

Velfærdsøkonomiske benefits ved reduktion af luftforureningen ved indførelse af miljø - og nulemissionszone i København

S.S. Jensen, M. Winther, J. Brandt, C. Geels, LM. Frohn, J.R. Massenberg, M.S. Andersen

Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet
ssj@envs.au.dk

BAGGRUNDOG FORMÅL

MARCHES er et igangværende EU Horizon-projekt, der har til formål at udvikle en metode til at vurdere helbredsomkostninger ved miljøpåvirkninger (en af dem er luftforurening) med case studier i seks europæiske regioner

En region er Øresundsregionen med fokus på København

Metoden anvendes på politiske tiltag, der er defineret sammen med interessenter

Hvordan enhedsskadeomkostninger ved luftforurening kan anvendes i cost-benefit analyser til at vurdere benefits af politiske tiltag



<https://projects.audk/marches>



UDVALGTE POLITISKE TILTAG I KBH

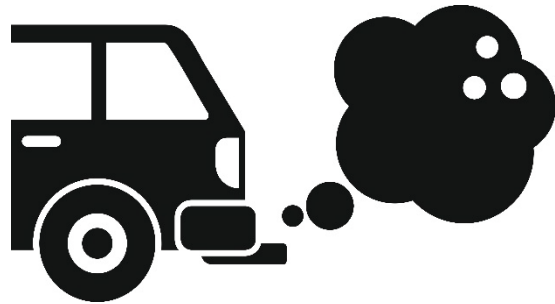
1. Miljøzone. Forbud mod dieselpersonbiler uden partikelfiltre (DPF) pr. 1. oktober 2023 i miljøzonebyerne
2. Nulemissionszone. Fra 2025 har kommunerne mulighed for at etablere geografisk afgrænsede nulemissionszoner for enten for persontrafik eller for al trafik (med en række undtagelser)

Vi har antaget et hypotetisk scenarie som dækker hele den nuværende miljøzone i København for alle køretøjer (antaget elektriske)

3. Forbud mod ældre brændeovne før 2008

4. Forbud mod alle brændeovne

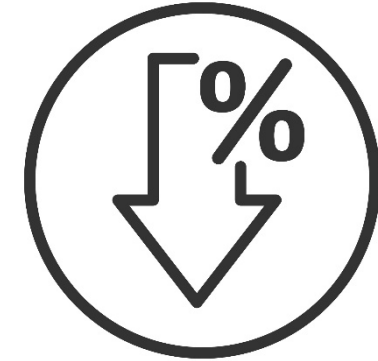
OVERORDNET METODE FOR BENEFITS



X



X



Estimering af
sparede emissioner
af tiltag i influens-
område og -periode

Enheds skades-
omkostninger
pr. kg emitteret
luftforurening fra
MARCHES projekt

Årlig diskontering
af 3.5 %
(Finansministeriet)

MILJØZONE FOR DIESELPERSONBILER UDEN PARTIKELFILTER

Table 1. Overview of low emission zone requirements related to Euro standards. The current requirements (red) and stricter requirements (orange) as of October 2023 (however, except in the case of either a factory-fitted particulate filter or a retrofitted particulate filter).

Euro standard	Diesel <u>passenger cars</u>	Diesel vans	Diesel trucks and buses
Euro 1	1993	1994	1993
Euro 2	1997	1998	1996
Euro 3	2001	2002	2001
Euro 4	1/1 2006	1/1 2007	1/10 2006
Euro 5	1/1 2011	1/1 2012	1/10 2009
Euro 6	1/9 2015	1/9 2016	1/1 2014
Euro 7	29/11 2026	29/11 2026	29/5 2028

Dieselpersonbiler uden DPF, der berøres af miljøzonekravene, udgør 31 % af alle Euro 4 eller ældre dieselpersonbiler, hvilket udgør 5 % af alle dieselpersonbiler og 1 % af alle personbiler (erstatte s af Euro 5/6)

SPAREDEMISSIONER AF MILJØZONEN

I miljøzonen i København

Kørte km i DCE's vej- og trafikdatabase med konstant trafik

5 % af dieselpersonbilerne er påvirket af miljøzonekravene (1 % af alle personbiler)

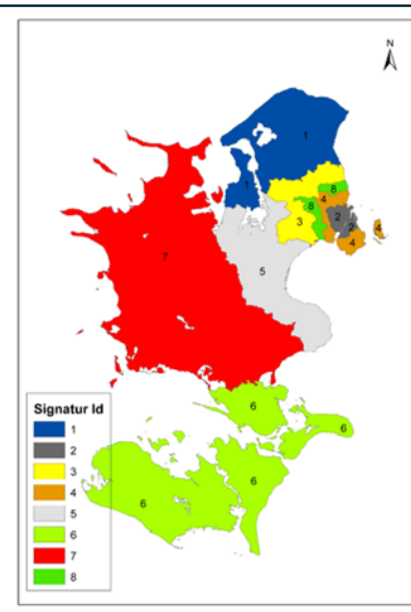
Sparede emissioner estimeres ud fra emissionsfaktorer fra den nationale emissionsopgørelse (COPERT)

Udenfor miljøzonen

Nogle bilister uden for miljøzonen vil også skifte til tilladte biler for at kunne besøge miljøzonen. Dette afhænger af zoner med forskellige afstande til miljøzonen

