

EMISSIONSFAKTORER FOR FLY OG FÆRGER FREM MOD 2080

INDHOLD

1	Indledning	1
2	Antagelser	2
2.1	Færger	2
2.2	Fly	3
3	Resultater	3
3.1	Færger	3
3.2	Fly	5

1 Indledning

Vejdirektoratet har behov for at beregne klima- og miljøpåvirkning af en eventuel vejforbindelse over Kattegat som en del af den samlede "Nærmere undersøgelse af en ren vejforbindelse over Kattegat". Til det formål er der brug for at beregne emissionsfaktorer for færger og fly fra et åbningsår i 2030 og frem til år 2080. Resultatet kan derefter benyttes sammen med de beregninger af trafikarbejde, som Vejdirektoratet sideløbende beregner med Landstrafikmodellen.

COWI blev af Vejdirektoratet bedt COWI om bistand til at på et oversigtligt niveau at beregne disse emissionsfaktorer. Dette notat beskriver resultatet.

PROJEKTNR.

A112365

DOKUMENTNR.

A112365-02

VERSION

2.0

UDGIVELSESDATO

15. november
2018

BESKRIVELSE

UDARBEJDET

jjd

KONTROLLERET

hgr

GODKENDT

hgr

2 Antagelser

Udgangspunktet for denne opgave var at foretage en simpel fremskrivning. Ved beregning af emissioner fra fly og færger er derfor ikke foretaget en undersøgelse af, hvordan ny teknologi indføres i perioden. Beregningerne har mest karakter af en oversigtlig eksempelberegning.

For at kunne foretage en oversigtlig beregning af forventede fremtidige emissioner fra færger og fly har det været nødvendigt at gøre en række antagelser. Disse er gengivet nedenfor. Resultaterne er angivet i det efterfølgende kapitel.

2.1 Færger

For færger er der foretaget en beregning af de samlede emissioner per færgeoverfart for færgen Express 1 på overfarten Odden – Århus, distance 72,2 km, som er anvendt i TEMA2015.

De seneste år er der både i Danmark og udlandet indført el- eller hybridfærger i stedet for færger drevet alene med konventionelle brændstoffer. Selv om det endnu flere steder kun er som forsøg og kun i begrænset omfang, kan det skønnes, at flere eldrevne færger vil fortrænge konventionelle færger i perioden frem til 2080.

For færger beregnes derfor 2 sæt af emissionsfaktorer, begge baseret på overfarten Odden - Århus:

- > Emissionsfaktorer som i dag baseret på TEMA2015¹
- > Emissionsfaktorer med rene elfærger.

For både konventionelle færger og elfærger er der antaget en årlig reduktion i elforbruget på 1% frem til 2040 og derefter 0.5% på grund af forventninger om teknologisk udvikling, der vil forbedre energieffektiviteten

Elfærgens energiforbrug er beregnet på baggrund af de nuværende færgers energiforbrug og korrigeret for den bedre virkningsgrad af el sammenlignet med konventionelt brændstof. Ifølge AD-Modellen² har konventionelle færger en virkningsgrad på 40,1%, mens motorer på eldrift har en virkningsgrad på 65,4% inklusive ladetab. Det betyder, at en færge med eldrift bruger 61,4% af den energi, som en konventionel færge bruger.

Emissioner fra elproduktion er baseret på Energistyrelsens samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger, version 2018³. Der tages således udgangspunkt i de

¹ Transport-, Bygnings- og Boligministeriet (2015): TEMA2015, <https://www.trm.dk/da/publikationer/2015/tema-2015>

² https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/alternativ_drivmiddelmo-del_3.0_2.xlsm

³ Energistyrelsen (2018): Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger. Oktober 2018.

officielle fremskrivninger af de forventede emissioner fra elproduktion, som Energistyrelsen anbefaler at anvende i samfundsøkonomiske vurderinger.

2.2 Fly

For fly er beregnet den samlede emissionsfaktor per flyafgang på ruten København – Århus, idet denne rute er det tætteste alternativ til en eventuel Kattegatforbindelse.

