

Forudsætninger for KP22-scenarier - Transport: Motortypefordelinger og iblanding af VE- brændstoffer

Kontor/afdeling
Systemanalyse

Dato
23-09-2022

J nr. 2022 - 15162

LIBK / JMOE

Indholdsfortegnelse

1. Motortypefordelinger	2
1.1 Personbiler	3
1.2 Varebiler	4
1.3 Lastbiler	4
1.4 Busser	5
1.5 Motorcykler	6
1.6 Tog	7
1.7 National luftfart	7
1.8 National søfart	8
1.9 International søfart og luftfart	10
2. Fordeling af brændstoffer (vej, bane og national søfart)	13

Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

T: +45 3392 6700
E: ens@ens.dk

www.ens.dk



Dette notat beskriver, hvordan det fremtidige trafikarbejde er forudsat fordelt på motortyper (teknologityper) i scenarierne til *Klimaprogrammet 2022 (KP22)*: "Bio & CCS", "El", "Adfærd" og "Nye markeder". Dertil er scenarieforudsætningerne vedr. iblanding af VE-brændstoffer beskrevet til sidst i notatet. Scenarierne er nærmere beskrevet i baggrundsnotatet *Metodebeskrivelse for KP22-scenarier*.

1. Motortypefordelinger

Flere af teknologierne kan benytte flere forskellige drivmidler – både fossile og VE-baserede. For nogle af disse kan der ske en fuldstændig substitution (fx af naturgas med bionaturgas), mens der for andre vil være begrænsninger. Brændstoffer som ammoniak og metanol kan fx fordrer, at der anvendes en mindre mængde pilotbrændstof (fx diesel for at sikre antænding af andet brændstof). I nærværende notat redegøres der både for teknologierne (motorer) og sammensætningen af brændstoffer i de forskellige scenarier.

I vurderingen af fordelingen på teknologier, er der skelet til en række andre scenarierarbejder, bl.a. IEA's NetZero scenarie, DNV's scenarier for søfart og EU's scenarier for 2050. Dog gælder, at disse scenarier er udarbejdet i en anden kontekst, med andre drivere og andre formål, hvor fordelingen på transportformer er en anden end den danske. Dette omfatter fx omfanget af indenrigsluftfart og -søfart. Derfor er disse scenarier ikke anvendt direkte (med undtagelse af, at IEA's NetZero er anvendt for international søfart og luftfart).

For 2030 danner KP22 udgangspunkt for flere af de justeringer, der er gennemført. Justeringerne varierer alt efter scenarie. Især skal det bemærkes, at der i KP22 allerede er et betydeligt antal personbiler på el i 2030 (og 2035). Det vurderes derfor at være begrænset, hvor mange flere elbiler man kan få indfaset frem til 2030.

Teknologifordelingerne angivet for 2030 og 2050 er alene udarbejdet som illustrative bud på forskellige fordelinger på teknologier og drivmidler. I sagens natur kan der være mange andre mulige konfigurationer, end dem der er benyttet her. Det skal nævnes, at fremtidige teknologifordelinger som disse er forbundet med usikkerhed; særligt når det gælder det lange sigt mod 2050. Endvidere gælder det, at scenarierne er udarbejdet med henblik på at opnå fossilfrihed i 2050, uden at der er taget specifikt stilling til, hvordan dette kan ske i praksis, fx gennem forbud/påbud, afgifter eller subsidier mv. Scenarierne er også i høj grad baseret på, at der frem mod 2050 sker en markant teknologiudvikling – både for nye såvel som konventionelle motorer mv. Derudover fordres, at forskellige tekniske og juridiske begrænsninger fjernes helt (fx knyttet til forbud mod salg af benzin- og dieslbiler, brud på standarder for benzin og diesel og statsstøtteregele mv.).



I teknologifordelingen i transportsektoren er der for scenarierne "Adfærd" og "Nye markeder" benyttet samme fordeling som i EI-scenariet. Dette gælder for hele transportsektoren beskrevet nedenfor.

For vejtransport angiver tabellerne fordelinger af trafikarbejdet, mens det for søfart og luftfart angiver fordelinger af energiforbruget, da det især for den internationale trafik er vanskeligt at omsætte tanket brændstof til trafikarbejde.

