



Udkast, revideret 28/3-2014

Scenarier til køreplan for udfasning af fossile brændstoffer – metode og beskrivelse

Som en del af køreplanen udvikles scenarier for udfasning af fossile brændsler i den danske transportsektor. I dette notat gives forslag til en metodisk fremgangsmåde, som tager udgangspunkt i to internationale udviklingsspor med forskellige forventninger til den teknologiske udvikling af nøgleteknologier.

I et fossilfrit transportsystem vil det i sidste ende være nødvendigt at erstatte en meget betydelig mængde benzin og diesel med el eller biobrændstoffer (flydende eller gasformige). Uanset hvor mange tiltag, der gennemføres for at effektivisere transportsektoren ved eksempelvis at inddrage klimahensyn i den fysiske planlægning, overflytte rejser til kollektiv trafik, hvor det sparer energi, og ved at reducere køretøjernes energiforbrug, skal nye drivmidler levere langt størstedelen af den nødvendige omstilling.

De to scenarier tager højde for usikkerhed i omkostninger og den teknologiske udvikling både indenfor biobrændstof og elbaserede køretøjer, dvs. elbiler, plugin-hybrider, brintbiler mm.

Samtidig tager scenarierne også højde for, at høj energieffektivitet er en forudsætning – både økonomisk og i forhold til energiresourcerne - for såvel anvendelse af biobrændstoffer som el til transport, idet elektrificering muliggør et langt lavere energiforbrug i den lette transport, der skaber rum for den mindre energieffektive anvendelse af biobrændstoffer til de områder af transportsektoren som ikke kan elektrificeres, herunder skibe, fly og tung transport.

Nuværende
konkurrenceforhold

Elbiler er endnu for dyre i markedet til, at de kan opnå stor udbredelse. Det gælder såvel, når man ser på markedsprisen for elbiler, og når man ser på den samfundsøkonomiske omkostning. Til gengæld vurderes potentialet for billiggørelse og længere rækkevidde som meget betydeligt. Prisudviklingen vil i høj grad afhænge af, hvor kraftigt markedstrækket på elbiler er og dermed af de energi- og klimapolitiske ambitioner.

Teknologisk udvikling kan også påvirke prisen for nogle typer biobrændstoffer i nedadgående retning, særligt 2. generations biobrændstoffer, hvor processerne endnu ikke er optimeret i samme grad som for 1.g. biobrændstoffer. Omvendt kan en øget efterspørgsel efter biobrændstoffer føre til højere priser, da biomasse i modsætning til el er en begrænset resurse. Den øgede efterspørgsel på biomasse kan skyldes mange forhold, herunder ambitiøse globale klimamål, en stigende pris på olie eller helt andre drivkræfter som stigende global befolkning, større kødforbrug og svigtende høst mv.

Metode

Global tendens

Der er ud fra en referenceudvikling, uden en markant teknologiudvikling, opstillet to udviklingsspor. Det bemærkes, at teknologiudviklingen i de to spor er antaget at ske uanset, hvilke politiske beslutninger om tiltag, der træffes i Danmark. Der er således tale om en fra analysen betragtet eksogen udvikling.

Der er en klar sammenhæng mellem de to teknologispør, og antagelsen er, at regeringerne globalt set forfølger en klimadagsorden i større eller mindre grad. Des højere vægt på klimaspørgsmål i den internationale dagsorden, des mere sandsynligt er det, at det der er betegnet "el-sporet" vil blive realiseret. Hvis regeringerne globalt set følger en mere moderat klimadagsorden, øges sandsynligheden for at det, der betegnes "bio-sporet" vil blive realiseret.

Omvendt er det vigtigt at bemærke, at styrken af klimadagsordenen internationalt ikke er determinerende for den teknologiske udvikling. Et gennembrud for elbiler kan eksempelvis også forekomme uden en markant klimadagsorden; sandsynligheden for, at det sker, er blot lavere, end hvis det modsatte er tilfældet.