Der er beregnet 2 scenarier:

- > Emissionsfaktorer som i dag baseret på ICAO kombineret med TEMA2015
- > Emissionsfaktorer med en reduktion af energiforbruget på 0,6% årligt.

Reduktionen i energiforbruget på 0,6% årligt er baseret på en analyse af den forventede forbedring af energieffektivitet foretaget af Teknologisk Institut i forbindelse med Energistyrelsens AD-Model⁴. Teknologisk Institut beregner, at energiforbruget per passager forventes at falde med 19% fra 2015 til 2050, svarende til en reduktion på 0,6% årligt. Det er antaget, at denne udvikling fortsætter frem til 2080.

Beregning af energiforbrug og CO₂ er baseret på ICAOs CO₂ beregner, som beregner et gennemsnit for de anvendte fly og belægningsgrader på ruten København - Århus. Emissionsfaktoren for NO_x er beregnet ved at gange NO_x per gram CO₂ fra TEMA2015 med CO₂ emissionerne fra ICAO beregningen.

Der foreligger ikke oplysninger om partikelemissioner fra TEMA2015. Derfor er der ikke angivet nogen partikelemission i resultaterne.

3 Resultater

3.1 Færger

I Tabel 3-1 og Tabel 3-2 vises en oversigt over emissionsfaktorerne for færger i udvalgte år 2018 – 2080. I Tabel 3-3 er vist alle beregnede emissionsfaktorer for alle årene.

Tabel 3-1 Emissionsfaktorer som i dag baseret på TEMA2015, kg per færgeoverfart for overfarten Odden – Århus

	2018	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
CO ₂	20.592,9	20.183,1	18.253,2	16.507,9	14.929,5	13.501,9	12.210,9	11.043,3
NO _x	358,6223	351,4857	317,8773	287,4826	259,9941	235,1340	212,6510	192,3177
PM	5,8665	5,7497	5,1999	4,7027	4,2531	3,8464	3,4786	3,1460

⁴ Teknologisk Institut (2016): AD-modellen, Energiforbrug for Tog og Fly.

Tabel 3-2 Emissionsfaktorer for rene elfærger, kg per overfart for overfarten Odden – Århus

	2018	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
CO2	8.003	6.896	1.018	375	339	307	278	251
NOx	12,02	10,44	4,96	2,39	2,17	1,96	1,77	1,60
PM	0,073	0,059	0,033	0,011	0,010	0,009	0,008	0,007

Tabel 3-3 Detaljerede resultater for færger, kg emissioner per overfart for overfarten Odden - Århus

År	Emissionsfaktorer baseret på TEMA2015			Emissionsfaktorer baseret på TEMA2015 omregnet til elfærge		
	kg CO2	kg NOx	kg PM	kg CO2	kg NOx	kg PM
2018	20.593	358,622	5,86645	8.003	12,02	0,073
2019	20.387,0	355,036	5,80779	7.424	11,33	0,067
2020	20.183,1	351,486	5,74971	6.896	10,44	0,059
2021	19.981,3	347,971	5,69222	6.278	9,47	0,054
2022	19.781,5	344,491	5,63529	5.919	9,18	0,052
2023	19.583,7	341,046	5,57894	5.069	8,92	0,051
2024	19.387,8	337,636	5,52315	4.866	8,69	0,050
2025	19.193,9	334,259	5,46792	4.421	8,14	0,048
2026	19.002,0	330,917	5,41324	4.118	7,45	0,045
2027	18.812,0	327,608	5,35911	3.750	6,90	0,042
2028	18.623,9	324,332	5,30552	3.443	6,41	0,039
2029	18.437,6	321,088	5,25246	3.076	5,86	0,036
2030	18.253,2	317,877	5,19994	1.018	4,96	0,033
2031	18.070,7	314,699	5,14794	913	4,61	0,031
2032	17.890,0	311,552	5,09646	853	4,35	0,029
2033	17.711,1	308,436	5,04549	796	4,14	0,028
2034	17.534,0	305,352	4,99504	731	3,86	0,026
2035	17.358,7	302,298	4,94509	672	3,76	0,026
2036	17.185,1	299,275	4,89564	565	3,20	0,015
2037	17.013,2	296,282	4,84668	441	2,71	0,013
2038	16.843,1	293,320	4,79821	401	2,55	0,012
2039	16.674,7	290,386	4,75023	386	2,47	0,011
2040	16.507,9	287,483	4,70273	375	2,39	0,011
2041	16.342,8	284,608	4,65570	372	2,37	0,011
2042	16.179,4	281,762	4,60915	368	2,35	0,011
2043	16.017,6	278,944	4,56305	364	2,32	0,011
2044	15.857,4	276,155	4,51742	361	2,30	0,010
2045	15.698,9	273,393	4,47225	357	2,28	0,010
2046	15.541,9	270,659	4,42753	353	2,25	0,010
2047	15.386,4	267,953	4,38325	350	2,23	0,010
2048	15.232,6	265,273	4,33942	346	2,21	0,010
2049	15.080,3	262,620	4,29602	343	2,19	0,010
2050	14.929,5	259,994	4,25306	339	2,17	0,010
2051	14.780,2	257,394	4,21053	336	2,14	0,010
2052	14.632,4	254,820	4,16843	333	2,12	0,010

