftfarten. Der vil i fremtiden komme både brint-fly og batterifly, men langt størstedelen af alle fly forventes at være identiske med de fly, som vi alle kender i dag. Forskellen vil dog være, at de i fremtiden flyver på bæredygtige brændstoffer fremfor fossile brændstoffer.

Der findes i dag to typer af bæredygtigt flybrændstof, som kan erstatte fossilt flybrændstof: biobaseret brændstof og PtX-brændstof. Biobaseret brændstof, er en teknologi, hvor biomasser eller restaffald fra fødevarerindustrien omdannes til brændstof. Der findes allerede i dag storskalaproduktion af biobaseret brændstof, men da bl.a. affaldsprodukterne er en begrænset ressource, vil det ikke være muligt at skalere produktionen til luftfartens globale forbrug.

PtX-brændstof er derimod baseret på vedvarende energi og CO₂, hvilket potentielt er to uudtømmelige ressourcer. Det forventes derfor, at PtX-flybrændstoffer i fremtiden bliver den afgørende teknologi i den grønne omstilling af luftfarten.

Danmark skal kickstarte storskalaproduktion af PtX-flybrændstof i Europa

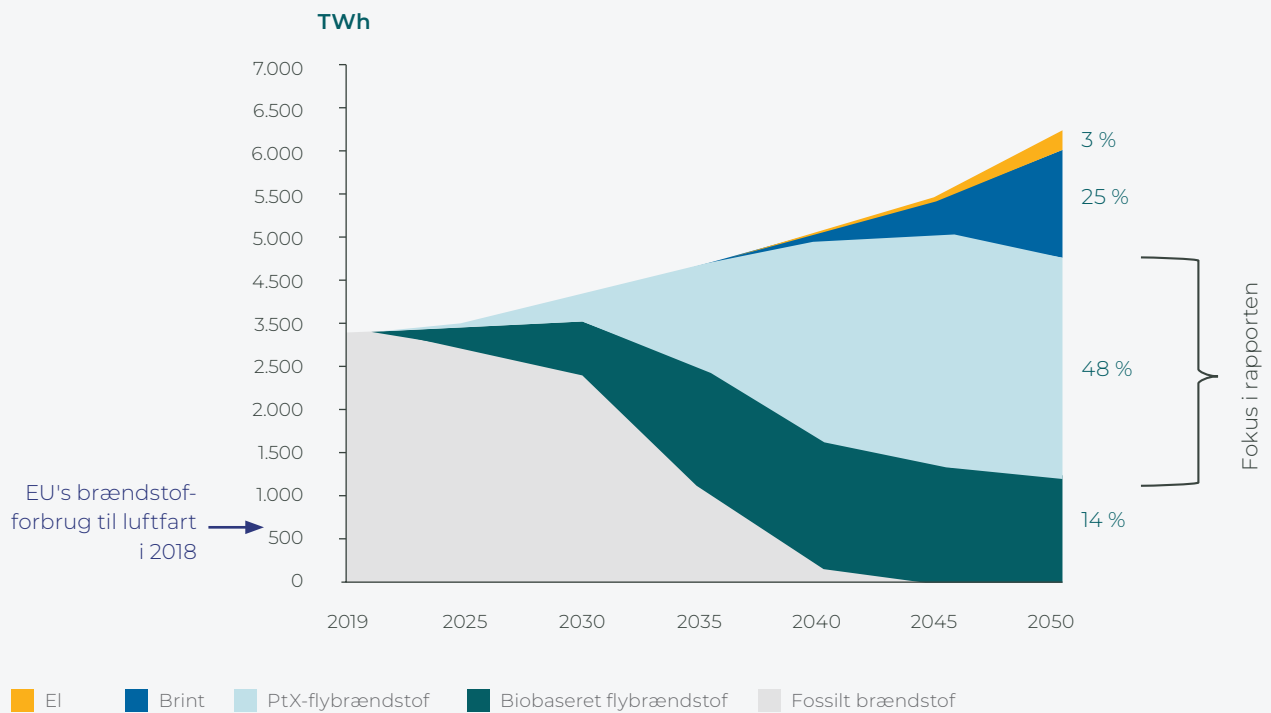
Udviklingen af PtX-flybrændstoffer vil ikke ske uden de rette incitament. Det er en stor udfordring at få gennemført en international omstilling af luftfarten, da det kræver hundredvis af storskala PtX-flybrændstofanlæg. Danmark kan kickstarte denne udvikling og samtidig tage ansvar for vores andel af internationale luftfartemissioner.

Danmark er allerede godt på vej med høje ambitioner for udbygning af grøn strøm og elektrolyse i 2030. Storskalaproduktion af PtX-flybrændstoffer kan være med til at sikre, at vi når de høje ambitioner og dermed tager et væsentligt skridt i retningen mod klimaneutralitet. De ambitiøse mål frem mod 2030 er vigtige, men planer og nye rammevilkår skal konkretiseres hurtigt, så udbygning af VE-produktion og energiinfrastruktur står klar i rette tid.

Denne rapportes anbefalinger giver et samlet bud på, hvordan omstillingen af luftfarten kan accelereres. Der er store udbygninger af vedvarende energi på vej, men hvis den grønne strøm skal nå hele vejen til luftfarten, så er brug for klare ambitioner og rammevilkår for produktion af PtX-flybrændstoffer.

Illustration 1

Den grønne omstilling kræver forskellige typer af grønne teknologier og brændstoffer. PtX-brændstoffer vil i fremtiden blive den mest dominerende.



Kilde

Mission possible partnership / Clean Skies for Tomorrow 2021: 10 critical insights on the path to a net-zero aviation sector. Oktober 2021.



Resumé af anbefalinger



Hovedanbefaling

Produktion af 500 mio. liter PtX-flybrændstof i Danmark i 2030

Baseret på udmeldte PtX-projekter i Danmark, anbefaler rapporten en dansk ambition om produktion af minimum 50 mio. liter PtX-brændstof i 2025 og minimum 500 mio. liter i 2030. Brændstoffet skal være til både national og international luftfart. Ambitionen i 2030 svarer til 40 % af det flybrændstof, der tankes i Danmark^[1] og lidt over 1 % af det europæiske forbrug. Fundamentet for PtX-produktion i Danmark er, at de ambitiøse mål for VE- og brintudbygning mod 2030 bliver realiseret. PtX-flybrændstoffet kræver brint fra omtrent 2 GW elektrolyse i 2030.

Rapporten indeholder tre centrale anbefalinger, som er afgørende for at kunne nå hele vejen til storskalaproduktion af PtX-flybrændstoffer i Danmark frem mod 2030:



Anbefaling 1

Nye virkemidler skal mindske prisdækket og fremme PtX-flybrændstoffer

En høj produktionspris for PtX-flybrændstoffer sammenlignet med fossilt flybrændstof er en stor barriere. Denne udfordring bør løftes fælles af både EU, nationalstater og luftfartindustrien. En "ETS-kompensation" i form af ETS-kvoter til aftagere, der benytter PtX-flybrændstof, anbefales indført af EU for at bidrage til at mindske prisdækket i en opstartsperiode. Både markedsaktører og den danske stat bør bidrage med finansiering og risikodeling for at få det resterende prisdækket på PtX-brændstoffer lukket, således at der kan træffes beslutning om at investere i storskala PtX. Den nyetablerede "Grøn Fond" vil frem til 2030 få et provenu på ca. 20 mia. kr. og bør hermed bidrage til finansiering af grøn omstilling af luftfarten med PtX-brændstoffer.



Anbefaling 2

Rammer for storskala CO₂-fangst og anvendelse skal på plads nu

For at Danmark kan lykkes med grøn flybrændstofproduktion, skal der sikres adgang til grønt kulstof. Her er CO₂-fangst fra større punktkilder den mest realistiske storskala løsning mod 2030. Ambitionen om produktion af 500 mio. liter PtX-flybrændstof i 2030 kræver fangst af mindst 1,5 mio. ton CO₂. Derfor skal der fremadrettet sikres attraktive vilkår for anvendelse (CCU) af grønt CO₂, hvor der politisk hidtil kun er fundet virkemidler til lagring (CCS) af CO₂. Desuden skal der udvikles nye veje til fangst af kulstof til grøn luftfart, som kan supplere CO₂-punktkilder i fremtiden.



Anbefaling 3

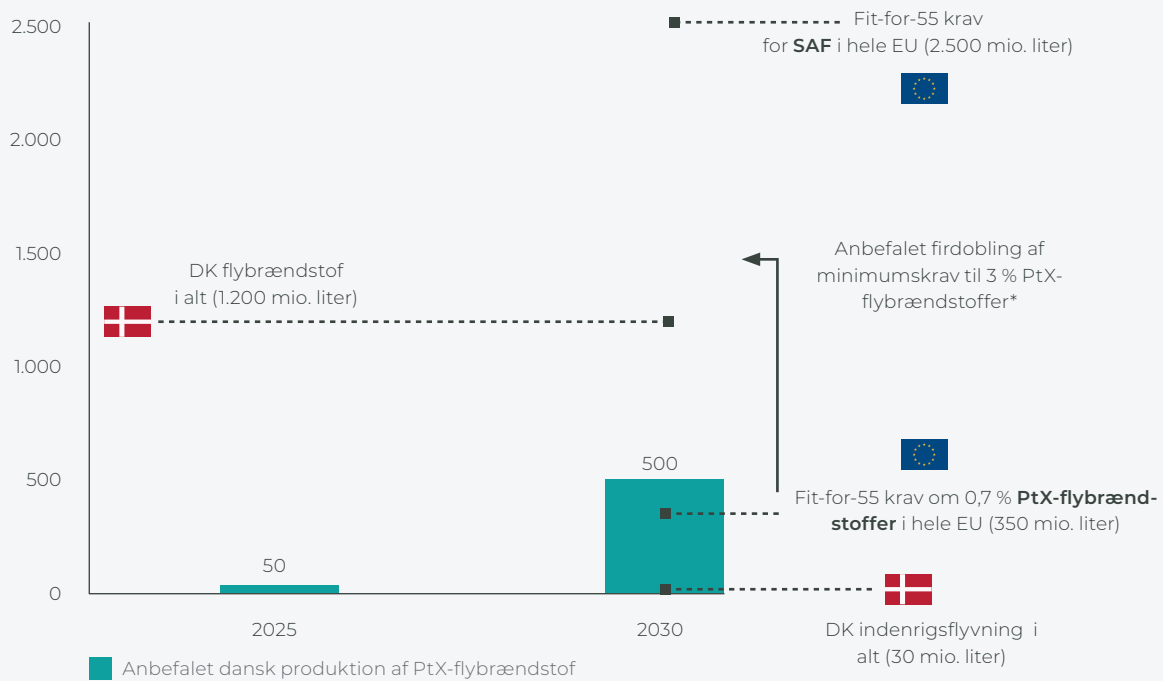
Højere EU-krav til PtX-flybrændstoffer i 2030 samt dansk ambition om 100 % grøn luftfart senest i 2050

Med EU's nye plan for bl.a. brint (REPowerEU) er der lagt op til en firdobling af brintforbruget i EU i 2030 ift. udspillet for EU's 55 % klimamål (Fit-for-55). Set i lyset af de markant højere ambitioner for brint i EU, anbefales det, at minimumskravet til PtX-flybrændstoffer også mindst firdobles fra 0,7 % til 3 % i 2030. Derudover bør Danmark have en ambition om 100 % grøn omstilling af luftfarten senest i 2050 til både national og international luftfart. Danmarks indsats for en grøn luftfart mod 2030 bør se ud over den nationale 70 %-klimamålsætning og samlet set understøtte, at Danmark kan blive et foregangsland for grøn omstilling af luftfarten med PtX-brændstoffer.

Illustration 2

En dansk ambition om at producere minimum 50 mio. liter PtX-flybrændstof i 2025 og 500 mio. liter i 2030 kan kickstarte storskalaproduktion i Europa

Mio. liter pr. år



* 3 % PtX-flybrændstoffer vil kræve omtrent 7 GW af den forventede europæiske brintproduktion på ca. 100 GW i 2030.

