

Forudsætninger for KP21-scenarier - Transport: Motortypefordelinger og iblanding af VE- brændstoffer

Kontor/afdeling
Systemanalyse

Dato
28-09-2021

J nr. 2021 - 12972

LIBK/MIS, RSMS

Indhold

1. Motortypefordelinger	2
1.1 Personbiler	2
1.2 Varebiler	3
1.3 Lastbiler	4
1.4 Busser	5
1.5 Motorcykler	6
1.6 Luftfart	7
1.7 Tog	7
1.8 Søfart	8
2. Iblanding af VE-brændstoffer	9

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 2021 (KP21). Dertil er scenarieforudsætningerne vedr. iblanding af VE-brændstoffer opridset til sidst i notatet. En given teknologitype kan benytte flere forskellige drivmidler – særligt køretøjer med en traditionel forbrændingsmotor. Eksempelvis kan en dieselmotor anvende forskellige kombinationer af brændstoffer, som kan være fossile eller ikke-fossile.

De fire scenarier i Klimaprogrammet, "Elektrificering", "Bioenergi", "CO₂-optag og -lagring" og "Adfærdsændringer", er her i notatet forkortet til "El", "Bio", "Optag" og "Adfærd". Scenarierne er nærmere beskrevet i baggrundsnotatet "Metodebeskrivelse for KP21-scenarier".

I vurderingen af fordelingen på teknologier, er der bl.a. skelet til EU's scenarier for 2050¹, mens der dog samtidig er taget højde for en dansk kontekst, hvor fordelingen på transportformer er en anden end EU-gennemsnittet. Dette omfatter f.eks. omfanget af indenrigsluftfart og søfart.

For 2030 danner KF21 udgangspunkt for de justeringer, der er gennemført. Justeringerne varierer alt efter scenarie. Især skal det bemærkes, at der i KF21 allerede er et betydeligt antal elbiler, som følger af en markant økonomisk understøttelse af en øget udbredelse. Det vurderes derfor begrænset, hvor mange flere elbiler man med rimelighed kan nå at 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.

1. Motortypefordelinger

1.1 Personbiler

For personbiler gælder, at der i alle scenarier vil komme en øget andel elbiler, da disse forventes at blive konkurrencedygtige på pris inden for en overskuelig fremtid. Dog gælder også, at selv i El-scenariet forventes der fortsat at være biler med forbrændingsmotor i 2050. Dette er begrundet i følgende:

- Der vil være en del af befolkningen, for hvem det ikke kan komme på tale at køre i elbil (af flere forskellige årsager). I stedet vil dette befolkningssegment levetidsforlænge gamle biler eller importere brugte biler, hvis reguleringen f.eks.

¹ European Commission, 2018: "A Clean Planet for all A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. In Depth analysis in support of the commission communication COM (2018) 773".



er et forbud mod salg af nye fossile biler. Under antagelse af en udbredt brintinfrastruktur vil der også være nogen, der vælger en brintbil frem for en elbil, på grund af særlige behov.

- Der er fortsat udenlandske biler, som også indgår i det danske regnskab, når de både tankes og kører i Danmark.
- Gennemsnitsalderen på biler i Danmark er ca. 9 år, men gennemsnitslevetiden for den enkelte bil er ca. 15 år (ifølge Danmarks Statistik). Levetiden varierer betydeligt, hvilket medfører, at der må forventes at være biler købt før 2030, der fortsat kører på vejene frem mod 2050.

Gas fylder generelt ikke ret meget i scenarierne for personbiler. Umiddelbart indgår der stort set ikke gas til personbiler i KF21. Når elbiler generelt forventes at blive konkurrencedygtige med fossile biler (både på rækkevidde og pris), vil et skift til gas formentlig ikke være relevant. Det skal pointeres, at alle EU's scenarier også indeholder en ret begrænset andel af gasdrevne personbiler.

Plug-in hybridbiler (PHEV) anses som overgangsteknologi, da elbiler forventes at kunne levere det samme senest i midten af 2030'erne, når det gælder rækkevidde. Plug-in hybridbilerne forventes ikke at blive levetidsforlænget, da de næppe har den store affektionsværdi, og da det formentlig kan være vanskeligt at erstatte batteriet, da standarderne herfor ændres hurtigt. Derfor fylder de ikke meget i 2050.

Plug-in hybridbiler fylder en smule mere i Bio-scenariet, da overgangen til ren el i dette scenarie vil tage længere tid.

Tabel 1. Personbiler - fordeling på motortyper forudsat i scenarierne (pct.).