År	Emissionsfaktorer baseret på TEMA2015			Emissionsfaktorer baseret på TEMA2015 omregnet til elfærge		
	kg CO2	kg NOx	kg PM	kg CO2	kg NOx	kg PM
2053	14.486,0	252,272	4,12674	329	2,10	0,010
2054	14.341,2	249,749	4,08548	326	2,08	0,009
2055	14.197,8	247,252	4,04462	323	2,06	0,009
2056	14.055,8	244,779	4,00418	320	2,04	0,009
2057	13.915,2	242,331	3,96413	316	2,02	0,009
2058	13.776,1	239,908	3,92449	313	2,00	0,009
2059	13.638,3	237,509	3,88525	310	1,98	0,009
2060	13.501,9	235,134	3,84640	307	1,96	0,009
2061	13.366,9	232,783	3,80793	304	1,94	0,009
2062	13.233,2	230,455	3,76985	301	1,92	0,009
2063	13.100,9	228,150	3,73215	298	1,90	0,009
2064	12.969,9	225,869	3,69483	295	1,88	0,009
2065	12.840,2	223,610	3,65788	292	1,86	0,008
2066	12.711,8	221,374	3,62130	289	1,84	0,008
2067	12.584,7	219,160	3,58509	286	1,83	0,008
2068	12.458,8	216,969	3,54924	283	1,81	0,008
2069	12.334,2	214,799	3,51375	280	1,79	0,008
2070	12.210,9	212,651	3,47861	278	1,77	0,008
2071	12.088,8	210,524	3,44382	275	1,75	0,008
2072	11.967,9	208,419	3,40939	272	1,74	0,008
2073	11.848,2	206,335	3,37529	269	1,72	0,008
2074	11.729,7	204,272	3,34154	267	1,70	0,008
2075	11.612,4	202,229	3,30812	264	1,68	0,008
2076	11.496,3	200,207	3,27504	261	1,67	0,008
2077	11.381,4	198,205	3,24229	259	1,65	0,007
2078	11.267,5	196,223	3,20987	256	1,63	0,007
2079	11.154,9	194,260	3,17777	254	1,62	0,007
2080	11.043,3	192,318	3,14599	251	1,60	0,007

3.2 Fly

I Tabel 3-4 og Tabel 3-5 vises en oversigt over emissionsfaktorerne for fly i udvalgte år 2018 – 2080. I Tabel 3-6 er vist alle beregnede emissionsfaktorer for alle årene.