Kilder

^[1] Danmarks flybrændstofforbrug er på ca. 1 og 0,03 Mtoe til hhv. international luftfart og indenrigsflyvning (Eurostat, 2018). Det svarer til hhv. ca. 43 og 1,3 PJ eller samlet ca. 1.200 mio. liter forbrug i Danmark, hvoraf ca. 30 mio. liter er indenrigs.

^[2] EU's samlede flybrændstofforbrug er på ca. 41 og 6 Mtoe til hhv. international luftfart og regional flyvning i EU (Eurostat, 2018). Dette svarer til hhv. ca. 1700 PJ og 250 PJ eller samlet 50.000 mio. liter, hvormed et krav på minimum 0,7 % PtX-flybrændstoffer (syntetiske flybrændstoffer) svarer til ca. 350 mio. liter.



Foto: CrossBridge

Kapitel 1

Status på produktion og anvendelse af PtX-flybrændstoffer



Fra grøn strøm til grønt flybrændstof

Flere teknologier skal i spil, hvis luftfartens drivmidler skal gøres klimaneutrale. Power-to-X er en af de helt afgørende teknologier, der omdanner grøn strøm og kulstof til bæredygtigt flybrændstof. Teknologien har et enormt potentiale, da den kan skaleres til det globale forbrug i 2050.

Indfasning af bæredygtigt flybrændstof – også kaldet Sustainable Aviation Fuel (SAF) – er afgørende for den grønne omstilling af luftfarten. Flere flyselskaber har allerede med flådefornyelser nedbragt CO₂-udledninger, men hvis luftfarten skal nå målet om klimaneutralitet i 2050 og samtidig være en voksende branche, så er nye, grønne drivmidler en nødvendighed.

Grønt PtX-flybrændstof kan skaleres og fjerne CO₂- og øvrig drivhusgasudledning fra luftfarten

Det bæredygtige brændstof skal opfylde internationale krav og standarder, så det kan anvendes i eksisterende fly. Der anvendes allerede i dag små mængder bæredygtigt flybrændstof, som er baseret på fx affaldsolier fra madfremstilling og tilberedning samt restolier fra afgrøder. Biobaseret flybrændstof har dog den udfordring, at det er baseret på en knap ressource, og den nuværende produktion dermed ikke kan opskaleres til det globale forbrug. Det er derimod anderledes med PtX, som er baseret på vedvarende energi og CO₂, hvilket potentielt er to udtømmelige kilder. Derudover har PtX-brændstof væsentligt bedre non-CO₂ egenskaber, da brændstoffet ikke indeholder aromatiske forbindelser, som er indeholdt i fossilt brændstof. De aromatiske forbindelser gør, at der under særlige omstændigheder dannes iskrystaller, hvilket øger udledningen af drivhusgasser. Der er endnu ikke fuld forståelse for udledninger forbundet med de aromatiske forbindelser, men forskning tyder på, at de kan have en betydelig effekt på de samlede drivhusgasudledninger fra luftfarten. PtX forventes derfor at blive

en afgørende teknologi, hvis luftfartens drivmidler skal gøres bæredygtige både ift. CO₂-udledning og øvrige drivhusgaseffekter.

Teknologier er kendte, men ikke i industriel storskala

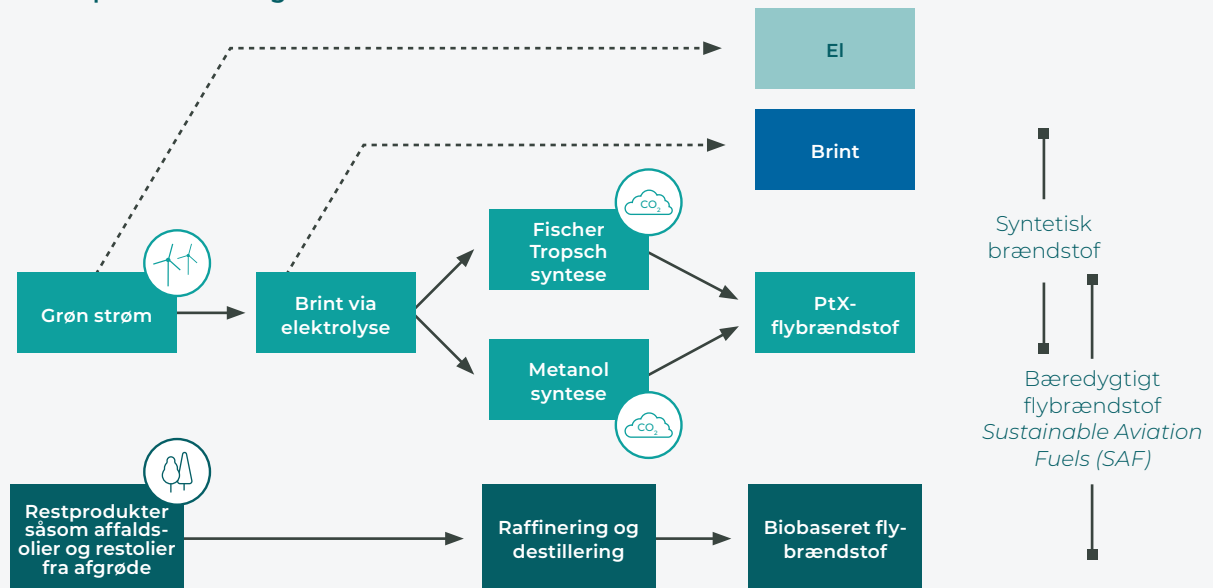
Der findes i dag to teknologier til produktion af PtX-flybrændstof: Fischer Tropsch syntese og metanol syntese. Begge teknologier er kendte, men ingen af dem er endnu testet i industriel storskala. Brændstof produceret via Fischer Tropsch syntese er allerede godkendt til anvendelse i luftfarten (op til 50 % blend-in), mens brændstof produceret via metanol syntese på nuværende tidspunkt testes og analyseres. Teknologierne har forskellige potentialer og ligeledes forskellige barrierer. Det er uvist, hvilken af de to teknologier, der vil blive den dominerende men sikkert er, at begge teknologier skal modnes i rekordfart, hvis vi skal nå målet om klimaneutralitet i 2050.

Andre teknologier skal også hjælpe den grønne omstilling på vej

Udover udvikling af bæredygtigt flybrændstof investerer flybranchen også i udvikling af både el- og brintfly. Udviklingen er fortsat på et tidligt stadie, men det forventes, at små fly vil være på markedet omkring 2026-2027. Den helt store fordel ved de nye flytyper er, at de ikke udleder CO₂, såfremt strømmen der anvendes er grøn. Omvendt giver de to flytyper nogle andre udfordringer, da batterier vil øge flyenes vægt markant, og brinten kræver større tanke pga. lav energitæthed.

Illustration 3

Proces for produktion af grønt brændstof



EI (batterier)	Brint (brændselsceller)	PtX-flybrændstof	Biobaseret flybrændstof
<ul style="list-style-type: none"> · Ingen CO₂-udledning. · Kræver nye fly samt opladning og ny elinfrastruktur. · Vægt øges markant. · Teknologi er fortsat under udvikling. Første fly forventes at blive indsat tidligst i 2026. · Mindre fly med plads til ca. 20 passagerer. · Rækkevidde på ca. 1.000 km. Åbner op for kortere og regionale point-to-point ruter. 	<ul style="list-style-type: none"> · Ingen CO₂-udledning. · Kræver nye fly samt tank- og lagrings-systemer. · Behov for nedkøling til flydende brint. · Teknologi er fortsat under udvikling. Mindre fly forventes klar i 2025. · Forventer at nå en størrelse på 100-120 passagerer i 2030. · Større rækkevidde end elfly, hvilket gør brint ideelt til intraeuropæiske ruter. 	<ul style="list-style-type: none"> · Svarer til specifikationerne på fossilt brændstof, men er baseret på vedvarende energi. · Anvendes i eksisterende flytyper, teknologi og infrastruktur. · Fischer-Tropsch-vejen er godkendt (som blend-in brændstof op til 50 %), mens arbejde er igansat for at undersøge om godkendelse af metanol-vejen. · Rækkevidde som eksisterende fly og kan derfor anvendes på alle ruter. · Funktionelle egenskaber som fossilt brændstof, men væsentlig bedre non-CO₂-egenskaber, da de ikke indeholder aromater. 	<ul style="list-style-type: none"> · Anvendes i eksisterende flytyper, teknologi og infrastruktur. · Godkendt som blend-in brændstof op til 50 %. · Kan ikke opskaleres til ubegrænset forbrug, da brændstoffet er er baseret på begrænsede ressourcer. · Funktionelle egenskaber som fossilt brændstof, men væsentlig bedre non-CO₂ egenskaber, da de ikke indeholder aromater.

Hvad er Power-to-X?

PtX er en proces, hvor grøn strøm omdannes til brint via elektrolyse, hvorefter brinten kan videreføres – enten med kulstof (CO₂) eller kvælstof (N₂) – til andre grønne brændstoffer. Med andre ord omdannes grønne elektroner til grønne molekyler. Bæredygtigt flybrændstof er et af de produkter, som kan fremstilles med PtX-teknologien.



Høje mål for udbygning af grøn strøm og elektrolyse mod 2030 kræver handling

Fundamentet for PtX er grøn strøm, som der nu er sat høje mål for at udbygge i Danmark frem mod 2030. Der er behov for stor handlekraft nu for at føre produktionen ud i livet.

Mindst en firdobling af elproduktion fra vind og sol frem mod 2030

Med en række politiske aftaler, senest 'Klimaaf tale om grøn strøm og varme 2022'^[3], har Danmark lavet et mål om, at mere end firdoble den nuværende produktion af vedvarende energi frem mod 2030. Den grønne strøm er kernen i den grønne omstilling, både til at udskifte eksisterende fossil elproduktion samt understøtte ny elektrificering såsom PtX-produktion og eksport. Udbygningen muliggør at nå mål om 70 % CO₂-reduktion i 2030, indfri PtX-strategien samt målsætning om, at Danmark skal være nettoeksportør af vedvarende energi i 2030.

Høje VE- og PtX-mål kræver stor handlekraft og investeringsbeslutninger nu

Illustration 4 viser, at der skal produceres over 100 TWh grøn strøm i Danmark i 2030. PtX vil samlet kræve minimum 20-30 TWh elforbrug for at indfri PtX-strategien, hvoraf PtX-flybrændstoffer alene kan udgøre omkring 10 TWh^[4]. For at indfri PtX-strategien kræves investeringer i VE-produktionsanlæg til over 100 mia. kr. samt over 30 mia. kr. til PtX-anlæg^[5]. Produktionen og forbruget af grøn strøm er gensidigt afhængige, og derfor skal rammevilkår for hele værdikæden fra VE-anlæg til el- og brintinfrastruktur og til aftagere på plads hurtigst muligt – og senest i 2023.

Vigtigt at sikre geografisk og tidsmæssig timing mellem VE- og PtX-projekter

Produktionen af PtX-flybrændstoffer i Danmark vil forventeligt ske allerede fra 2025 og foregå på anlæg, som ligger placeret forskellige steder i Danmark. Det er derfor vigtigt, at tilgængelig produktion af grøn strøm passer tidsmæssigt og geografisk med, hvornår PtX-brændstofproduktionen skal være klar til aftagerne.