Nedenfor beskrives helt kort udviklingen i hvert af to spor på globalt plan. En række af de samme tendenser vil via det globale udbud af køretøjer og brændstoffer være gældende i Danmark.

El-sporet

Teknologi:

Elteknologierne – herunder brintdrevne køretøjer – bliver væsentligt billigere end i dag og spiller en nøglerolle i omstillingen af transportsektoren.

Sammenhæng med styrken af klimadagsordenen:

Dette spor vurderes som nævnt at være mest sandsynligt med en ambitiøs

klimadagsorden på globalt plan.

Sammenhæng med IEA World Energy Outlook:

Her anvendes derfor brændselspriser fra IEA's 450 ppm Scenario, der forventes at føre til max 2 graders global temperaturstigning.

Konsekvenser af policy:

Globalt sker CO2 reduktionen i transportsektoren primært via skift til el-teknologier. Den teknologiske omstilling understøttes af policies i form af blandt andet direkte og indirekte tilskud til elbiler, EU-tiltag som fx CO2-forordningen for personbiler (hvor elbiler fremmes specifikt via superkreditter), udbygning med ladeinfrastruktur skærpede emissionskrav i byer og på længere sigt brintfyldinfrastruktur.

Bio-sporet

Teknologi:

Elteknologien slår ikke igennem i form af stor udbredelse af egentlige elbiler. I stedet øges brændstoffektiviteten for de konventionelle køretøjer markant, målt som, hvor langt, der kan køres på en liter fossilt brændstof. Prisen for konvertering af biomasse til brændstof til transport reduceres, men der sker samtidig en markant forøgelse i efterspørgslen, hvilket må formodes at øge prisen på biomasse (råvaren).

Sammenhæng med styrken af klimadagsorden:

Dette spor vurderes som nævnt at være mere sandsynligt med en moderat international klimadagsorden.

Konsekvenser af policy:

I bio-sporet sker de globale reduktioner i transportsektorens udledning af CO2 via en bred palette af virkemidler som indfasning af biobrændstoffer og mere brændstoffeffektive køretøjer, men også fremme af modal-skift og tiltag til at reducere efterspørgslen på transportydelser. I dette spor forudsættes også en klimadagsorden på globalt plan, men ikke nær så ambitiøs som i el-scenariet.

Sammenhæng med IEA World Energy Outlook:

I scenariet anvendes brændselspriser fra IEA's New Policies Scenario, der forventes at føre til max 4 graders global temperaturstigning.

Disse spor skal ses i forhold til referencefremskrivningen, som også baserer sig på brændselsprisforudsætningerne fra IEAs New Policies Scenario, men hvor der forudsættes en begrænset teknologisk udvikling.

Opdeling mellem teknologi og policy

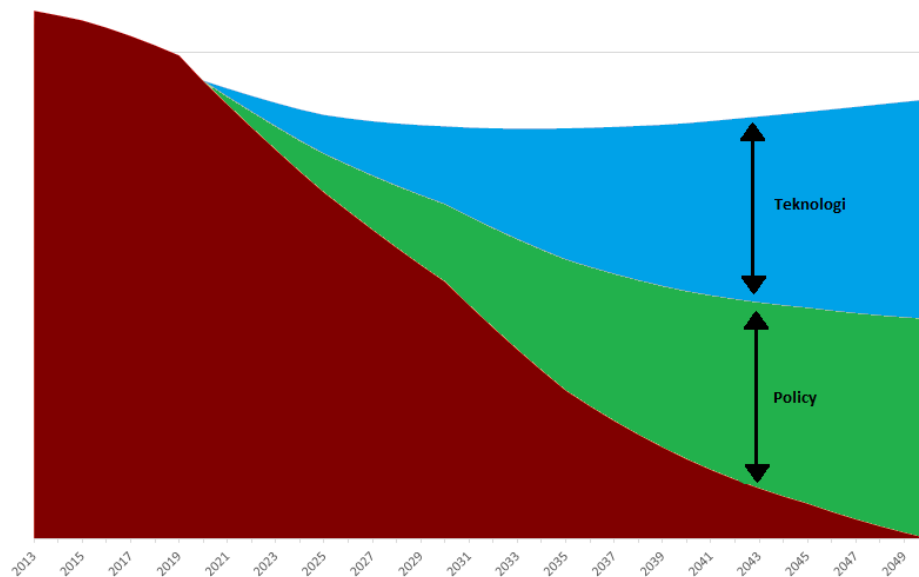
Når sporene omsættes til en dansk kontekst er den globale og teknologiske udvikling og den policy-drevne udvikling så vidt muligt adskilt. Tankegangen er, at i de to spor vil der ske en vis omstilling af transportsektoren, selvom der ikke indføres nye policies i Danmark. Denne omstilling er kraftigere end i referencefremskrivningen, fordi sporene – særligt elsporet – forudsætter kraftigere global teknologiudvikling.