1.1 Personbiler

For personbiler gælder, at der i alle scenarier vil komme en øget andel elbiler, da elbiler forventes at blive konkurrencedygtige på pris inden for en overskuelig tid. Dog gælder også, at der selv i 2050 i EI-scenariet fortsat forventes at være en meget lille andel biler med forbrændingsmotor; især pga. bilers relativt lange levetider.

Umiddelbart indgår der stort set ikke gas til personbiler i KF22, og gas fylder generelt ikke ret meget i scenarierne for personbiler. Når elbiler generelt forventes at blive konkurrencedygtige med fossile biler (både på rækkevidde og pris), vil et skift til gas formentlig ikke være relevant. I tilknytning hertil kan det også nævnes, at EU's scenarier heller ikke rummer ret meget gas til personbilerne – uanset hvilket scenarie, der ses på.

Plug-in hybridbiler (PHEV) anses som overgangsteknologi, da elbiler - inden for en kort tidshorisont - forventes at kunne levere det samme, når det gælder rækkevidde. PHEV-biler forventes ikke at blive levetidsforlænget, da de næppe har den store affektionsværdi, og da det formentlig kan være vanskeligt at erstatte batterierne, da standarderne herfor ændres hurtigt. Derfor fylder de ikke meget i 2050; dog lidt mere i Bio & CCS-scenariet ud fra en betragtning om, at de her mere ses som svaret på at gøre konventionelle biler mere effektive, hvilket bilproducenterne bliver presset til via EU-regulering.

Table 1. Personbiler - fordeling på motortyper forudsat i scenarierne (pct. af trafikarbejde).

Pct.	EI	PHEV	Gas	Brint	Diesel	Benzin
EI 2030	30	6	0	1	21	42
Bio & CCS 2030	23	10	0	0	22	45
Reference KF22 (2030)	23	8	<1	<1		
Reference Teknisk max (2030)*	Ca. 50-55					
EI 2050	92	3	0	2	1	2
Bio & CCS 2050	70	20	0	0	4	6

Teknisk max er baseret på, at alle nye biler fra 2023 er elbiler.

Gas-, diesel- og benzinmotorer i scenarierne kører på en andel af VE-brændstoffer afhængig af iblandingen i det givne scenarie og årstal (VE-andelen er i alle scenarierne 100 % i 2050).



1.2 Varebiler

For varebiler gælder næsten samme forhold som for personbiler, blot er elektrificeringen lidt "forsinket". Varebiler har som personbiler ikke brug for rækkeviddeforlængelse i nogen større udstrækning, så her er der heller ikke meget brint og PHEV. Som for personbiler fylder gas ikke ret meget, hvilket også understøttes i EU's scenarier. Det skal bemærkes, at biobrændstoffer og PtX-brændstoffer vil finde anvendelse som erstatning for diesel i Bio & CCS-scenariet i 2050.

Tabel 2. Varebiler - fordeling på motortyper forudsat i scenarierne (pct. af trafikarbejde).

Pct.	EI	PHEV	Gas	Brint	Diesel	Benzin
EI 2030	25	5	0	1	69	0
Bio & CCS 2030	13	2	1	0	84	0
Reference KF22 (2030)	13	2	<1	<1	85	
Reference Teknisk max (2030)	>50					

EI 2050	88	5	0	3	4	0
Bio & CCS 2050	60	10	5	0	25	0

Gas-, diesel- og benzinmotorer i scenarierne kører på en andel af VE-brændstoffer afhængig af iblandingen i det givne scenarie og årstal (VE-andelen er i alle scenarierne 100 % i 2050).

1.3 Lastbiler

For lastbiler er der flere overvejelser, bl.a. ift. graden af elektrificering. Når man ser på de store lastbilsproducenters forventninger til fremtidens lastbil (gående mod CO₂-neutralitet) er det især el og brint, der peges på (og stort set ikke gas).