Tabel 3-4 Emissionsfaktorer som i dag baseret på ICAO kombineret med TEMA2015, kg per flyafgang for hele turen København – Århus Lufthavn

	2018	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
CO2	1.868	1.868	1.868	1.868	1.868	1.868	1.868	1.868
NOx	6,39	6,39	6,39	6,39	6,39	6,39	6,39	6,39
PM								

Tabel 3-5 Emissionsfaktorer med en reduktion af energiforbruget på 0,6% årligt, kg per flyafgang for hele turen København – Århus Lufthavn

	2018	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
CO2	1.868	1.846	1.738	1.637	1.541	1.451	1.366	1.286
NOx	6,39	6,32	5,95	5,60	5,27	4,97	4,68	4,40
PM								

Tabel 3-6 Detaljerede resultater for fly, kg emissioner per flyafgang for ruten København - Århus

År	Emissionsfaktorer baseret på ICAO og TEMA2015			Emissionsfaktorer med årlig reduktion på 0,6%		
	kg CO2	kg NOx	kg PM	kg CO2	kg NOx	kg PM
2018	1.868	6,4		1.868	6,4	
2019	1.868	6,4		1.857	6,4	
2020	1.868	6,4		1.846	6,3	
2021	1.868	6,4		1.835	6,3	
2022	1.868	6,4		1.824	6,2	
2023	1.868	6,4		1.813	6,2	
2024	1.868	6,4		1.802	6,2	
2025	1.868	6,4		1.791	6,1	
2026	1.868	6,4		1.780	6,1	
2027	1.868	6,4		1.770	6,1	
2028	1.868	6,4		1.759	6,0	
2029	1.868	6,4		1.749	6,0	
2030	1.868	6,4		1.738	5,9	
2031	1.868	6,4		1.728	5,9	
2032	1.868	6,4		1.717	5,9	
2033	1.868	6,4		1.707	5,8	
2034	1.868	6,4		1.697	5,8	
2035	1.868	6,4		1.687	5,8	
2036	1.868	6,4		1.676	5,7	
2037	1.868	6,4		1.666	5,7	
2038	1.868	6,4		1.656	5,7	
2039	1.868	6,4		1.646	5,6	
2040	1.868	6,4		1.637	5,6	
2041	1.868	6,4		1.627	5,6	
2042	1.868	6,4		1.617	5,5	
2043	1.868	6,4		1.607	5,5	

År	Emissionsfaktorer baseret på ICAO og TEMA2015			Emissionsfaktorer med årlig reduktion på 0,6%		
	kg CO2	kg NOx	kg PM	kg CO2	kg NOx	kg PM
2044	1.868	6,4		1.598	5,5	
2045	1.868	6,4		1.588	5,4	
2046	1.868	6,4		1.578	5,4	
2047	1.868	6,4		1.569	5,4	
2048	1.868	6,4		1.560	5,3	
2049	1.868	6,4		1.550	5,3	
2050	1.868	6,4		1.541	5,3	
2051	1.868	6,4		1.532	5,2	
2052	1.868	6,4		1.523	5,2	
2053	1.868	6,4		1.513	5,2	
2054	1.868	6,4		1.504	5,1	
2055	1.868	6,4		1.495	5,1	
2056	1.868	6,4		1.486	5,1	
2057	1.868	6,4		1.477	5,1	
2058	1.868	6,4		1.469	5,0	
2059	1.868	6,4		1.460	5,0	
2060	1.868	6,4		1.451	5,0	
2061	1.868	6,4		1.442	4,9	
2062	1.868	6,4		1.434	4,9	
2063	1.868	6,4		1.425	4,9	
2064	1.868	6,4		1.416	4,8	
2065	1.868	6,4		1.408	4,8	
2066	1.868	6,4		1.399	4,8	
2067	1.868	6,4		1.391	4,8	
2068	1.868	6,4		1.383	4,7	
2069	1.868	6,4		1.374	4,7	
2070	1.868	6,4		1.366	4,7	
2071	1.868	6,4		1.358	4,6	
2072	1.868	6,4		1.350	4,6	
2073	1.868	6,4		1.342	4,6	
2074	1.868	6,4		1.334	4,6	
2075	1.868	6,4		1.326	4,5	
2076	1.868	6,4		1.318	4,5	
2077	1.868	6,4		1.310	4,5	
2078	1.868	6,4		1.302	4,5	
2079	1.868	6,4		1.294	4,4	
2080	1.868	6,4		1.286	4,4	