Den globale teknologiske udvikling er imidlertid langt fra tilstrækkelig til at sikre en total udfasning af fossile brændsler i transportsektoren inden 2050. Hvis den politiske målsætning om en 100 % fossilfri transportsektor i 2050 forfølges, vil det således være nødvendigt, at lave nye politiske rammevilkår til at drive udviklingen. Her beskrives dette som policy-segmentet. Policy segmentet indeholder de reduktionsmuligheder, som indgår i fire såkaldte værktøjskasser. Se nedenfor.

Sammenligning med andre metoder

Metoden er illustreret på figur 1. Den eksogene udvikling varierer i størrelse i forhold til, hvilken teknologisk udvikling, der forfølges.

Den øvre linje følger udviklingen i den nuværende referencefremskrivning. Uden en ambitiøs klimadagsorden og teknologisk udvikling, er det sandsynligt at policy-segmentet stort set skal løfte hele byrden. Det forventes dog, qua de to alternative referencer, at en teknologisk udvikling bl.a. foranlediget af en international klimadagsorden, vil medføre en vis indfasning af alternative drivmidler, hvilket reducerer udfordringen i større eller mindre grad. Det forholder sig dog sådan, at uanset hvilken teknologisk vej man tror på, tilbagestår en betydelig udfordring i at gøre transportsektoren fossilfri i 2050.



Figur 1. Illustration af den metodiske tilgang til opsætning af scenarierne. Grafen skitserer udviklingen af CO₂-emissioner i den nuværende reference, ved teknologisk udvikling og policy-potentialet (størrelsen af de to potentialer kan variere mellem scenarier og i forhold til hvordan udviklingen forventes at løbe)

Håndtering af eksisterende politiske virkemidler

Metodisk forudsættes det, at de eksisterende politiske virkemidler indgår i teknologisegmentet. Fordelen ved denne fremgangsmåde er, at fremskrivningerne derved viser hvor stor en omstilling, der opnås, hvis man fortsætter med nuværende regulering. Ulempen er, at virkemidlerne på længere sigt må forventes, at blive tilrettet de økonomiske og teknologiske rammevilkår, som ligeledes må forventes at ændre sig over årene. Der er derfor en række metodiske usikkerhedsmomenter.

Virkemidler på EU niveau

Man kan diskutere, om tiltag på EU niveau metodisk bør ligge som en del af teknologisegmentet eller policysegmentet. Det er vanskeligt at forestille sig en fremtid med globalt fokus, hvor der ikke udvikles nye policies på EU niveau. Metodisk er det her valgt at betragte nye EU virkemidler som en del af policy segmentet, da Danmark i et vist omfang har mulighed for at påvirke udviklingen i EU.

Reduktionsmuligheder

Opdelingen mellem eksogen teknologisk og politisk linje og endogen policy er nødvendig, således at tiltagene i værktøjskasserne efterfølgende kan vurderes i forhold til de forskellige teknologiudviklinger.