Elektrificering af lastbiler går dog fortsat relativt langsomt. Dette skyldes bl.a. følgende forhold:

- Der produceres i dag kun meget få el-lastbiler, og antallet af modeller er begrænset og vil ikke kunne dække alle segmenter endnu.
- Priserne er fortsat meget høje sammenlignet med konventionelle lastbiler. Prisparitet nås først et stykke efter 2030.
- Det vil også her være en udfordring at få udrullet ladeinfrastruktur, hvor der for lastbiler er behov for høj effekt for at reducere ladetiden.
- For de internationale kørsler, vil man være afhængig af, at der også ned gennem Europa udrulles tilstrækkelig ladeinfrastruktur.
- Frem mod 2030 vil det især være mindre lastbiler, der kan fås i el-version. Små lastbiler har til gengæld en meget lang levetid ift. store lastbiler. Derfor er udskiftningshastigheden længere for disse.

Gas fylder i dag ikke meget i den danske transportsektor men dog lidt mere i lastbiler (og busser) end i personbiler. Scenarieantagelserne afspejler dette forhold i det store



hele, dog med lidt mere gas i Bio- & CCS-scenariet. Brint i scenarierne fylder ligeledes mere i den tunge transport end i den lette transport, da der er mere brug for at kunne forlænge rækkevidden i den tunge transport – særligt ved kørsel i udlandet (det er dog betinget af tilgængelighed af brint i udlandet). Også for lastbiler gælder, at de tilbageværende diesellastbiler i 2050 vil blive tanket med VE-brændstoffer frem for diesel.

Tabel 3. Lastbiler - fordeling på motortyper forudsat i scenarierne (pct. af trafikarbejde).

Pct.	EI	PHEV	Gas	Brint	Diesel
EI 2030	10		3	5	82
Bio & CCS 2030	5		6	2	87
Reference KF22 (2030)	6	<1	3	1	91
Reference Teknisk max (2030)	15				

EI 2050	66	0	2	17	15
Bio & CCS 2050	25	0	20	5	50

Gas- og dieselmotorer i scenarierne kører på en andel af VE-brændstoffer afhængig af iblandingen i det givne scenarie og årstal (VE-andelen er i alle scenarierne 100 % i 2050).

1.4 Busser

For at forstå opdelingen på drivmidler for busser, skal man være opmærksom på to forhold:

1. En del af busflåden i Danmark udgøres af turistbusser, der anvendes både i Danmark og udlandet, og som for en stor dels vedkommende ikke er i fast rutedrift og typisk kører langt pr. tur. De samme karakteristika gælder for fjernbusser, og muligheden for elektrificering af disse typer buskørsel er på nuværende tidspunkt begrænset.
2. En anden del af busflåden i Danmark er i fast rutetrafik, der er baseret på kontrakter af 6-12 års varighed. Det er trafiksselskaberne, der planlægger og udbyder busruter til busoperatører med udgangspunkt i kommunernes og regionernes ønsker. I tillæg indgås også kontrakter om specialkørsel for trafiksselskaber og kommuner, herunder fx flextrafik, der også betragtes som rutetrafik. For begge former for offentlig rutetrafik gælder, at det er en politisk beslutning, om bustrafikken skal overgå til el, gas eller brint.
3. Busser til rutekørsel har ofte væsentligt højere årskørsel end private busser, så selvom antallet er begrænset – står de for en betydeligt højere andel af trafikarbejdet. Derfor slår elektrificering af rutebusser mere igennem i de samlede tal, end hvis man ser på antallet af busser.

Disse to aspekter giver i en fælles opsætning et lidt blandet billede, der fordeler busserne mere jævnt på drivmidler, end hvis man ser på hver kategori for sig.



Tabel 4. Busser - fordeling på motortyper forudsat i scenarierne (pct. af trafikarbejde).

Pct.	El	PHEV	Gas	Brint	Diesel
El 2030	50	0	5	2	43
Bio & CCS 2030	45	0	8	3	44
Reference KF22 (2030)	45				
Reference Teknisk max (2030)	Ca. 50-60				

El 2050	75	0	5	15	5
Bio & CCS 2050	45	0	20	10	25

Teknisk max er baseret på at alle rutebusser i bestanden er på el – og at 50 pct. af alle nye turistbusser fra 2023 er på el. Gas- og dieselmotorer i scenarierne kører på en andel af VE-brændstoffer afhængig af iblandingen i det givne scenarie og årstal (VE-andelen er i alle scenarierne 100 % i 2050).