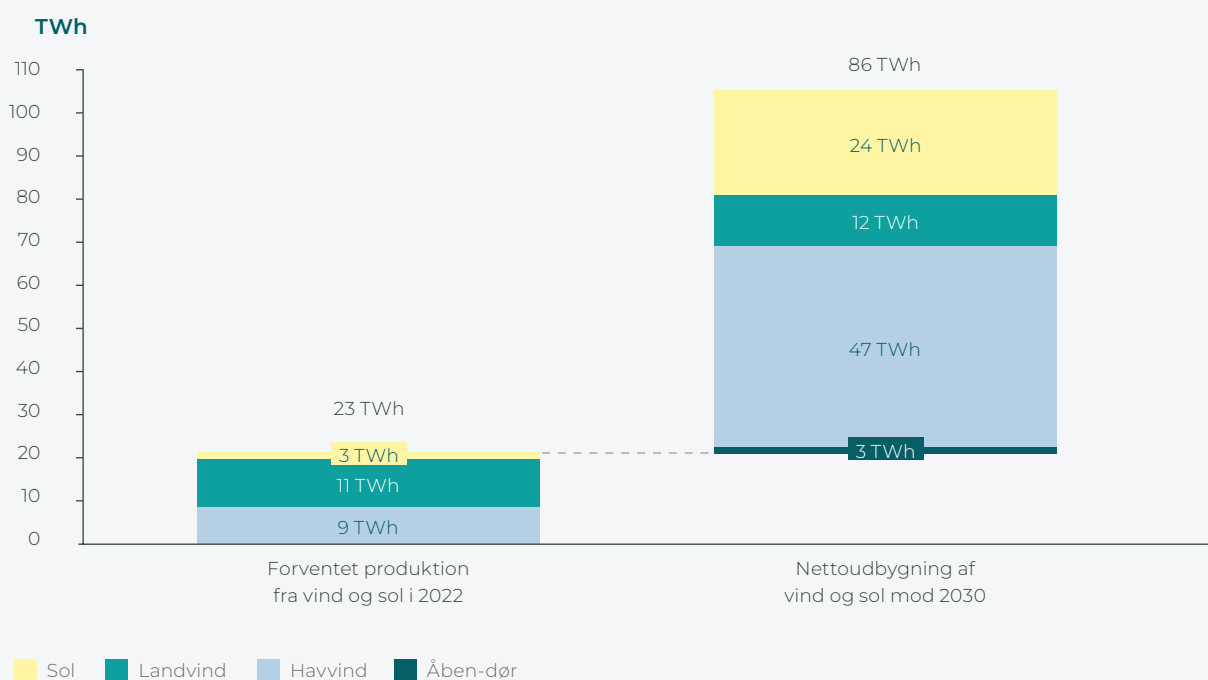
Dette gør, at VE-udbygningen frem mod 2025 og 2030 også skal rumme mulighed for tilføjelser af yderligere vind- og solproduktion, som kan sikre, at PtX-projekter reelt kan gennemføres og leve op til vedtagne EU-kriterier for produktion af grønne brændstoffer^[6]. Her kan fx åben-dør-hav-vindprojekter være en vigtig mulighed for at sikre markeds mæssig VE-udbygning, der kan supplere de kommende statslige VE-udbud på land og til havs. PtX-aftalen^[7] fastslår, at det skal afklares om åben-dør-projekter, der involverer PtX-anlæg, kan undtages fra ordningens afstands begrænsning på maksimalt 15 km fra kysten.



Foto: Green Power, Danmark

Illustration 4

**Ændring af elproduktion fra vind og sol fra 2022 til 2030
fordelt på kilder [TWh] [3]**



Kilde

[3] Green Power Denmarks beregning af nettoudbygningen frem mod 2030 på baggrund af "[Klimaaftale om grøn strøm og varme 2022](#)". Vind- og solproduktionen i 2022 er på baggrund af Klimafremskrivning 2022.

[4] 4-6 GW elektrolyse med 5000 fuldlasttimer bruger ca. 20-30 TWh el pr. år i 2030. Rapportens ambition om 500 mio. liter flybrændstof kræver mindst 2 GW elektrolyse, som forbruger mindst 10 TWh el pr. år.

[5] [Power-to-X muligheder og erhvervspotentialer](#), Rambøll for Dansk Energi, 2021. Værdier fra potentiale III side 27.

[6] [Udspil til delegerede retsakt, Renewable Fuels of Non-Biological Origin](#).

[7] Regeringens PtX-strategi, [Udvikling og fremme af brint og grønne brændstoffer](#), 15. marts 2022.



Oversigt: Regulering på vej til at fremme anvendelsen af grønne flybrændstoffer

Ny politik inden for luftfart er på vej i Danmark og EU. Mange af de politiske udspil er endnu ikke vedtaget, men forventes forhandlet inden årets udgang.

National politik

Ambition: Statsministeren fremlagde i sin seneste nytårstale regeringens ambition for luftfarten – Danmark skal have én grøn indenrigsflyrute i 2025, og hele indenrigsluftfarten skal i 2030 være grøn. Regeringen forventer at lancere et luftfartsudspil i efteråret 2022, hvorefter udspillet skal forhandles.

Afgift: Regeringen har foreslået en national CO₂-afgift på mellem 375 kr. per. ton CO₂ udledt i kvoteomfattede (EU ETS) sektorer, herunder luftfarten. Den vil kun blive pålagt indenrigsflyvninger i Danmark.

EU politik (endnu ikke vedtaget)

Forslag til regulering

- **Forbrug:** Som et led i Fit-for-55 pakken har Europa Kommissionen præsenteret et forslag til et europæisk iblandingskrav af bæredygtige brændstoffer i luftfarten. Kravet gælder for alle fly, der letter fra EU lufthavne og består af et stigende krav for iblanding af SAF frem mod 2050. Stigende andele af kravet skal opfyldes med PtX-flybrændstoffer. PtX- og avancerede biobrændstoffer får en multiplikator på 1,2 ift. målopfyldelse i luftfartsektoren, dvs. hver liter grønt brændstof regnskabsmæssigt tæller som 1,2 liter. Udspillet forventes vedtaget i løbet af 2023.
- **Produktion:** Europa Kommissionen har også præsenteret en ambition for produktion af syntetiske brændstoffer. Der blev i 2020 i Hydrogen Strategy vedtaget et mål om anvendelse af 15 mio. ton brint

i 2030. Det mål foreslås nu forhøjet i REPowerEU til 20 mt brint i 2030 pga. krigen i Ukraine og ønsket om, at Europa i højere grad skal blive selvforsynende og mindre afhængig af russisk energi. På nuværende tidspunkt er det uklart, hvordan de nye ambitioner vil påvirke luftfarten. Derudover er der rammer og krav på vej, som bestemmer, hvornår PtX-brændstoffer kan betragtes som grønne brændstoffer, fx skal brændstoffet som udgangspunkt være produceret med grøn strøm fra nye vedvarende kilder, og kulstoffet skal fra 2036 komme fra biogene kilder.

Afgift og EU-ETS: Med EU's Fit-for-55 er der foreslået en 10-årig gradvis indfasning af en ny beskatning af luftfartens brændstofforbrug inden for EU. Bæredygtige brændstoffer undtages dog beskatningen i 10 år. Derudover udfases uddelingen af gratis-kvoter til luftfarten for ruter inden for EU løbende frem mod 2025, hvorfra de er foreslået fuldt udfaset.

Luftfartsselskaber sætter egne mål

Nogle flyselskaber bidrager også til den grønne omstilling med egne mål, fx har SAS et SAF-mål på 17 % i 2025, Norwegian har et mål på op til 28 % i 2030, Ryanair har et mål om 12,5 % i 2030, og British Airways har et mål om 10 % i 2030. Ingen af flyselskaberne har endnu udformet særskilte mål for anvendelse af PtX-brændstof, men flere af selskaberne udviser stor interesse for udviklingen og bakker op om annoncerede PtX-projekter.

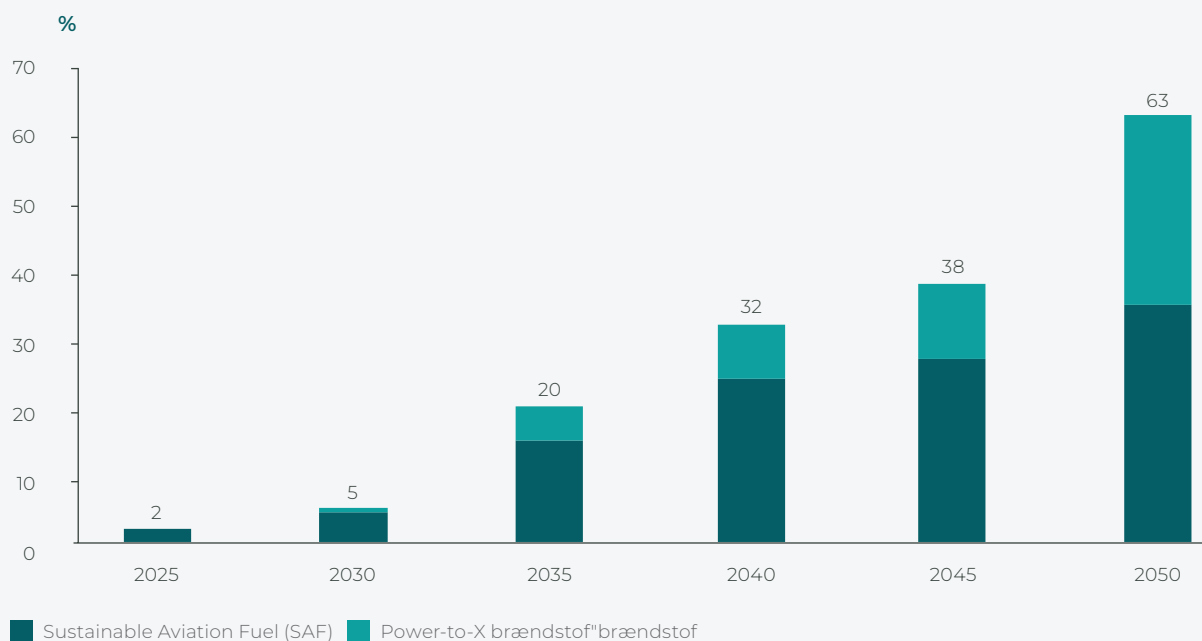
International regulering af luftfarten

ICAO, den internationale civile luftfartsorganisation, har endnu ikke sat et mål for CO₂-fortrængning via bæredygtige brændstoffer. Derimod pålægger organisationen – med programmet CORSIA – luftfartsoperatører et krav om, at de ikke må have CO₂-udledninger, der overstiger 2019-niveauet. Hvis 2019-niveauet overskrides, skal selskaberne kompensere for udledningerne via køb af internationale kreditter, som vil medføre reduktioner i udledninger

i andre sektorer end luftfarten. Ordningen har siden 2019 været frivillig, men vil fra slutningen af 2022 være fuldt implementeret.

IATA, den internationale luftfartssammenslutning, har sat et mål om klimaneutralitet i 2050. Målet skal nås med bæredygtige brændstoffer, nye teknologier såsom el- og brintfly, optimeringer og CO₂-fangst. IATA har lavet et mål om iblanding af 65 % SAF i 2050.

Illustration 5
Forslag til EU-iblandingskrav præsenteret i Fit-for-55



Kilde
 [8] Klimarådet Statusrapport 2022 på baggrund af udkast til European Fuel Directive og forventninger til ETS-kvotepreiser.



Anvendelse af PtX-brændstoffer i luftfarten – i dag og fremover

Det er allerede i dag tilladt at anvende op til 50 % PtX-brændstof i luftfarten. Nye godkendelser og certificeringer er en nødvendighed, hvis vi i fremtiden skal flyve 100 % på PtX-brændstof. Luftfartens infrastruktur er klar til de bæredygtige brændstoffer, da den eksisterende infrastruktur kan anvendes uden større investeringer.

Certificering af bæredygtigt flybrændstof og flymotorer er en forudsætning for den grønne omstilling

For at kunne anvende bæredygtige brændstoffer i luftfarten, skal brændstofferne godkendes. Godkendelsen skal sikre, at de bæredygtige brændstoffer har samme karakteristik og kvalitet som de fossile brændstoffer og dermed kan påfyldes eksisterende fly uden tekniske modifikationer. Certificeringen af de grønne brændstoffer foretages af den amerikanske organisation ASTM (American Society for Testing and Materials) eller den britiske Def Stan (Defence Standards). Det forventes, at mindre fly bliver certificeret til at flyve udelukkende på PtX-brændstoffer indenfor et par år, mens de større fly først vil blive godkendt indenfor 3-5 år.