Overordnet kan der ske CO₂-reduktioner i transportsektoren på de forskellige måder:

- Dæmpning af transportefterspørgsel
- Modalskift
- Energieffektiviseringer af køretøjer
- Indfasning af alternative drivmidler
 - Teknologiskift og
 - Drivmiddelskift (f.eks. iblanding af biobrændstof i konventionelt brændstof)

De fire værktøjskasser, dækker principielt alle typer af reduktionsmuligheder, men de konkrete værktøjer, som analyseres, er ikke udtømmende

Brug af værktøjskasser

Ved at undersøge forskellige spor, vil det være muligt, at vurdere omkostninger og potentialer af konkrete politiske tiltag. Det giver også mulighed for at vurdere hvilke tiltag, der har potentiale i de forskellige spor. I sporene kan der dels være forskel på omfanget af nødvendige tiltag dels typen af tiltag. Det er interessant at undersøge, om der i den sammenhæng er en fællesmængde af særligt robuste tiltag.

Efterspørgsel på transport

Fremskrivningerne for efterspørgslen på trafikarbejdet bygger på de samme forudsætninger, som er anvendt i referencefremskrivningen. Resultaterne er således baseret på landstrafikmodellens fremskrivning af trafikarbejdet.

Beskrivelse af teknologispør

I det følgende beskrives forventninger, tendenser og mekanismer, der vil være afgørende i de to teknologispør på [globalt plan](#).

El-sporet

I el-sporet vil der ske et internationalt teknologisk fremskridt for elbaserede køretøjer. Konkret forventes det, at elbiler inden 2030 bliver konkurrencedygtige med konventionelle køretøjer målt i faktorpriser (kr. per km). Endvidere forventes det, at omstillingen understøttes via udviklingen af infrastruktur til de eldrevne køretøjer.

I praksis vil der fortsat være en række formål, hvor el-køretøjer pga. rækkeviddebegrænsningen, fortsat vil være mindre attraktive end benzin- og dieseldrevne køretøjer. Frem mod 2050 øges elbilens konkurrencedygtighed dog gradvist i takt med, at pris-ydelsesforholdet for batterier forbedres, og elbilernes andel af nysalg vokser derfor ud over det helt oplagte ”bil nummer 2” segment. Samtidigt sker der også en elektrificering af de

konventionelle køretøjer vha. hybridteknologier, og i løbet af 2020'erne vokser udbuddet af plug-in hybrider markant.

Der sker samtidig et markant fald i omkostningen på brint-teknologier, hvilket også skal ses på baggrund af, at der er et stort teknologisammenfald mellem brint og elteknologi (styring/elektronik, elmotor, batteri).

Øvrige markedseffekter Gennembruddet for elkøretøjer betyder, at den internationale efterspørgsel efter benzin og diesel falder, hvilket igen påvirker priserne i nedadgående retning. Dette har en dæmpende effekt på gennemslaget for elbiler på globalt plan.

En lavere gennemsnitlig omkostning til transport vil i sig selv skabe højere relativ pris på alternative brændsler og drivmidler. Derfor vil biobrændstoffer til konventionelle drivmidler blive relativt dyrere.

Godstransport For godstransport med lastbiler får eldrift formentlig kun et begrænset gennemslag inden for city-logistic og først mod slutningen af perioden. Til gengæld forudsættes brint- eller metanolkøretøjer at blive væsentligt billigere og disse understøttes af policies, som betyder, at de spiller en stigende rolle i perioden efter 2030.

Kollektiv trafik Pga. den teknologiske udvikling, som forudsættes inden for elbiler – og fordi de nye køretøjer generelt er mere energieffektive end i dag – sker der ikke en nævneværdig stigning i omkostningen ved transport selvom transportsystemet i stigende grad overgår til eldrift. Derfor iværksættes ikke ekstra tiltag til at dæmpe efterspørgslen på transport eller fremme kollektiv transport (udover hvad der under alle omstændigheder kan være attraktivt at gennemføre). Inden for energieffektivisering forudsættes en fortsat omkostningseffektiv skærpelse af kravene til køretøjer. I takt med billiggørelsen af el- og hybridteknologierne vil det omkostningseffektive potentiale stige over tid.