1.5 Motorcykler

Udledninger fra motorcykler fylder ikke meget i det samlede billede. Elektrificeringen vil gå ret langsomt, hvilket skyldes følgende:

- Motorcykler benyttes lejlighedsvis og ofte på ferier mv. De er ofte forbundet med frihed, og der kan være mange følelser forbundet med at eje en motorcykel. Da de kører noget længere pr. liter end biler og kun benyttes i begrænsede perioder i løbet af året, betyder det mindre, at prisen på brændstof er høj.
- Motorcykler har en lang levetid (ifølge Danmarks Statistik er den gennemsnitlige alder for motorcykler knap 27 år, og knap halvdelen af bestanden er ældre end 24 år).

I forbindelse med ovenstående kan det også nævnes, at stort set alle motorcykler i KF22 er benzindrevne i 2030. De motortypefordelinger som i scenarierne er forudsat for motorcykler er angivet nedenfor.

Tabel 5. Motorcykler - fordeling på motortyper forudsat i scenarierne (pct. af trafikarbejde).

Pct.	2030		2050	
	El	Benzin	El	Benzin
El	10	90	50	50
Bio & CCS	2	98	25	75

Benzinmotorer i scenarierne kører på en andel af VE-brændstoffer afhængig af iblandingen i det givne scenarie og årstal (VE-andelen er i alle scenarierne 100 % i 2050).

Andre tohjulede motorkøretøjer (knallerter og scootere) vil i højere grad blive elektrificeret, men de indgår ikke i scenarierne, da de næsten intet fylder.



1.6 Tog

Hvilket materiel, der kører på de danske jernbanestrækninger, vil i høj grad afhænge af politiske beslutninger, den tekniske levetid og om en strækning er blevet elektrificeret med køreledninger. Batteridrift kan benyttes, hvor der ikke er køreledninger. Det meste af hovednettet er allerede elektrificeret, og en stor del af materiellet er eller bliver elektrificeret inden 2030. Der er derfor ikke så stor forskel på scenarierne, hvad dette angår. I fordelingen på teknologier og drivmidler er der dog taget højde for, at også internationale tog indgår, når disse kører fra/til Danmark eller passerer igennem (transit). Derfor antages der fortsat at være materiel, der kører på diesel eller ækvivalenter hertil i alle scenarier i 2030. I 2050 er al togdrift i scenarierne elektrisk.

Tabel 6. Tog - fordeling på motortyper forudsat i scenarierne (pct. af trafikarbejde).

Pct.	EI- køreledning	EI- batteri	Diesel
EI 2030	90	2	8
Bio & CCS 2030	90	0	10

EI 2050	95	5	0
Bio & CCS 2050	95	5	0

Dieselmotorer i scenarierne kører på en andel af VE-brændstoffer afhængig af iblandingen i det givne scenarie og årstal (VE-andelen er i alle scenarierne 100 % i 2050).

Batterielektriske tog og elektriske tog med køreledning kan i princippet også omfatte hybridløsninger, men det betyder ikke så meget for scenarierne, da energiforbruget antages at være ens. Det handler om, hvilke løsninger man i EI-scenariet vil vælge på tyndt betjente strækninger, der ikke elektrificeres med ledninger. Det kan enten være batteriløsning med stationsopladning af en batteripakke, eller det kan være en hybridløsning.

1.7 National luftfart

For den nationale luftfart er det i scenarierne antaget, at man allerede fra 2030 er fossilfri.

Elektrificering af fly har umiddelbart lange udsigter og vil i starten alene være muligt for mindre fly. Derfor udgør el-fly i 2030 kun 2 pct. af den nationale luftfart i EI-scenariet (og scenarierne "Adfærd" og "Nye markeder") og 0 pct. i Bio & CCS-scenariet; og i 2050 er andelen 5-30 pct. afhængig af scenarie. Derudover kan der være tale om indirekte elektrificering via e-fuels. For Bio & CCS-scenariet er stort set alle fly forudsat med forbrændingsmotor både i 2030 og 2050 (brændstoffet er som i de andre scenarier baseret på vedvarende energi).