Det er i dag tilladt at anvende op til 50 % biobaseret brændstof eller PtX-brændstof produceret via Fischer Tropsch syntese. Det er uvist, hvornår PtX-brændstof produceret via methanol syntese får samme godkendelse.

Iblandning af bæredygtige brændstoffer er i dag begrænset til 50 %, da de eksisterende flymotorer kræver aromater, som ikke er at finde i PtX-brændstoffer. Iblandningen kan øges til 100 % ved at tilsætte aromater til brændstoffet. Syntetiske aromater er mulige at producere, men iblandningen af aromater er endnu ikke demonstreret i industriel storskala. Derfor er det også uklart, hvordan tilførsel af syntetiske aromater vil påvirke prisen på brændstoffet.

100 % iblanding kan også nås ved udvikling af nye flymotorer, der ikke kræver aromater. Flere flyproducenter er allerede i gang med at udvikle disse motorer.

Anvendelse af bæredygtigt brændstof skal tænkes i sammenhæng med infrastrukturen

Bæredygtigt brændstof kan uden større investeringer anvendes i den nuværende infrastruktur. Flere af verdens lufthavne håndterer allerede i dag mindre mængder bæredygtigt brændstof, der af brændstofleverandørerne iblandes det fossile brændstof inden levering til lufthavnene. Det er dermed også brændstofleverandørens ansvar, at de blandede brændstoffer lever op til gældende regler og certificeringer.

Når der skal påfyldes brændstof på et fly, transporteres brændstoffet fra lufthavnens lagre til flyene via et nedgravet rørsystem. I de fleste lufthavne findes der kun ét påfyldningssystem, hvilket betyder, at det samme brændstof påfyldes samtlige fly. Det er derfor ikke muligt, at tanke et fly med fx 5 % bæredygtigt brændstof og et andet med fx 50 % bæredygtigt brændstof.

Iblandningen af bæredygtigt brændstof vil gradvist stige frem mod 2050. Det kan dog tænkes, at det bæredygtige brændstof i fremtiden kan købes via grønne certifikater, således nogle flyselskaber på papiret anvender mere bæredygtigt brændstof end andre flyselskaber. En anden mulighed er at udbygge lufthavnene med et nyt, parallelt system til håndtering af de bæredygtige brændstoffer. Det vurderes dog som en omkostningstung og uhensigtsmæssig løsning.

Illustration 6
Fra fremstilling til anvendelse af PtX-flybrændstof



Brændstofejer	PtX-producenter	Brændstof-leverandører	Brændstofdistributører	Flyselskab
Lokation Eksempel: København	Potentielt hele Danmark	Prøvestenen	Amager	København Lufthavn



Foto: Copenhagen Airport, Michael Klarmose

Kapitel 2

Ambition for produktion af PtX-flybrændstof mod 2030



Hovedanbefaling

Produktion af 500 mio. liter PtX-flybrændstof i Danmark i 2030

Danmark har et stort potentiale for produktion af PtX-flybrændstof. De danske producenter er klar og vil både omstille den nationale og internationale luftfart. Derfor skal Danmark have en ambition om at producere minimum 50 mio. liter i 2025 og 500 mio. liter PtX-flybrændstof i 2030.

Danske producenter af PtX-flybrændstoffer er klar til at starte storskalaproduktion

Der findes på nuværende tidspunkt endnu ikke et sted i verden, hvor produktion af PtX-flybrændstof er demonstreret i industriel skala. Det skal og vil der blive lavet om på de næste år. Flere storskala PtX-flybrændstofprojekter er allerede annonceret på tværs af Europa, og de første demonstrationsanlæg forventes idriftsat i 2024.

I Danmark er der annonceret to større PtX-flybrændstofprojekter i hhv. København (Green Fuels for Denmark) og Vordingborg (Arcadia), som forventes at producere mindst 50 mio. liter PtX-flybrændstof årligt fra 2025 og mindst 250 mio. liter årligt fra 2030. Potentialet for dansk produktion er endnu større i 2030, hvor nye danske PtX-flybrændstofprojekter, som fx CIP Fjord-PtX i Aalborg, Crossbridge i Fredericia og European Energy, vil komme til. Derfor anbefales der et mål om produktion af minimum 50 mio. liter PtX-brændstof i 2025 og minimum 500 mio. liter i 2030.

En produktion på 500 mio. liter i 2030 svarer til 40 % af alt flybrændstof som tankes i Danmark. Det svarer til 0,2 % af det globale flybrændstofforbrug og over 1 % af det europæiske. Desuden vil det kunne dække det foreslåede krav til syntetisk flybrændstof i EU

på 0,7% i 2030 i hele EU. Der kræves omkring 2 GW elektrolyse til at producere den nødvendige grønne brint til PtX-flybrændstofproduktionen i 2030.

Europa følger trop med PtX-ambitioner til luftfarten

De samme tendenser ses i Europa, hvor flere projekter er annonceret på tværs af landegrænser. Det forventes, at adskillige PtX-flybrændstofprojekter er idriftsat i første fase med en samlet produktion uden for Danmark på minimum 200 mio. liter PtX-flybrændstof i 2025: ^[9]

 Norsk e-Fuel, Nordic Electrofuels

 Synkero, Enerkem

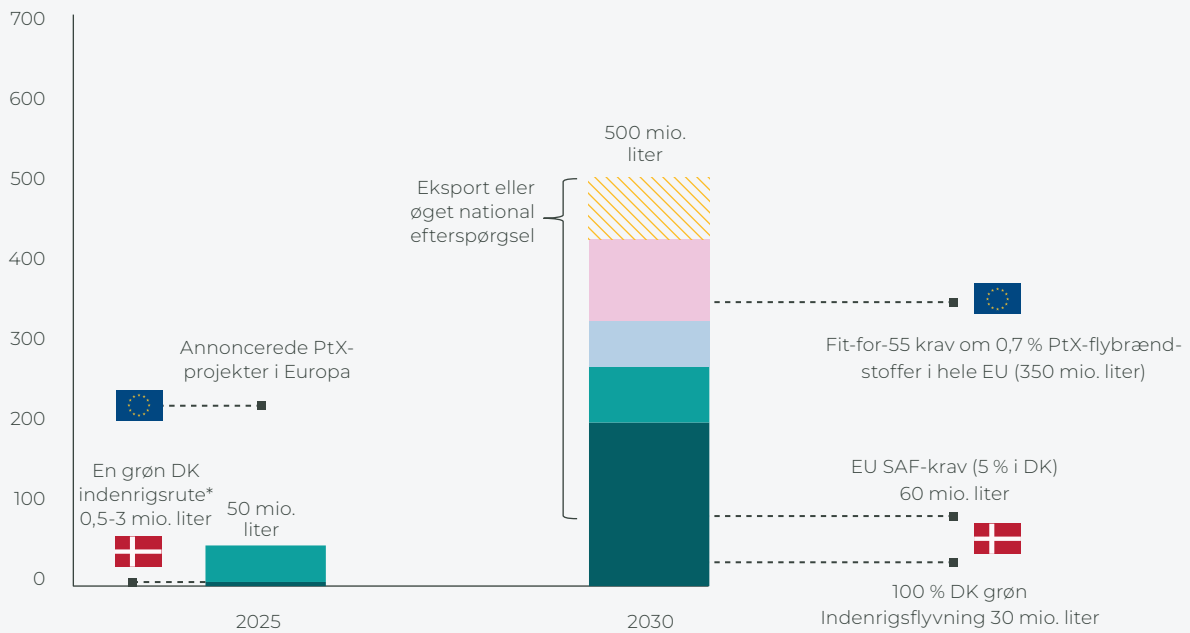
 SkyFuelH2, LanzaTech

 KEROSyN100 demo, Atmosfair, Spark E-fuels, PtX-Lab Lausitz, Shell

Illustration 7

Potentiale for produktion af PtX-flybrændstof i Danmark sammenlignet med danske ambitioner og EU-krav

Mio. liter pr. år



▨ Øvrige projekter
 ▨ European Energy
 ▨ CIP (Fjord-PtX)
 ▨ Arcadia
 ▨ Green Fuels for Denmark

*en grøn dansk indenrigsrute illustreret ud fra brændstofforbrug på hhv. en mindre og større indenrigsrute.

Kilde

^[9] E-kerosene tracker, Analysis of green jet fuel production in Europe, Transport & Environment.



Foto: Copenhagen Airport, Ernst Tobisch

Kapitel 3

Barrierer og anbefalinger



Oversigt over barrierer og anbefalinger for PtX-flybrændstoffer i Danmark

For at indfri 2030-ambition om produktion af PtX-flybrændstoffer er udpeget tre barrierer, som kræver nye økonomiske virkemidler, tilgængelig grøn CO₂ og mere ambitiøse klimamål for luftfarten for at overvinde

Barrierer

1

Stort prisgab mellem fossilt og PtX-flybrændstof gør det svært at håndtere risiko i lange kontrakter



2

Mangel på kulstofressourcer kan bremse den grønne omstilling af luftfarten



3

Uambitiøse klimamål for luftfarten gør det svært for aktører at sætte rettidigt i gang med den grønne omstilling



Anbefalinger

1

Nye virkemidler skal mindske prisgab og fremme PtX-flybrændstoffer

2

Rammer for storskala CO₂-fangst og anvendelse skal på plads nu

3

Højere EU-krav til PtX-flybrændstoffer i 2030 samt dansk ambition om 100 % grøn luftfart senest i 2050

Illustration 8



Foto: Billund Lufthavn



Barriere 1

Stort prisgab mellem fossilt og PtX-flybrændstof gør det svært at håndtere risiko i lange kontrakter

Prisgabets mellem fossilt og PtX-flybrændstof er stort i dag og hermed en udfordring for at få sat rettidigt gang i storskalaproduktion og anvendelse.

Et stort prisgab på PtX-flybrændstoffer i dag, som forventes at blive mindre i fremtiden

Konventionelt fossilt brændstof har historisk set haft en markedspris på omkring 3-4 kr./liter, men er i første halvår af 2022 steget til ca. 6 kr./liter. Biobaserede flybrændstoffer anslås at have en produktionsomkostning på ca. 9-12 kr./liter ^[10] og anses på kortere sigt for et billigere bæredygtigt brændstof end PtX. Markedsprisen påvirkes, ud over produktionsomkostninger, også af forholdet mellem udbud og efterspørgsel, hvilket kan forklare at biobaserede brændstoffer på kort sigt handles til ca. 25 kr./liter ^[11].

PtX-flybrændstof vurderes i dag med betydelig usikkerhed at koste ca. 20-30 kr./liter svarende til ca. 6-7 gange prisen ift. historisk niveau på ca. 3-4 kr./liter for fossilt flybrændstof. De nuværende høje fossile flybrændstofpriser fører dog til, at prisforholdet er lavere. På mellemlang sigt, som kunne være omkring år 2035, vurderes produktionsprisen på PtX-flybrændstof at kunne falde til omkring 10 kr./liter ^[12] i takt med storskalaproduktion og forventelig lavere el- og brintpriser.

En højere CO₂-kvotepris eller afgifter på fossile flybrændstoffer vil forventeligt kun kunne bidrage til at indskrænke prisspændet og ikke lukke det.

Prisgabets påvirkes af både regulatorisk-, markedsmæssig- og teknologisk udvikling

En vigtig barriere er udfordringen med at håndtere

prisgabets på en måde, som samtidig tager højde for dynamikken i fremtidens regulering, betalingsvillighed og forventede lavere produktionsomkostninger for PtX-flybrændstoffer. Risikoen på længere sigt gør det sværere at indgå langsigtede kontrakter, som er ønsket hos producenter af PtX-flybrændstof, for at kunne fortage de nødvendige investeringer i storskalaproduktion på forkant af markedsefterspørgslen.