	El	PHEV	Gas	Brint	Diesel	Benzin
El 2030	25	10	0	1	18	46
Bio 2030	20	5	0	0	20	55
Optag/Adfærd 2030	20	10	0	0,5	20	49,5
Reference: KF21 (2030)	17	5	<1	<1	22	55
Reference: Teknisk max (2030)	Ca. 45-50					

El 2050	87	5	0	5	2	1
Bio 2050	65	15	0	0	10	10
Optag/Adfærd 2050	87	5	0	2	4	2

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 en



særligt stor anvendelse af brint eller plug-in hybridbiler. Som for personbiler fylder gasdrevne køretøjer ikke ret meget i fordelingen, hvilket også understøttes i EU's scenarier.

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

	El	PHEV	Gas	Brint	Diesel	Benzin
El 2030	25	5	0	2	68	0
Bio 2030	20	0	0	0	75	5
Optag/Adfærd 2030	20	5	0	1	74	0
Reference: KF21 (2030)	19	<1	<1	<1	75	5
Reference: Teknisk max (2030)	Ca. 40-45					

El 2050	88	3	0	5	4	0
Bio 2050	60	10	0	0	30	0
Optag/Adfærd 2050	83	5	0	2	10	0

1.3 Lastbiler

For lastbiler er der flere overvejelser, bl.a. i forhold til graden af elektrificering. Når man ser på de store lastbilsproducenters forventninger til fremtidens lastbil (på vejen mod CO₂-neutralitet) er det især el og brint, der peges på (og stort set ikke biogas). Elektrificering af lastbiler går relativt langsomt. Dette skyldes bl.a. følgende forhold:

- Der produceres i dag kun meget få el-lastbiler på det globale marked, og antallet af modeller er meget begrænset og vil langt fra 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.

I EU's scenarier er der en vis anvendelse af gas til lastbiler, særligt i deres PtX-scenarie. I EU's scenarier fylder hybridteknologier en del i alle scenarier, hvilket ikke er tilfældet i de opstillede danske scenarier, da det ikke giver meget mening i den tunge transport – bortset fra distribution og skraldebiler, som har en fast rute. Denne type køretøjer fylder i sig selv ikke så meget.



Gas fylder mere i den tunge transport end i den lettere transport – til trods for, at lastbilproducenterne ikke pt. satser meget på dette. Brint fylder mere her end i den lette transport, da der er mere brug for at kunne forlænge rækkevidden i den tunge transport – særligt ved kørsel i udlandet (er dog betinget af tilgængelighed af brint i udlandet).

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

	El	PHEV	Gas	Brint	Diesel
El 2030	10	1	2	5	82
Bio 2030	1	0	10	0	89
Optag/Adfærd 2030	5	1	3	5	86
Reference: KF21 (2030)	<1	<1	<1	<1	99
Reference: Teknisk max (2030)	5-10				

El 2050	75	0	2	20	3
Bio 2050	25	0	20	5	50
Optag/Adfærd 2050	60	0	10	20	10

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. De samme karakteristika gælder for fjernbusser, og muligheden for elektrificering af disse typer af 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 eksempelvis 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.

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.).

	EI	PHEV	Gas	Brint	Diesel
EI 2030	40	5	10	15	30
Bio 2030	30	0	20	5	45
Optag/Adfærd 2030	30	5	15	8	42
Reference: KF21 (2030)	11	<1	5	1	83
Reference: Teknisk max (2030)	Ca. 50				
EI 2050	60	0	10	25	5
Bio 2050	40	0	40	5	15
Optag/Adfærd 2050	55	0	20	10	15

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 forbundet med frihed, og der kan være mange følelser forbundet med at eje en motorcykel. Da de kører noget længere pr. liter end biler betyder det mindre, om prisen på brændstof er høj.
- Motorcykler har en lang levetid (ifølge Danmarks statistik er den gennemsnitlige alder for motorcykler ca. 27 år, og knap halvdelen af bestanden er ældre end 24 år).

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

	2030		2050	
	EI	Benzin	EI	Benzin
EI	15	85	50	50
Bio	5	95	25	75
Optag/Adfærd	10	90	45	55

I KF21 er stort set alle motorcykler benzindrevne i 2030.



1.6 Luftfart

Det er alene den indenrigs del af luftfarten, som indgår i de nationale klimamål og som dermed er medregnet i KP21-scenarierne.

Elektrificering af fly har umiddelbart lange udsigter, og vil i starten alene være muligt for mindre fly. Derfor indgår der i 2030 kun eldrevne fly i EI-scenariet (1 pct. i 2030). I 2050 er der forudsat 10 pct. eldrevne fly i EI-scenariet og 5 pct. eldrevne fly i Otags- og Adfærds-scenariet. I Bio-scenariet er alle fly forudsat med forbrændingsmotor både i 2030 og 2050.

I scenarierne kan der også indgå iblanding af biobrændstoffer (bio-kerosen) eller E-fuels (E-kerosen)².

1.7 Tog

Hvilket materiel der kører på de danske jernbanestrækninger, vil i høj grad afhænge af politiske beslutninger, den tekniske levetid og om hvorvidt 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. I fordelingen på teknologier og drivmidler er der også 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 – også i 2050 – i alle scenarier.