100 pct. SAF (Sustainable Aviation Fuel, dvs. bæredygtigt flybrændstof; enten bio- eller PtX-baseret) i 2030 er betinget af, at 50 pct.-begrænsningen på anvendelse af biokomponenter mv. i flybrændstof bortfalder inden 2030. Det er ligeledes betinget af, at det er muligt at source tilstrækkelige mængder SAF, som pt. produceres i utilstrækkelig mængde på globalt plan.

Tabel 7. National luftfart - fordeling på motortyper/drivmidler forudsat i scenarierne (pct. af energiforbrug).

Pct.	EI	Brinthybrid	SAF*
EI 2030	2	0	98
Bio & CCS 2030	0	0	100
EI 2050	30	20	50
Bio & CCS 2050	5	0	95

* SAF: Sustainable Aviation Fuel.

1.8 National søfart

Den nationale søfart er opdelt på passagerer og gods (selvom en mindre del af godstransporten udføres med almindelige færgeruter). Godstransport omfatter både bulk- og containerskibe, som ofte også anvendes til international godstransport. Passagertransport omfatter dels 5 større færgeruter (Kattegat, Bornholm og Færøerne) og dels et større antal mindre færges, der besejler småøerne.

I modsætning til de andre transportformer er motortypefordelingerne for søfart angivet efter energiforbrug (ikke trafikarbejde). Det skyldes, at der er meget store forskelle på de enkelte skibe, og det derfor er vanskeligt at håndtere en omregning fra trafikarbejde (ton-km eller person-km) til energiforbrug. Fordelingen på energi er derfor generelt mere retvisende her, om end elfærger antages at bruge mindre energi end andre færges (det vil sige, at det angivne elforbrug til færges vil svare til en lidt højere andel af trafikarbejdet).

Fordelingen mellem godstransport og persontransport er ca. 50/50.

Ud over den direkte elektrificering vil alle øvrige energiforbrug potentielt kunne være PtX-brændstoffer eller biobrændstoffer. Da national søfart fremskrives fladt, antages energiforbruget at være 6,7 PJ både i 2030 og 2050.

For skibsfarten gælder, at teknologier og brændstoffer i højere grad hænger sammen, om end visse former for PtX-brændstoffer vil kunne anvendes i en traditionel skibsmotor. Ved valg af teknologi har man således også låst sig mere eller mindre fast på bestemte drivmidler.



Bulk- og containerskibe antages ikke elektrificeret, og det er vanskeligt helt at give et bud på, hvilke brændstoffer der tankes fremadrettet. For metanol gælder, at det dels kan anvendes i eksisterende motorer (blandet brændstof), og dels kan anvendes (næsten) rent i motorer, der er optimeret til metanoldrift. Disse kan både være som "retrofit" og som nye motorer (og tanke mv.).

Metanol anses i EI-scenariet for en overgangsløsning, hvorefter ammoniak vil overtage. Dette skyldes, at e-metanol i modsætning til ammoniak kræver CO₂ i produktionen, hvilket øger produktionsomkostningen - særligt hvis CO₂'en skal indfanges fra luften (DAC), hvilket kan blive relevant på længere sigt. Elektrificering, brint og ammoniak er ikke begrænset af tilgængeligheden af CO₂.

Forholdet mellem metanol og ammoniak varierer på tværs af scenarierne. I Bio & CCS-scenariet fylder forbrændingsmotoren størstedelen, og metanolandelen stiger frem for ammoniak. I EI-scenariet og (scenarierne "Adfærd" og "Nye markeder") benyttes en bred portefølje af motorer.

Tabel 8. National søfart - passagerer. Fordeling på motortyper forudsat i scenarierne (pct. fordeling af energiforbrug¹).

	EI	Gas	Brint	Diesel	Metanol	Ammo-niak
EI 2030	24	6	1	53	16	0
Bio & CCS 2030	4	20	1	67	8	0

EI 2050	24	6	8	2	60	0
Bio & CCS 2050	20	20	1	24	35	0

E-diesel dækker over PtX-brændstoffer, der kan anvendes i en traditionel skibsmotor (rent eller iblandet). Diesel- og gasmotorer i scenarierne drives på en andel af VE-brændstoffer afhængig af iblandingen i det givne scenarie og årstal (VE-andelen er i alle scenarierne 100 % i 2050).