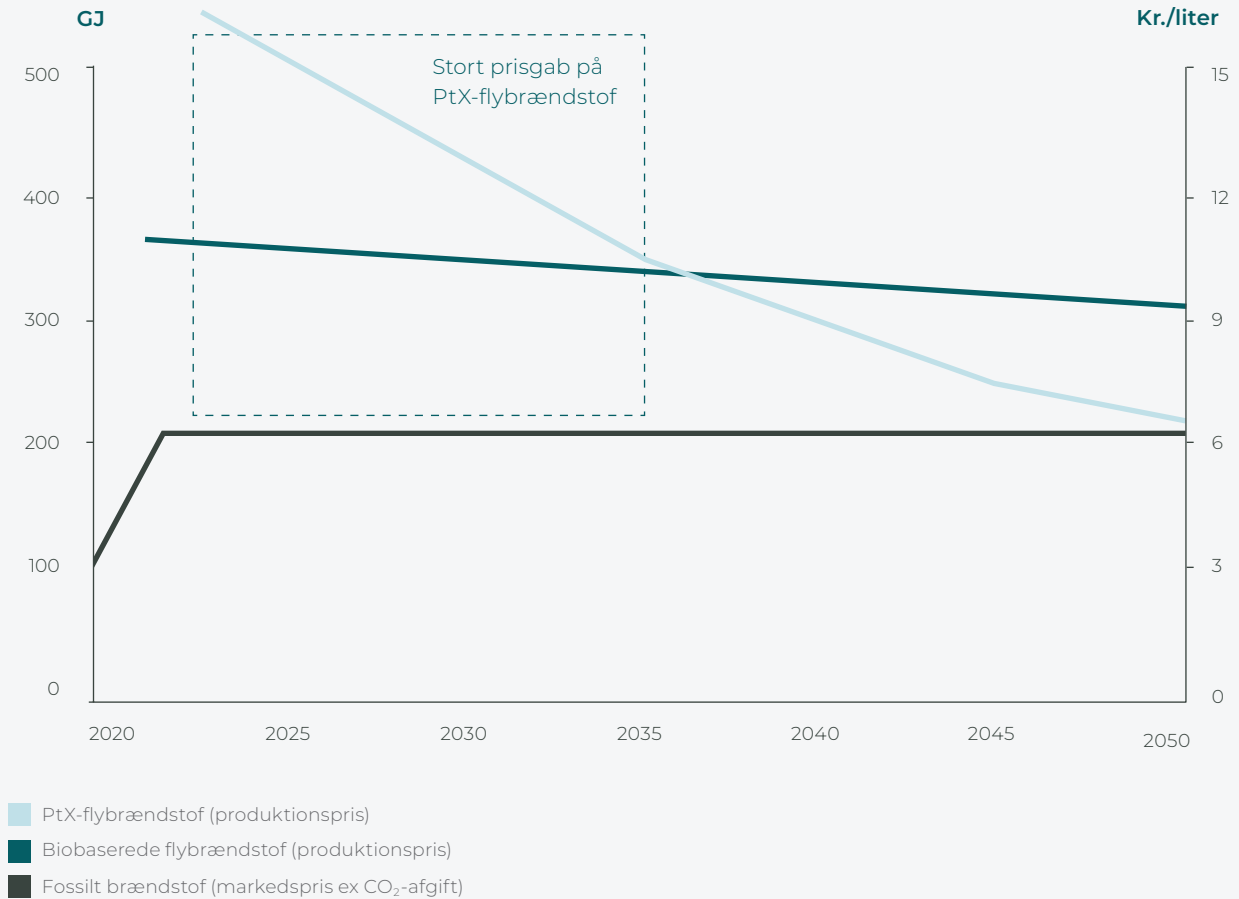
Luftfartens konkurrenceevne påvirkes af prisspændet samt andelen af grønt brændstof

I dag udgør den fossile brændstofpris ca. 25 % af de samlede omkostninger hos luftfartsselskaber ^[13]. Højere grønne flybrændstofpriser i kombination med mere grønt brændstof vil derfor øge de samlede omkostninger:

- 3 gange dyrere grønt brændstof iblandet 100 % vil øge totalomkostning med 50 %
- 5 gange dyrere grønt brændstof iblandet 20 % vil øge totalomkostning med 20 %
- 7 gange dyrere grønt brændstof iblandet 5 % vil øge totalomkostning med 7,5 %

Hvis billetpriser forventeligt følger de samlede omkostninger, viser eksemplerne, at en høj grøn andel, fx 100 % grøn indenrigsflyvning, kan få væsentlig større betydning for billetprisen, mens lav iblanding af dyrere bæredygtigt flybrændstof kan have mindre påvirkning.

Illustration 9
Eksempel - Priser for flybrændstof



PtX-strategien ^[12] anslår produktionsprisen på PtX-flybrændstof til ca. 350 kr./GJ lig ca. 11 kr./liter 'i den nærmere fremtid' (illustreret her i 2035) og ca. 250 kr./GJ lig ca. 7 kr./liter på 'længere sigt' (illustreret her i 2045). Produktionsprisen på 2.G bio-flybrændstoffer vurderes til ca. 300 kr./GJ.

Kilde

^[10] Program for økt produksjon og innfasing av bærekraftig flydrivstoff, 2021.
^[11] [Argus forecast](#) for HEFA-SPK er på ca. 3.400 USD/ton. (pris fra juni 2022)
^[12] Regeringens PtX-strategi, [Udvikling og fremme af brint og grønne brændstoffer](#), 15. marts 2022.
^[13] Luftfartens Klimapartnerskab og input fra Norwegian viser interval på 20-30 %.



Anbefaling 1

Nye virkemidler skal mindske prispabet og fremme PtX-flybrændstoffer

Prispabet på PtX-flybrændstoffer kan håndteres på forskellige måder. Udfordringen bør løftes fælles af både EU, nationalstater og luftfartsindustrien.

Behov for få, men slagkraftige virkemidler til at mindske prispabet for PtX-flybrændstoffer

Der er forskellige måder til at få udviklingen af PtX-flybrændstoffer i gang. CO₂-afgifter, kompensation eller øvrige incitamentter til aftagere kan øge betalingsvilligheden for nye bæredygtige flybrændstoffer. EU eller national støtte til CCU, brint eller PtX-flybrændstoffer kan også være med til at sænke prisspændet. Ligeledes er krav til iblanding af bæredygtige brændstoffer en del af den værktøjskasse, som politikere og myndigheder har til rådighed til at fremme PtX-flybrændstoffer.

Det anbefales at fokusere på relativt få, men slagkraftige virkemidler til at drive opstarten af PtX-flybrændstoffer og håndtere prispabet. På længere sigt vurderes krav til iblanding af bæredygtige brændstoffer (se anbefaling 3) at være et vigtigt virkemiddel.

"ETS-kompensation" kan i opstartsfasen hjælpe aftagere med køb af PtX-flybrændstoffer

EU's kvotesystem kan bruges til at skabe incitamentter til brug af bæredygtige flybrændstoffer. Tildeling af ETS-kvoter for anvendelse af PtX-flybrændstoffer kan i en opstartsperiode være et vigtigt virkemiddel for at øge efterspørgselsprisen hos operatørerne (såkaldte "SAF-allowances"). Ud over at indskrænke prispabet vil en sådan ordning skabe et yderligere incitament for branchen til at anvende bæredygtigt brændstof og dermed medvirke til en acceleration af produktionen.

Europa-Parlamentets Transportudvalg foreslår ^[14], at hvert ton CO₂, som fortrænges med PtX-flybrændstof, skal udløse ca. 6 ETS-kvoter. Med en ETS-kvotepri-

pris på 350 kr./ton giver dette et tilskud til syntetisk flybrændstof på 6*350 kr./ton = ca. 2200 kr./ton CO₂ svarende til ca. 6 kr./liter ^[15].

En "ETS-kompensation" vil knytte krav fra RefuelEU sammen med ETS-kvotemarkedet og desuden sikre, at gratiskvoter til flyselskaber udskiftes med kvoter, som betinges af klimahandling. Det er tilsvarende vigtigt, at den økonomiske bøde for ikke at leve op til kommende SAF-krav ikke er for lav, da der hermed kan spekuleres i ikke at overholde kravene, og sætte en for lav betalingsvillighed for bæredygtige flybrændstoffer.

Et resterende prispab skal fortsat håndteres

På illustration 2 ses det, at en "ETS-kompensation" kan øge efterspørgselsprisen, som ligeledes afhænger af prisen for fossilt flybrændstof samt ekstra "grøn betalingsvilje". Desuden viser illustrationen, at der kan være et resterende prispab mellem efterspørgsels- og udbudsprisen.

Der er flere veje til at håndtere et resterende prispab for PtX-flybrændstoffer. Øget støtte til produktion af flybrændstoffer er en mulighed (se også anbefaling 2). Klimapartnerskabet for luftfart leverede i 2020 et forslag om en klimafond, som via betaling fra flypassagerer kan bidrage til finansiering af omstilling til bæredygtige flybrændstoffer. Den nyoprettede statslige Grøn Fond ^[16] bør desuden bidrage med finansiering af prispabet for PtX-flybrændstoffer.

På næste side er vist et forslag til, hvordan det resterende prispab kan håndteres, baseret på en auktionsmekanisme, som også er en mekanisme, der er anvendt i Tyskland og Holland.

Illustration 10

Virkemidler som kan drive omstillingen til PtX-flybrændstoffer

På den kortere bane vil der være et større behov for konkrete virkemidler, der håndterer prisgabets sammen med krav til syntetiske brændstoffer. Hvis mål og krav til anvendelsen af syntetiske brændstoffer er tilstrækkeligt ambitiøse, vil disse på sigt kunne drive udviklingen af PtX-flybrændstoffer alene (og de konkrete virkemidler kan gradvist udfases).

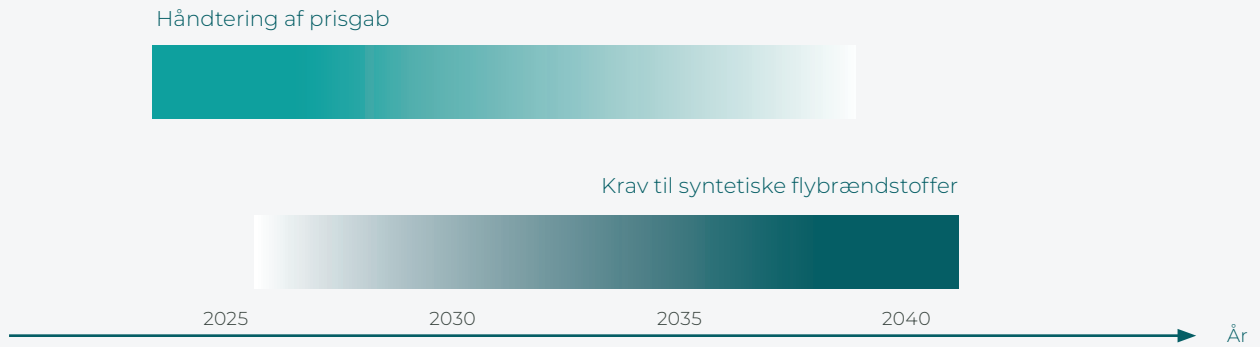
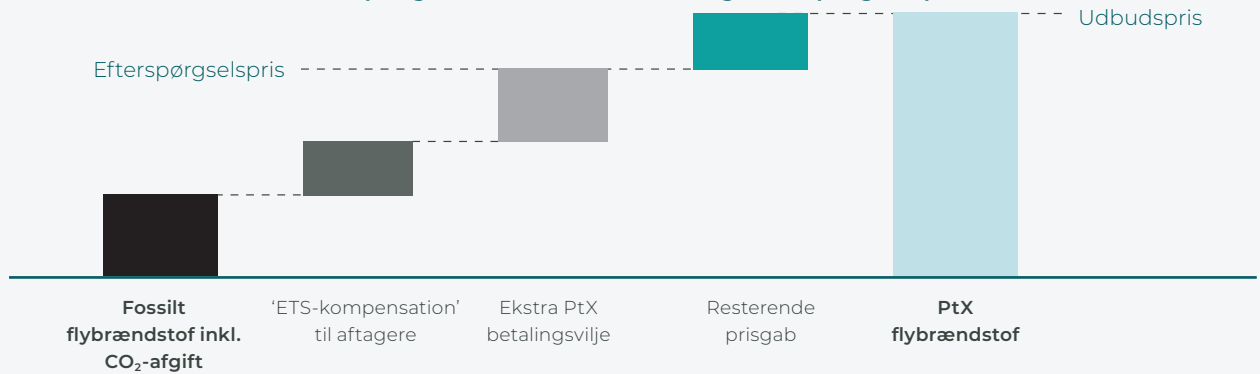


Illustration 11

Virkemidler som kan sænke prisgabets mellem udbuds- og efterspørgselspris



Kilde

^[14] [RefuelEU Aviation Proposal](#) foreslår brugen af syntetiske flybrændstoffer får 2 x "SAF allowances" lig med 6,32 CO₂-kvoter pr. fortrængt ton CO₂.