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

	EI- køreledning	EI- batteri	Diesel
EI 2030	80	5	15
Bio 2030	80	0	20
Optag/Adfærd 2030	78	2	20
EI 2050	80	18	2
Bio 2050	80	10	10
Optag/Adfærd 2050	80	10	10

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.

² Fx i form af bio/E-kerosen produceret som sideprodukt fra en eventuel bio/E-dieselproduktion i det givne scenarie.



1.8 Søfart

Det er alene den indenrigs del af søfarten, som indgår i de nationale klimamål og som dermed er medregnet i KP21-scenarierne. For søfarten er der antaget den samme fordeling for persontransport, som for godstransport – givet at det i stor udstrækning er de samme færges, der transporterer både gods og personer, og da det i dag i høj grad er de samme brændstoftyper, der benyttes.

Der er mange ubekendte, når det gælder søfart. Den store joker er, hvor meget forskellige PtX-brændstoffer kan komme til at fylde fremadrettet. For skibsfarten gælder, at teknologi og brændstoffer i højere grad hænger sammen – om end visse former for PtX-brændstoffer vil kunne anvendes i en traditionel skibsmotor. I skibsfarten efterspørges især billige brændstoffer, der er hurtige at tanke.

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 rent i motorer, som 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). Brint og elektrificering er i princippet energieffektive løsninger, der ikke er begrænset af tilgængeligheden af CO₂.

Forholdet mellem metanol og ammoniak varierer på tværs af scenarierne. I Bio-scenariet fylder forbrændingsmotoren størstedelen, og metanolandelen stiger frem for ammoniak. I Optag/Adfærd-scenariet benyttes en bred portefølje af motorer. Tabel 7 afspejler fordelingen af trafikarbejdet (og ikke energiforbruget)³.

³ 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 7. Søfart (indenrigs, gods og passagerer) - fordeling på motortyper forudsat i scenarierne (pct.).

	El	Gas	Brint	Diesel	Metanol	Ammoniak
El 2030	20	0	10	35	15	20
Bio 2030	2	15	0	73	5	5
Optag/Adfærd 2030	15	5	5	50	10	15

El 2050	35	0	10	5	5	45
Bio 2050	10	20	5	50	10	5
Optag/Adfærd 2050	30	10	5	15	15	25

Det skal afslutningsvis bemærkes, at der er stor usikkerhed knyttet til søfarten – særligt for 2050. Det er vanskeligt at spå om, hvilken retning det vil tage – f.eks. om ammoniak bliver udbredt, eller om man generelt vil omstille gamle motorer til metanoldrift – eller noget helt tredje.

2. Iblanding af VE-brændstoffer

For de transportmidler, der anvender el og gas, vil fordelingen på forskellige varianter være bestemt af den fordeling, der er i energisystemet. Dette er f.eks. andelen af bionaturgas i gasnettet og andelen af vedvarende energi i elproduktionen. Dette gælder for alle scenarier og både i 2030 og 2050.

Ammoniak og brint vil være baseret på elektrolyse. For metanol vil der ud over elektrolyse være behov for tilførsel af kulstof.

For biobrændstoffer er der på den korte bane tekniske begrænsninger for hvor meget, der kan iblandes i benzin og diesel. Omvendt er der ligeledes en regulering, der giver tilskyndelse til en vis anvendelse af både biobrændstoffer og PtX-brændstoffer, hvorfor der 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 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 – hvis 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 et vist minimumsniveau af PtX-brændstoffer tvinges ind. Dette kan i praksis ske gennem regulering, som det er tilfældet for biobrændstoffer i dag.

Begrænsningerne for fossile og biomassebaserede brændstoffer i 2030 fremgår af nedenstående tabel.

Tabel 8. Anvendelse af fossile- og biomassebaserede brændstoffer i 2030 (iblandingsgrænserne forudsat i scenarierne er angivet på energibasis).

	Maksimalt forbrug af fossil diesel	Maksimalt forbrug af biodiesel/HVO	Maksimalt forbrug af fossil benzin
EI-scenariet	80 pct.	12,5 pct.	92 pct.
Bio-scenariet	80 pct.	-	90 pct.
Optag/Adfærds-scenariet	85 pct.	12 pct.	92 pct.
KF21-reference	88 pct.	-	93,3 pct.

Med de begrænsningerne angivet i tabellen vil PtX-brændstoffer eksempelvis udgøre minimum 7,5 pct. af det samlede dieselforbrug til transport i 2030 i EI-scenariet (20 pct. - 12,5 pct. = 7,5 pct.).

I 2050 er antagelsen, at alle fossile brændstoffer er udfaset. Her vil de opsatte rammer for scenarierne (bl.a. biomassepriser/tilgængelighed og teknologipriser for PtX) have betydning for, hvilket mix af brændstoffer, der vil blive valgt i det givne scenarie.