Bio-sporet

I bio-sporet med moderat teknologisk udvikling slår den elbaserede køretøjsteknologi ikke bredt igennem.

Biobrændstoffer Med en fortsat klimafokus forventes et pres for udvikling af alternative teknologier og brændsler. Det kan derfor forventes, at der sker dels en stigende efterspørgsel på biobrændstoffer og dels kan det forventes, at der

sker en teknologisk udvikling inden for produktionen af biobrændstoffer. Der er allerede i dag et stigende fokus på at anvende biobrændstoffer, der er bæredygtige. Der vil derfor både være en teknologisk udvikling ift. at øge effektiviteten, reducere omkostningerne og udvikle 2. generations biobrændstoffer med en høj bæredygtighed.

Øvrige markeder

I bio-sporet forudsættes således en mere moderat teknologisk udvikling inden for elteknologier (og brintteknologier), således at den rene elbil omkring 2030 fortsat er 10-15 % dyrere end den konventionelle diesel/benzinteknologi.

Teknologiudvikling

Forfølgelsen af en international klimadagsorden giver pres på andre måder at opnå CO₂-reduktioner på. Teknologisk forventes det derfor, at der opnås større energieffektiviseringer i nye køretøjer herunder også tunge køretøjer.

Policy-potentialer

Med moderat teknologisk udvikling og større indfasning af biobrændstoffer vil prisen på transport formentlig stige i forhold til i dag. Hvor kraftig stigningen bliver, vil afhænge af, hvordan prisen på biobrændstoffer udvikler sig. Det vil derfor globalt være økonomisk attraktivt at iværksætte yderligere tiltag til at dæmpe efterspørgslen på transporttjenester og fremme kollektiv trafik. Nogle af disse tiltag vil øge omkostningerne til transport, men der er tale om moderate ændringer i den samlede kørselsomkostning. De største effekter kan forventes inden for energieffektivisering af køretøjer, hvor det økonomiske potentiale forventes at blive betydeligt højere, når brændstofomkostningen øges.

Eldrevne køretøjer kan få et vist gennemslag omkring 2030, men kun inden for de segmenter, som "bil nummer 2" og flådekøretøjer, hvor brugerne kan acceptere en kortere rækkevidde. Inden for de øvrige segmenter får plug-in-hybrider en stigende markedsandel mod slutningen af perioden.

Appendix: Kort beskrivelse af IEA scenarier

New policies scenariet/4 degree scenario

The 4DS represents a concerted effort to move away from current trends and technologies, with the goal of reducing both energy demand and emissions vis-à-vis the 6DS. It extends to 2050 the trends in energy efficiency and carbon intensity in the *World Energy Outlook New Policy Scenario* (IEA, 2011). IEA analysis indicates that this scenario is plausible given recent developments, but it is clear that governments must play a lead role by implementing and delivering on policy commitments already made to combat climate change and improve energy security if the 4DS is to be realised.

In transport, implementation of tighter fuel economy standards in all major economies, as already planned in the European Union and United States post-2015/16, results in average fuel economy in passenger light-duty vehicles (passenger LDVs) improving by 30% over 2009. However, policies to encourage the adoption of new fuels are weak, and penetration of alternative-fuel vehicle technologies (e.g. plug-in hybrid electric and battery electric vehicles [BEVs]) is slow. The only new alternative technology that gains significant market share is gasoline hybrid vehicles, reaching some 25% of sales in 2050.

Kilde: IEA, Energy Technology Perspective 2012.

450 ppm/2 degree scenario

The 2DS is the primary focus of *ETP 2012*. It presents a vision of a sustainable energy system. However, attaining it will require extensive transformation of the energy system, cutting energy-related CO₂ emissions in half by 2050 compared to 2009. Success will depend on a significant decoupling of energy use from economic activity, which requires changes in technology development, in economic structure and in individual behaviour. In the 2DS, the energy intensity of the global economy falls significantly, and demand for physical goods and energy decreases over time (Figure 1.6, Figure 1.7). Without this decoupling, achieving the 2DS becomes very costly, if not impossible.