^[15] Værdi af reduceret CO₂: 6,32 x 350 kr./ton CO₂ = 2200 kr./ton CO₂. Omregnet til fuel: 2200 kr./ton CO₂ x 0,074 ton CO₂/GJ x 0,038 GJ/L = 6,2 kr./L^[3]. [Grøn Fond skal skabe et grønt råderum på i alt 53 mia. kr. frem til 2040. bl.a. til Power-to-X.](#)

^[16] [Grøn Fond skal skabe et grønt råderum på i alt 53 mia. kr. frem til 2040 bl.a. til Power-to-X](#)



Case: Auktionsmekanisme for PtX-flybrændstoffer kan håndtere prisgab og langsigtet risiko

Et resterende prisgab på PtX-flybrændstoffer kan håndteres, fx ved at indføre en auktionsmekanisme for PtX-brændstoffer, som sænker risikoen for producenter og aftagere.

Auktionsmekanisme kan skabe investerings-sikkerhed for opstart af storskala PtX-anlæg

Auktionsbaseret salg og køb af PtX-flybrændstoffer kan hjælpe til, så der kan indgås langtidskontrakter med PtX-producenter og korttidskontrakter med aftagere.

I auktionen findes købsprisen som laveste marginale udbudspris blandt producenter. Auktionens salgspris er den højeste marginale efterspørgselspris blandt forskellige typer kunder, se illustration 1. Partnerskaber mellem producenter og købere kan også indgå i auktionen.

Auktionsmekanismen kendes bl.a. fra Tysklands brintimport ^[17] og sikrer hermed, at producenter får den nødvendige langsigtede sikkerhed for produktionen, mens aftagerne løbende kan tilpasse sin betalingsvillighed ift. fremtidens marked og regulering. Mekanismen giver hermed et incitament til at optimere både købs- og salgspriser fremadrettet og hermed sikre, at prisgab er mindst muligt.

Det konkrete design for en auktionsmekanisme (kontraktlængder, auktionsvolumen og –hyppighed, maksimal støtte mv.) er ikke forsøgt fastlagt for nuværende.

Staten bør bidrage til at lukke prisgabets eksempel på finansieringsbehov for at lukke prisgabets

En evt. prisdifference mellem køb- og salgspris efter auktionen foreslås finansieret af nationalt tilskud. Den danske stat, evt. i samarbejde med øvrige nationale stater i Norden eller Nordvesteuropa, bør dække prisgabets for hermed at bidrage til udviklingen af PtX-brændstoffer.

Illustration 13 viser et eksempel på, hvordan finansieringsbehovet for at lukke prisgabets kan udvikle sig over tid – dvs. forskellen mellem efterspørgsels- og udbudspris, som begge er usikre.

Beregningseksempel på finansieringsbehov ud fra en prisdifference samt købsmængder af PtX-flybrændstof på:

- 5 kr./liter prisgab for 50 mio. liter kræver samlet 250 mio. kr. i 2025
- 2 kr./liter prisgab for 500 mio. liter kræver samlet 1 mia. kr. i 2030

For perioden fra 2025-2030 svarer det til ca. 3-5 mia. kr. i samlet finansieringsbehov, afhængigt af hvor hurtigt prisgabets og produktionsmængde udvikler sig. Den nye statslige Grøn fond vil frem til 2030 få et forventet provenu på ca. 20 mia. kr. ^[18] og kan hermed være en mulig løsning til finansiering.

Illustration 12

Dobbelt-sided auktionsmekanisme til hhv. køb og salg af PtX-flybrændstoffer

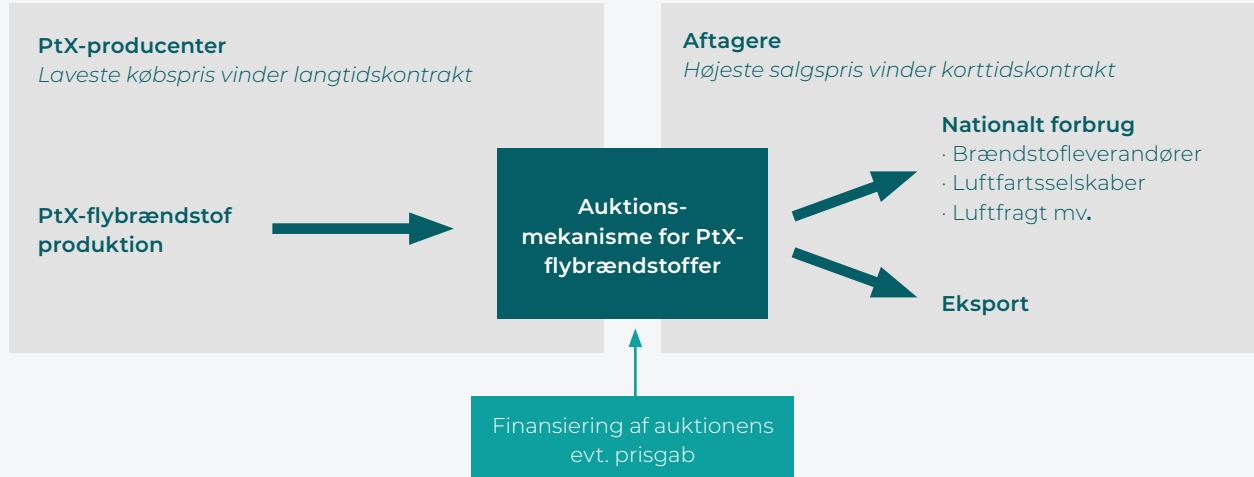
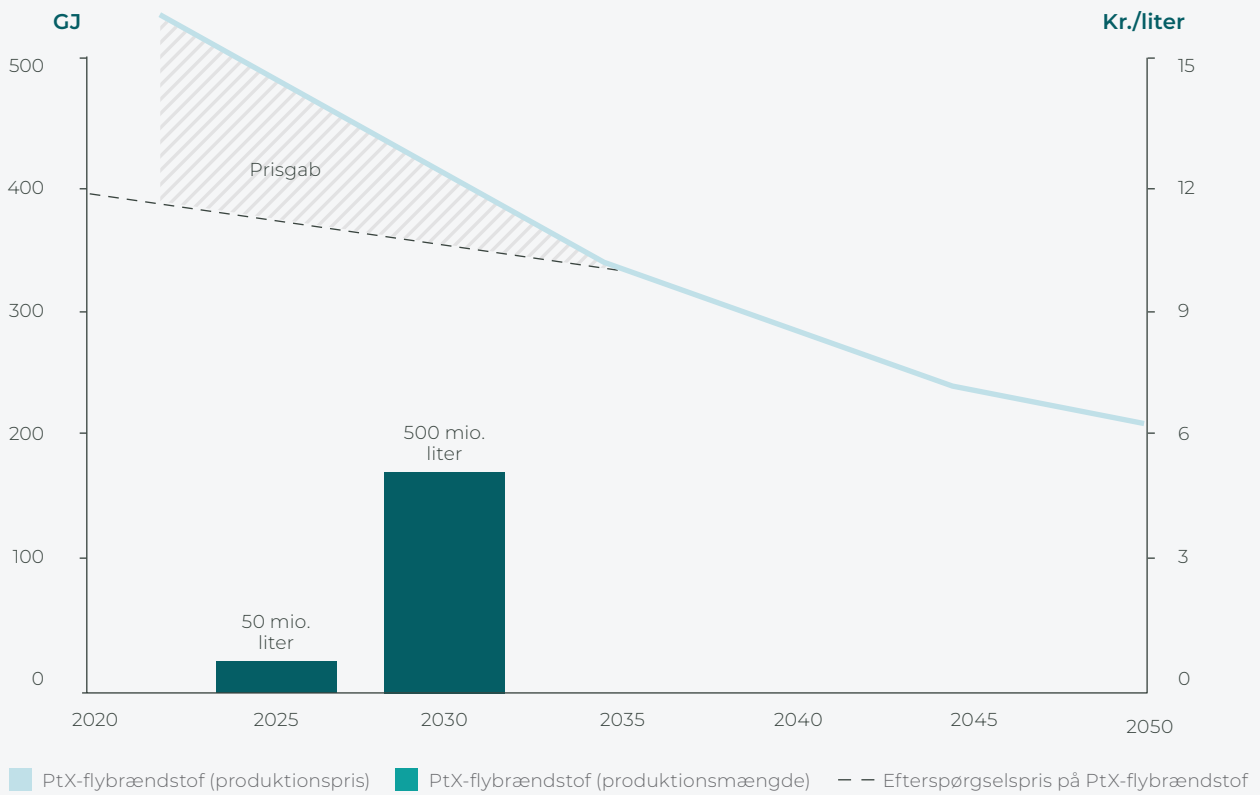


Illustration 13

Eksempel på finansieringsbehov for at lukke prisgab



Kilde

^[7] The H2Global Mechanism (h2-global.de).

^[8] Provenu til Grøn Fond beregnet som 1,5 mia. kr. i 2024 og 3¼ mia. kr. årligt fra 2025-2030.

Barriere 2

Mangel på kulstofressourcer kan bremse den grønne omstilling af luftfarten

Kulstof er en af de primære byggesten i fremstillingen af PtX-flybrændstof. Det er derfor afgørende for luftfarten, at der hurtigst muligt sikres tilstrækkelig adgang til gode kulstofkilder. Men bæredygtigt kulstof kan i fremtiden blive en mangelvare, hvis kulstoflagring (CCS) favoriseres frem for kulstofanvendelse (CCU).

Efterspørgsel fra CCU og CCS vil overstige udbud fra CO₂-punktkilder

Behovet for CO₂ vil blive stort i de næste årtier. Det skyldes, at fangst af biogen CO₂ både er et middel til at opnå negative emissioner via CCS (kulstof-fangst og lagring) og et middel til at omstille den tunge transport med PtX-brændstoffer via CCU (kulstof-fangst og anvendelse). Derudover vil det tekniske CO₂ potentiale fra punktkilder, fx biomas-sekraftværker, falde de kommende år, da processer effektiviseres, og eksisterende anlæg udfases.

Fremskrivninger tyder på, at der i fremtiden ikke vil være tilstrækkelig grønt CO₂ til at dække samtlige behov til både CCS og CCU. Derfor er det afgørende, at den grønne CO₂ anvendes der, hvor den giver mest værdi.

Nuværende vilkår favoriserer CCS og det nationale 70 %-mål

Uanset om det grønne kulstof lagres eller anvendes til at fortrænge fossile brændstoffer, fx i fly, er klimagevinsten den samme. For nuværende skævvrides konkurrencen om særlig biogent kulstof mellem CCS og CCU, idet CCS favoriseres med dedikerede støtteordninger. I første runde af CCUS-puljen gik ca. 8 af de i alt 16 mia. kr. udelukkende til CCS. På Finanslovsaftale 2022 er der afsat over 2,5 mia. kr. til CCS. Aftale om Grøn Skattereform har afsat en

15-årig pulje til CCS, som størrelsesmæssigt svarer til midlerne i CCUS-puljen over levetiden. Kort sagt er der fra staten givet massiv støtte til CCS over de seneste år. De ulige vilkår kan blive en væsentlig hindring for CCU/PtX i Danmark. Danmark har nogle af de bedste forudsætninger for CCU/PtX i verden, men hvis der ikke gives de rette rammevilkår, vil udviklingen af kulstofholdige PtX-brændstoffer flytte udenfor landets grænser.