Det er antaget, at de store færger over Kattegat og til Færøerne og Bornholm ikke elektrificeres - heller ikke i 2050. Derfor er elektrificeringspotentiallet i EI-scenariet det samme i 2050 som i 2030.

Ammoniak antages ikke anvendt til passagertransport i lyset af usikkerheder omkring de sikkerhedsmæssige aspekter ved ammoniak.

¹ Som led i en beregningsteknisk fordelingsnøgle antages det, at eldrevne skibe er rundt regnet dobbelt så effektive som andre skibe (dvs. det halve energiforbrug for udført trafikarbejde). I selve modellen anvendes en mere præcis differentiering i virkningsgrader.



Tabel 9. National søfart - gods. Fordeling på motortyper forudsat i scenarierne (pct. fordeling af energiforbrug).

	El	Gas	Brint	Diesel	Metanol	Ammo-niak
El 2030	0	0	0	90	0	10
Bio & CCS 2030	0	0	0	100	0	0

El 2050	0	0	0	60	0	40
Bio & CCS 2050	0	0	0	75	5	20

E-diesel dækker over PtX-brændstoffer, der kan anvendes i en traditionel skibsmotor (rent eller iblandet). Diesel- og gasmotorer i scenarierne drives på en andel af VE-brændstoffer afhængig af iblandingen i det givne scenarie og årstal (VE-andelen er i scenarierne 100 % i 2050).

Godstransporten er lidt begrænset af, at skibene i reglen ikke er bundet til kun at sejle nationalt, og en omstilling antages derfor at tage lidt længere tid.

1.9 International søfart og luftfart

Udenrigssøfart og –luftfart er ikke omfattet af det danske klimamål – hverken for 70 pct.-målet i 2030 eller det langsigtede klimaneutralitetsmål i 2050 (senest). Jf. FN's opgørelsesregler har ingen af verdens lande i dag således ansvar for udledningerne fra international sø- og luftfart. Disse udledninger søges i stedet håndteret gennem de respektive FN-organisationer, ICAO for luftfart og IMO for skibsfart². Der forventes også en grøn omstilling inden for både international sø- og –luftfart, og denne vil i sagens natur have betydning for det samlede danske energisystem, da der leveres betydelige energimængder til denne transport (pt. 75-80 PJ/år mod 2030).

Danmark har kun i meget begrænset omfang indflydelse på sammensætningen af de internationale flåder af skibe og fly, når det gælder teknologivalg, og hvilke brændstoffer de kan anvende. Levetiden for skibe og fly er lang, og en omstilling kræver både tid og finansiering. Dette medfører, at man ikke kan antage, at omstillingen til fossilfri transport går lige hurtigt i alle lande, og endnu mindre, at man fra dansk side kan forudsige, hvordan et forløb kunne være.

I lyset af kompleksiteten og usikkerhederne er det valgt at benytte IEA's Net-Zero scenarie³ som grundlag på dette område. I KP22-scenarierne er IEA's Net-Zero scenarie således anvendt til at fastlægge en teknologifordeling og et niveau for anvendelsen af fossile brændstoffer inden for international søfart og luftfart. Det er illustreret på Figur 1.

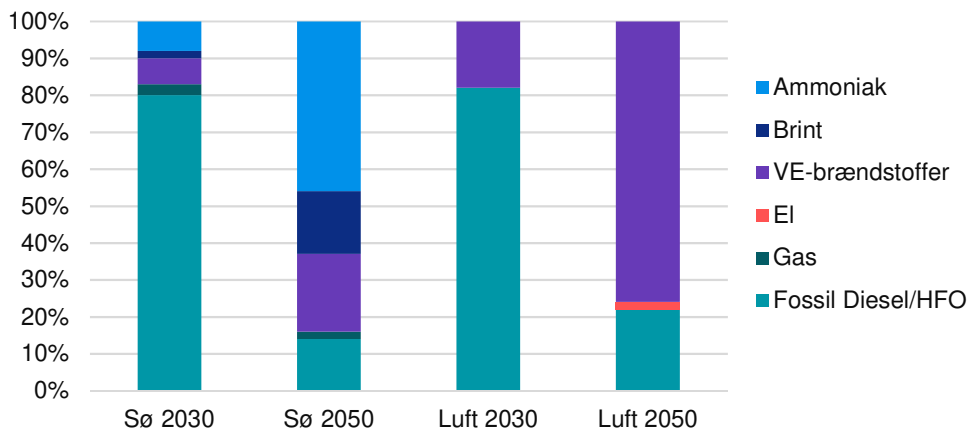
² Energistyrelsen (2022). *Global afrapportering 2022*. <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/global-afrapportering-2022>