Fossil fuel use will only drop by some 20% in 2050 compared to 2009 levels, but this represents a 60% reduction in the use of fossil-based fuels in 2050 in the 2DS compared to the 6DS. In transport, oil is replaced by a portfolio of three alternative fuels (or energy carriers): electricity, hydrogen and biofuels. These will require a revolution in vehicle propulsion systems, particularly the electrification of LDVs. Improved vehicle fuel efficiency also plays a major role. Still, emissions in transport will be approximately 5 Gt in 2050 (down 25% compared to 2009), mainly due to the rapid increase in the number of cars in emerging economies.

Kilde: IEA, Energy Technology Perspective 2012.

Nedenfor fremgår udviklingen i brændsels- og CO₂-priser i scenarierne.

Table 1.4 ▶ Fossil fuel import prices by scenario (dollars per unit)

	Unit	2012	New Policies Scenario				Current Policies Scenario				450 Scenario			
			2020	2025	2030	2035	2020	2025	2030	2035	2020	2025	2030	2035
Real terms (2012 prices)														
IEA crude oil imports	barrel	109	113	116	121	128	120	127	136	145	110	107	104	100
Natural gas														
United States	MBtu	2.7	5.1	5.6	6.0	6.8	5.2	5.8	6.2	6.9	4.8	5.4	5.7	5.9
Europe imports	MBtu	11.7	11.9	12.0	12.3	12.7	12.4	12.9	13.4	14.0	11.5	11.0	10.2	9.5
Japan imports	MBtu	16.9	14.2	14.2	14.4	14.9	14.7	15.2	15.9	16.7	13.4	12.8	12.2	11.7
OECD steam coal imports	tonne	99	106	109	110	110	112	116	118	120	101	95	86	75
Nominal terms														
IEA crude oil imports	barrel	109	136	156	183	216	144	171	205	245	132	144	157	169
Natural gas														
United States	MBtu	2.7	6.1	7.5	9.1	11.6	6.2	7.7	9.3	11.7	5.8	7.2	8.6	10.0
Europe imports	MBtu	11.7	14.2	16.1	18.5	21.5	14.9	17.3	20.2	23.6	13.8	14.7	15.4	16.0
Japan imports	MBtu	16.9	17.1	19.1	21.7	25.1	17.7	20.4	24.0	28.2	16.1	17.2	18.4	19.7
OECD steam coal imports	tonne	99	127	146	165	186	134	155	178	202	121	128	129	127

Notes: Gas prices are weighted averages expressed on a gross calorific-value basis. All prices are for bulk supplies exclusive of tax. The US price reflects the wholesale price prevailing on the domestic market. Nominal prices assume inflation of 2.3% per year from 2012.

Kilde: IEA, World Energy Outlook 2013

Table 1.5 ▶ CO₂ price assumptions in selected regions by scenario (in year-2012 dollars per tonne)

	Region	Sectors	2020	2030	2035
Current Policies Scenario	European Union	Power, industry and aviation	15	25	30
	Australia and New Zealand	All*	15	25	30
	Korea	Power and industry	15	25	30
New Policies Scenario	European Union	Power, industry and aviation	20	33	40
	Australia and New Zealand	All*	20	33	40
	Korea	Power and industry	20	33	40
	China	All	10	24	30
	South Africa	Power and industry	8	15	20
450 Scenario	United States and Canada	Power and industry	20	95	125
	European Union	Power, industry and aviation	35	95	125
	Japan	Power and industry	20	95	125
	Korea	Power and industry	35	95	125
	Australia and New Zealand	All	35	95	125
	China, Russia, Brazil and South Africa	Power and industry**	10	70	100

Kilde: IEA, World Energy Outlook 2013