Investorer i CO₂-fangst har brug for stabile CCU-rammer

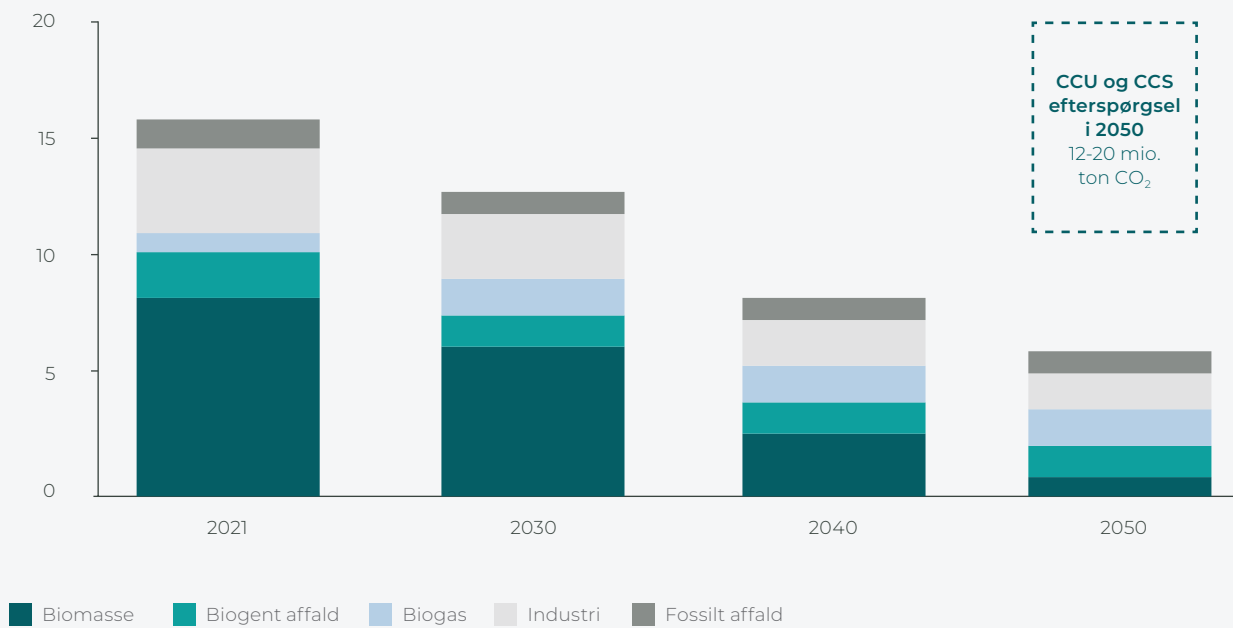
Fangst af CO₂ er forbundet med store omkostninger til etablering af nye anlæg. Det skyldes, at teknologien er ny, og ligeledes er markedet for CO₂. På samme tid er det kendt, at det tekniske potentiale for opsamling af CO₂ fra punktkilder vil falde frem mod 2050. Det medfører, at der i dag er stor risiko forbundet med investeringer i CO₂-fangst med henblik på anvendelse, så længe rammerne for CCU ikke er på plads.

Illustration 14

Biogen CO₂ fra punktkilder vil i fremtiden blive en mangelvare, hvis der både skal være CO₂ nok til at opnå negative emissioner og til at omstille den tunge transport med PtX-brændstoffer

Teknisk potentiale for CO₂-punktkilder ^[19] sammenlignet med potentiel CO₂-efterspørgsel til CCS og CCU i 2050 ^[20].

Mio. ton CO₂



Kilde

^[19] [Potentialet for CO₂-fangst kan kun dække en mindre del af reduktionsbehovet](#), Dansk Energi, 2021.

^[20] [Klimarådets statusrapport, 2022](#), s. 54 hvor kulstof til energiformål uden CO₂-fangst er fraregnet 2050-estimatet.

Anbefaling 2

Rammer for storskala CO₂-fangst og anvendelse skal på plads nu

Rammevilkår skal sikre, at der i den nære fremtid er tilstrækkelig CO₂ til at producere PtX-brændstoffer til de sektorer, som ikke kan elektrificeres direkte. Der skal sikres lige vilkår mellem CCS og CCU, så den knappe grønne CO₂ anvendes der, hvor den giver mest værdi.

Behov for mindst 1,5 mio. ton CO₂-fangst til PtX-flybrændstoffer i 2030

Omstillingen af luftfarten kræver store mængder kulstof. I dag er fangst af CO₂ fra punktkilder den mest realistiske vej til at skaffe kulstof i storskala. Ambitionen om produktion af 500 mio. liter PtX-flybrændstof i 2030 kræver fangst af mindst 1,5 mio. ton CO₂. Det svarer fx til al tilgængeligt CO₂ fra danske biogasanlæg i 2030 eller fx 3-5 større punktkilder fra industri, affaldsanlæg eller kraftværker.

Rammevilkår skal sikre nok CO₂-fangst til både anvendelse og lagring

Der er også behov for kulstof til andre sektorer, der ligesom luftfarten ikke kan elektrificeres direkte, fx skibsfarten, tung vejtransport og produktion af plastik. Hertil kommer behov for lagring af dele af CO₂'en fra fossile punktkilder.

Det er vigtigt, at rammevilkår for både lagring og anvendelse af CO₂ kommer på plads nu, så investeringer i CO₂-fangst og -transport kan være klar fra 2025. Investorerne har brug for sikkerhed for investeringer over en længere årrække, hvilket kræver transparente og langsigtede planer og rammevilkår.

Der skal sikres lige vilkår for CCS og CCU ift. grøn CO₂

Hvis Danmark skal blive et PtX-foregangsland, er det vigtigt, at der fremadrettet sikres lige vilkår for CCU og CCS ift. grøn CO₂.

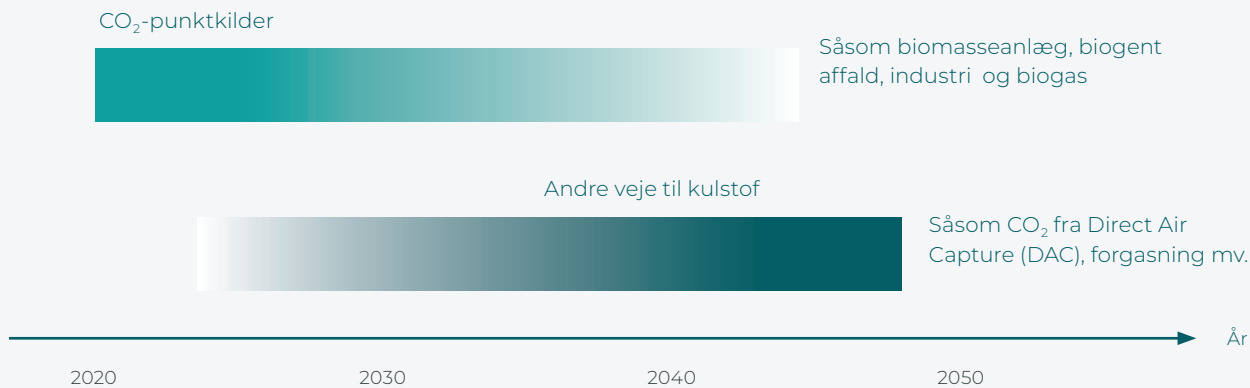
Det betyder bl.a., at anden runde af CCUS-puljen bør kunne gå til CCU-projekter og bør udmøntes hurtigst muligt.

Det bør desuden sikres, at CCU-projekter, der også leverer CO₂-reduktioner til det nationale klimamål i 2030, fx indenrigsflyvning, indenrigssejllads og tung vejtransport, får en støtte, der svarer til den negative CO₂-afgift, som CCS får som en konsekvens af Grøn Skattereform. Dette kan fx udmøntes i form af et skattefradrag ved biogen CCU og kan aftales og finansieres på den kommende Finanslov.

Illustration 15

Kulstof til grøn luftfart

Det tekniske CO₂-potentiale fra punktkilder vil falde drastisk i løbet af de næste år. På samme tid forventes det, at der findes nye veje til kulstof frem mod 2050.



Nye veje til grøn kulstof skal udvikles

Selvom punktkilder reduceres frem mod 2050, vil der fortsat være behov for CO₂ i den grønne omstilling af transportsektoren. Det forventes, at der vil komme nye veje til kulstof, fx

- Direct Air Capture (DAC), hvor CO₂'en udvindes direkte ud af luften
- Forgasning, fx af biomasse og affald, så der dannes syntetisk gas bestående af bl.a. CO (karbon monoxid) og H₂ (brint).
- CO kilder, fx fra industriprocesser

Alle teknologierne er i dag på et tidligt kommercielt stadie, og der er derfor behov for yderligere viden og udvikling, hvis teknologierne skal nå kommerciel storskala.



Foto: Green Power Denmark



Barriere 3

Uambitiøse klimamål for luftfarten gør det svært for aktører at sætte rettidigt i gang med den grønne omstilling

Der findes i dag flere forskellige nationale og internationale ambitioner for den grønne omstilling af luftfarten, men kun få af dem er blevet omsat til konkrete mål. Luftfarten er en international konkurrenceudsat sektor, og der er derfor behov for klarhed hurtigst muligt, hvis der skal sættes skub i den grønne omstilling.

Klimamål for stater og EU peger på forskellige omstillingshastigheder

En komplet omstilling af luftfarten kræver, at både de nationale (indenrigs) og internationale (udenrigs) udledninger nedbringes. De nationale udledninger har de respektive lande ansvar for, da de indgår i landenes territoriale udledninger, som indrapporteres til FN. De internationale udledninger indgår ikke i rapporteringen til FN, hvorved ingen lande endnu tager ansvar for de udledninger. Det gør sig også gældende i Danmark, hvor det politiske fokus er på at nå målsætningen om at nedbringe de nationale drivhusudledninger med 70 % i 2030 relativt til udledningen i 1990. Det er problematisk, da langt størstedelen af udledningerne fra luftfarten stammer fra international luftfart.

De internationale udledninger håndteres i stedet af ICAO* og IATA**, mens de europæiske udledninger håndteres af EU. Mellem de to organisationer er der enighed om, at emissionerne fra luftfarten skal nedbringes, men der er ikke enighed om, hvor hurtigt det skal ske. Det er problematisk, da der er behov for en ambitiøs målsætning for international luftfart, hvis luftfarten skal understøtte den nødvendige globale omstilling aftalt i Paris-aftalen.

Det er også en udfordring for aktørerne. De både uklare og forskellige klimamål gør det svært for aktørerne at navigere i de mange målsætninger og dermed rettidigt sætte i gang med den grønne omstilling. Derudover er luftfarten en international konkurrenceudsat sektor, og det er derfor vigtigt for selskaberne, at de alle stilles lige med ens klimamål.

Nationale klimamål og -ambitioner ^[21] ^[22]

Flere nationalstater har allerede formuleret mål eller ambitioner for den grønne omstilling af luftfarten. Norge er det land i Norden, som går forrest med en ambition om 30 % iblanding af SAF i 2030 og fossilfri luftfart i 2050. I Sverige har man et mål om at reducere CO₂-udledningerne fra luftfarten med 27 % fra 2020 til 2030, en ambition om fossilfri indenrigs-luftfart i 2030 og fossilfri indenrigs- og udenrigsluftfart i 2045. Finland har en ambition om 30 % iblanding af SAF i 2030 og Holland har en ambition om 14 % iblanding af SAF i 2030 og 100 % i 2050. I Danmark har vi endnu ikke vedtaget klimamål eller ambitioner for luftfarten, men Statsministeren fremlagde i sin seneste nytårstale regeringens ambition om én grøn flyrute i 2025 og 100 % grøn indenrigsluftfart i 2030.