³ IEA (2021). *Net zero by 2050 – a roadmap for the global energy sector*. https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf



I figuren er syntetiske brændstoffer (PtX) lagt sammen med biomassebaserede brændstoffer (inden for hver motorkategori), da de kan substituere hinanden i den samme motor. Det vil således være muligt at variere sammensætningen af de bæredygtige brændstoffer, der kan tankes i Danmark til international transport.

IEA Net-Zero, international sø- og luftfart



Figur 1. IEAs Net-Zero scenarie for international sø- og luftfart.
Kilde: IEA (2021). Net zero by 2050 – a roadmap for the global energy sector.

I de forskellige KP22-scenarier vil fordelingen af flydende VE-brændstoffer på e-fuels og biobrændstoffer inden for en given teknologi dermed kunne variere afhængig af de scenariespecifikke rammer. IEA's scenarie skelner ikke mellem fx metanol og diesellignende VE-brændstoffer. For luftfarten er metanol ikke en option, men andre PtX-brændstoffer kan anvendes.

IEA's scenarie har både i søfart og luftfart en mindre fossil andel tilbage i 2050. I IEA's scenarie er antagelsen, at resterende drivhusgasudledninger fra det fossile brændstofforbrug i luftfart og søfart opvejes af negative udledninger i andre sektorer.

I KP22-scenarierne fastlægges niveauet for anvendelsen af fossile brændstoffer til international søfart og luftfart ud fra IEA's scenarie, som er baseret på, at der i 2050 fortsat vil være en efterspørgsel efter fossile brændstoffer. Det repræsenterer fx fly, hvor motoren ikke er godkendt til en iblanding af mere end de på nuværende tidspunkt maksimalt tilladte 50 pct. biokomponenter (SAF: Sustainable Aviation Fuel). Selv med en meget ambitiøs omstilling på globalt plan, vil en levetid for fly på op mod 30 år - kombineret med en meget omkostningstung omstilling - således medføre, at en omstilling næppe kan nås fuldt ud inden 2050. Disse fly skal fortsat kunne tankes i Danmark. Det antages, at de fossile brændstoffer alle vil være importerede, således at det ikke fordrer en fortsat dansk produktion på raffinaderierne.



For at kompensere for den resterende mængde fossile brændstoffer i 2050 inden for international luft- og søfart, er der i KP22-scenarierne på simpel vis antaget en produktion af brint (PtX), der modsvarer dette fossile energiforbrug. Denne mængde brint antages eksporteret.

Den forudsatte fordeling på teknologier baseret på IEAs Net-Zero scenarie fremgår af Tabel 10 og 11.

Tabel 10. International luftfart - fordeling på motortyper forudsat i scenarierne (pct. af energiforbrug).

	EI	Forbrændingsmotor
2030	0	100
2050	2	98

Ud fra IEA's scenarie er der forudsat en fossil andel i international luftfart på 82 pct. i 2030 og 22 pct. i 2050. Den resterende del i forbrændingsmotorerne vil herefter udgøres af forskellige former for SAF baseret på hhv. biomasse eller PtX.

Tabel 11. International søfart (bunkring) - fordeling på motortyper forudsat i scenarierne (pct. af energiforbrug).

	Gas	Brint	Forbrændingsmotor (diesel/ bio-/e-metanol og HFO mv.)	Ammoniak
2030	3	2	87	8
2050	2	17	35	46

Gasmotorer i scenarierne drives på en andel af VE-brændstoffer afhængig af iblandingen i det givne scenarie og årstal.