Europæiske og internationale ambitioner

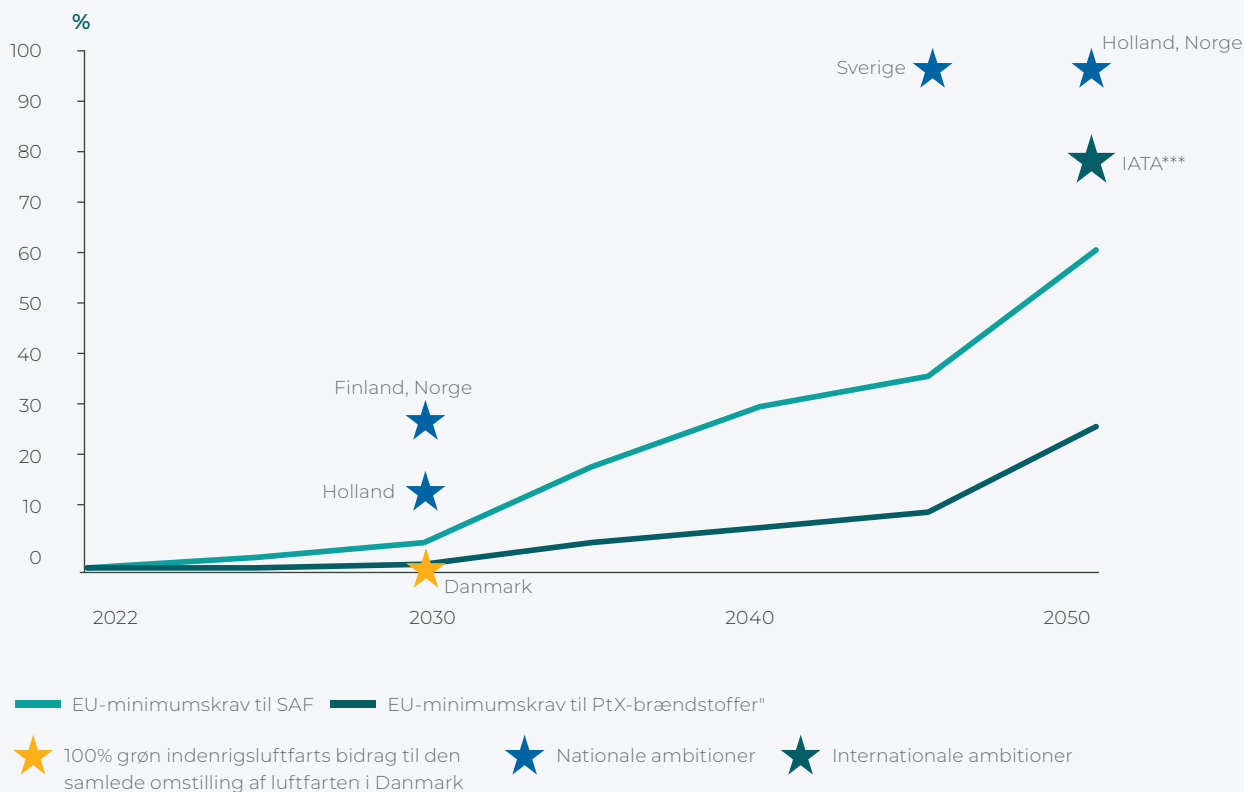
I EU forventes det, at der vedtages et iblandingskrav på 5% bæredygtigt flybrændstof i 2030, hvoraf 0,7 % af brændstoffet skal være syntetisk. Derudover drøftes det i EU, om de bindende mål skal udelukke nationale målsætninger for internationale udledninger, således at der sikres ens konkurrence på tværs af Europa.

ICAO har endnu ikke et mål for CO2-fortrængning via bæredygtige brændstoffer, mens IATA har et mål om klimaneutralitet hvoraf 65 % nås med bæredygtigt brændstof i 2050 og 13 % nås med anvendelse af brint og el.

Illustration 16

Indfasningsforløb for grønne drivmidler til indenrigs- og udenrigsluftfart

Bemærk at de nationale indfasningsforløb er ambitioner og ikke fastsatte krav som EU-kravene for hhv. SAF og PtX-brændstoffer.



* International Civil Aviation Organisation: En organisation under FN, som arbejder for ensartede standarder og lovgivning.

** International Air Transport Organisation: En international forening for flyselskaber, som supporterer luftfarten med standarder for sikkerhed, effektivitet og bæredygtighed.

*** IATA's mål om klimaneutralitet i 2050 skal opfyldes med 78 % nye drivmidler, heraf 65 % SAF og 13 % el eller brint.

Kilde

[21] [Notat, Transport- og Boligministeriet](#).

[22] Mobility Watch, Regeringens nye klimaplaner for luftfarten sætter ikke Danmark foran resten af Norden – klimaforsker savner større ambitioner.



Anbefaling 3

Højere EU-krav til PtX-flybrændstoffer i 2030 samt dansk ambition om 100 % grøn luftfart senest i 2050

EU Kommissionen har netop med REPowerEU-udspillet hævet ambitionerne for brintforbruget i Europa. Derfor skal det europæiske mål til anvendelse af PtX-flybrændstoffer også hæves. Danmark skal vise vejen til klimaneutral luftfart - både med dansk produceret PtX-brændstof og en ambition om 100 % grøn dansk luftfart i 2050.

Høje EU-ambitioner om brintforbrug i 2030 bør øge minimumskrav til PtX-flybrændstoffer

Med Fit-for-55 udspillet har EU Kommissionen lagt op til et brintforbrug på ca. 5 mio. ton i 2030 til hhv. industri og tung transport. Derudover har EU Kommissionen med REPowerEU-udspillet lagt op til en firdobling af den samlede brintproduktion til 20 mio. ton i 2030. Udspillet sætter en ambition for, hvor meget brint, der hhv. skal produceres i EU (10 mio. ton) og importeres til EU (10 mio. ton). Fit-for-55-udspillet skal derfor genbesøges, så målene for anvendelse af brint i EU stemmer overens med de nye mål for produktion af brint.

Det anbefales derfor, at EU's minimumskrav til syntetiske flybrændstoffer i Fit-for-55-udspillet som minimum firdobles fra 0,7 % til mindst 3 % i 2030. Det er en forudsætning for det øgede minimumskrav for PtX-flybrændstof, at ambitionerne for brintproduktionen også indfries. Det er vigtigt, at der sikres en rimelig balance mellem krav for efterspørgsel og udbud af PtX-flybrændstoffer.

Et EU-krav på mindst 3 % syntetisk flybrændstof vil hjælpe til at flytte PtX-flybrændstofindustri-

en op i storskala i 2030, svarende til ca. 7 GW brintproduktion som benyttes til flybrændstof ud af i alt ca. 100 GW brintproduktion i Europa i 2030. Danmark bør arbejde for høje EU-ambitioner for syntetiske flybrændstoffer i 2030 for at sikre stor efterspørgsel efter dansk PtX-flybrændstofproduktion.

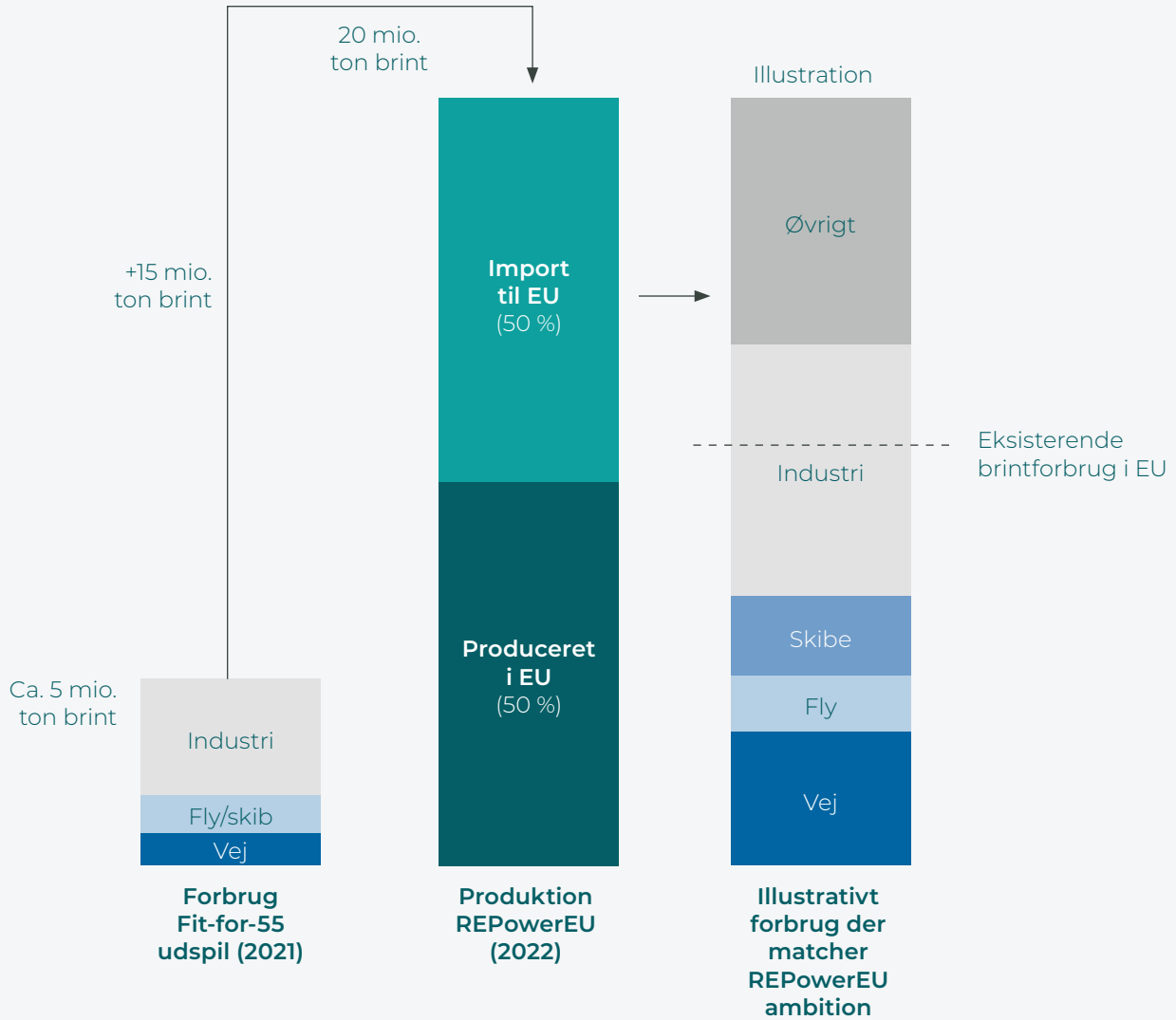
100 % grøn omstilling af luftfarten senest i 2050

Danmark bør have en ambition om 100 % grøn omstilling af luftfarten senest i 2050 til både national og international luftfart.

Danmark har i Klimaloven en målsætning om at reducere CO₂-udledningerne med 70 % i 2030 samt at opnå netto-nuludledning i 2050. Det er kun indenrigsluftfarten, der tæller med i de nationale udledningsregnskaber. Danmark bør medtage emissioner fra international luftfart i nationalt klimamål om netto-nuludledning senest i 2050.

Danmarks indsats for en grøn luftfart mod 2030 bør derfor samlet set understøtte, at Danmark kan blive et foregangsland for produktion af PtX-brændstoffer og sætte retningen mod 100 % grøn omstilling af luftfarten senest i 2050.

Illustration 17
Produktion og forbrug af grøn brint i Europa i 2030



Note

EU's Fit-for-55 udspil skønnes at anvende ca. 5 mio. ton brint i 2030 til erstatning af fossil brint i industrien samt til vej-, skibs- og luftfartstransport.

REPowerEU planen har som mål at sikre 10 mio. ton brintproduktion i Europa (svarende til ca. 100 GW elektrolyse med 5000 fuldlasttimer og 70 % virkningsgrad) samt 10 mio. ton brintimport i 2030.

Danmarks PtX-strategi på 4-6 GW brintproduktion kan levere ca. 5 % af EU's brintproduktion.



Foto: Green Power Denmark





Green Power Denmark

Vodroffsvej 59

1900 Frederiksberg

+45 35 30 04 00

info@greenpowerdenmark.dk

© Green Power Denmark 2022