Baseret på IEAs scenarie er der i KP22-scenarierne forudsat en fossil andel i den internationale søfart på 80 pct. i 2030 og 14 pct. i 2050 (hhv. 92 og 40 pct. af forbruget i forbrændingsmotorer).

Det skal bemærkes, at sammensætningen af brændstoffer til anvendelse i forbrændingsmotorer vil være forskellig afhængig af scenarie.



2. Fordeling af brændstoffer (vej, bane og national søfart)

For de transportmidler, der anvender el og gas, vil fordelingen på forskellige brændstofvarianter være bestemt af den fordeling, der er i energisystemet. Mere konkret drejer det sig her om andelen af biogas (eller evt. anden VE-gas) i gasnettet og andelen af vedvarende energi i el-produktionen. Dette gælder for alle scenarier og både for 2030 og 2050.

Ammoniak og brint er i scenarierne nærmest udelukkende baseret på elektrolyse fra vedvarende energi. For metanol vil der enten være tale om grøn metanol eller metanol baseret delvist på elektrolyse – enten kombineret med biomasse (fx biogas) - eller CO₂-fangst fra punktkilde eller fra luften. Fossil metanol forudsættes ikke anvendt.

For biobrændstoffer er der på den korte bane tekniske begrænsninger for, hvor meget der kan iblandes benzin og diesel. Omvendt er der ligeledes en regulering, der giver tilskyndelse til en vis anvendelse af både biobrændstoffer og PtX-brændstoffer, hvorfor der i scenarierne også angives en minimumsanvendelse. Dette sker modelteknisk ved, at der fastlægges et loft over, hvor meget fossilt brændstof, der kan anvendes. Da VE-brændstoffer er dyrere end de fossile brændstoffer, forventes det, at de i modellen ikke vil blive valgt uden en sådan eksplicit regel for anvendelsen af fossile brændstoffer.

Det antages, at motorteknologierne udvikler sig frem mod 2050, således at det i stigende grad bliver muligt at erstatte de fossile brændstoffer helt. For visse brændstoffer kan der fortsat være tekniske begrænsninger, hvilket dog kan håndteres ved at kombinere forskellige VE-brændstoffer. De i tabellen angivne procentbegrænsninger er således et udtryk for en gennemsnitlig mulig iblanding, der afspejler, at der i 2030 kan være et antal køretøjer (særligt benzinbiler), der ikke er godkendt til høje iblandinger, hvorfor den gennemsnitlige iblanding er lidt lavere end den iblanding, der antages for nye køretøjer.

Da modellen initialt vil vælge de billigste brændstoffer (givet de muligheder og begrænsninger, der er lagt ind som forudsætning), vil PtX-brændstoffer i reglen ikke blive valgt af modellen, såfremt der er andre billigere alternativer, der kan opfylde de samme krav og specifikationer. Der er derfor lagt en begrænsning ind for anvendelsen af biobrændstoffer i EI-scenariet, således at PtX-brændstoffer tvinges ind. Dette kan i praksis ske gennem regulering, som det er tilfældet for biobrændstoffer i dag.

Forudsætningerne omkring VE-iblandinger i scenarierne i 2030 fremgår af Tabel 12. For scenarierne "Adfærd" og "Nye markeder" er der forudsat samme VE-iblanding som angivet for i EI-scenariet.

Tabel 12. VE-iblandinger forudsat i scenarierne i 2030 for diesel og benzin (indenrigs). Iblandingsandelene er angivet på energibasis.

	VE-brændstoffer iblandet diesel*	Minimum iblanding af PtX-brændstoffer i diesel	VE-brændstoffer iblandet benzin*
EI	15 pct.	7 pct.	8 pct.
Bio & CCS	20 pct.	-	10 pct.
KF22-reference	11 pct.		6,7 pct.

*Samme VE-iblanding er forudsat for intern transport i erhverv.

I 2050 er antagelsen, at alle fossile brændstoffer til indenrigs transport er udfaset. Her vil de forskellige generelle tilgange i scenarierne sætte rammerne for, hvilket mix af brændstoffer, der vil blive valgt. Fx kan en lav bioressourcetilgængelighed eller høj biomassepris medføre, at PtX-brændstoffer vælges frem for biobrændstoffer.