1 % af alle personbiler er påvirket uden for miljøzonen

Sparede emissioner estimeres ud fra antal indregistrerede personbiler i forskellige zoner, hvor mange der berøres og deres årskørsel

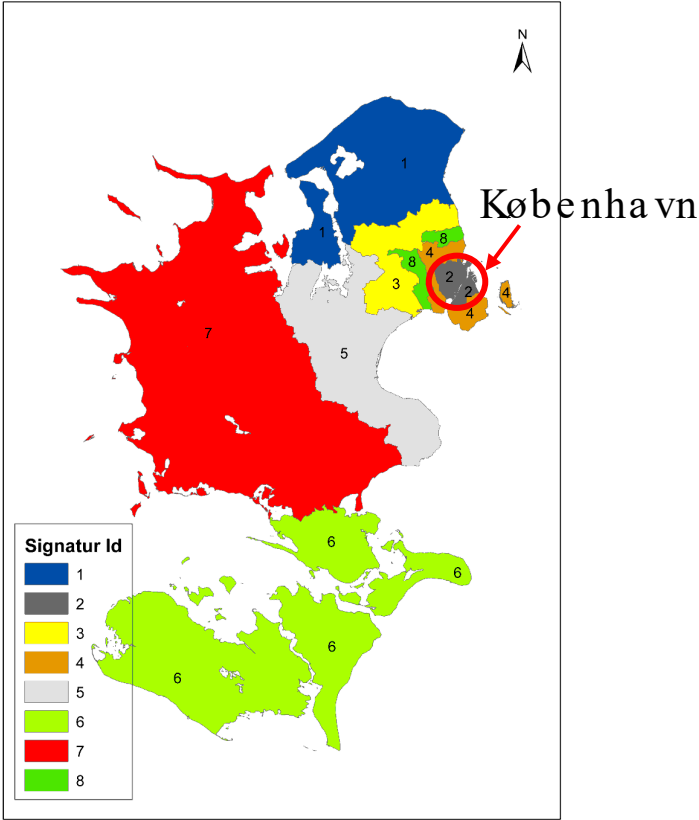


Sparede emissioner for 2024, 2030 og 2035 med interpolation for mellemliggende år

BERØRTE BILER INDEN FOR OG UDEN FOR MILJØZONEN

Table 2. Percentage of older passenger cars affected by the LEZ requirements in Copenhagen depending on the distance to the LEZ. Based on COWI (2013).

Zone Id	Description of zone	Percentage of older cars affected by LEZ (%)	Cars not allowed in LEZ (No.)	Affected cars in 2024 (No.)
2	LEZ of Copenhagen	100	1,961	1,961
4	Close neighbouring municipalities (Gentofte, Gladsaxe, Herlev, Rødovre, Hvidovre, Tårnby og Dragør)	60	1,446	872
8	Outer neighbouring municipalities (Brøndby, Vallensbæk Albertslund, Glostrup, Ballerup, Lyngby Taarbæk)	64	1,268	809
3	Other municipalities (Ishøj, Høje Taastrup, Egedal, Furesø, Rudersdal)	69	1,390	957
1 & 5	Neighbouring former counties (Roskilde and Frederiksborg)	52	2,967	1,538
6 & 7	Rest of Sealand (Vestsjællands and Storstrøms counties)	24	2,911	696
n.a.	Rest of Denmark	2	16,335	325
Total			28,279	7,157



EMISSIONSFAKTORER

Emissionsfaktorer og udvikling af bilpark baseret på national emissionsopgørelse (COPERT)

75 % af Euro 4 har allerede DPF, få Euro 0-3 har eftermonteret åbne filtre (ignoreret)

25 % af Euro 4 og alle Euro 0-3 erstattet af Euro 5/6

Kun udstødning berørt, da ikke-udstødning er det samme

Ved implementeringen er bilerne 14-18 år gamle med en gennemsnitlig årskørsel på 13.000 km

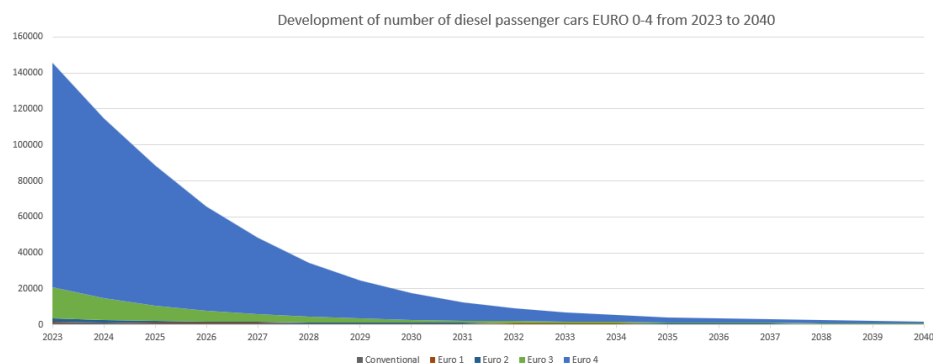
Trafikmångderne i København er antaget at være konstante



SPARETEMISSION 20242035

I miljøzonen: Emissionsudvikling fra 2024 (baseret på tidligere undersøgelse) til 2035 baseret på aftagende faktor for udvikling af dieselbiler Euro 0-4 fra 2024 til 2035

Udenfor miljøzonen: Sparede emissioner baseret på antal registrerede biler i kommunerne og årskørsel i 2024, 2030 og 2035 med interpolation ind imellem

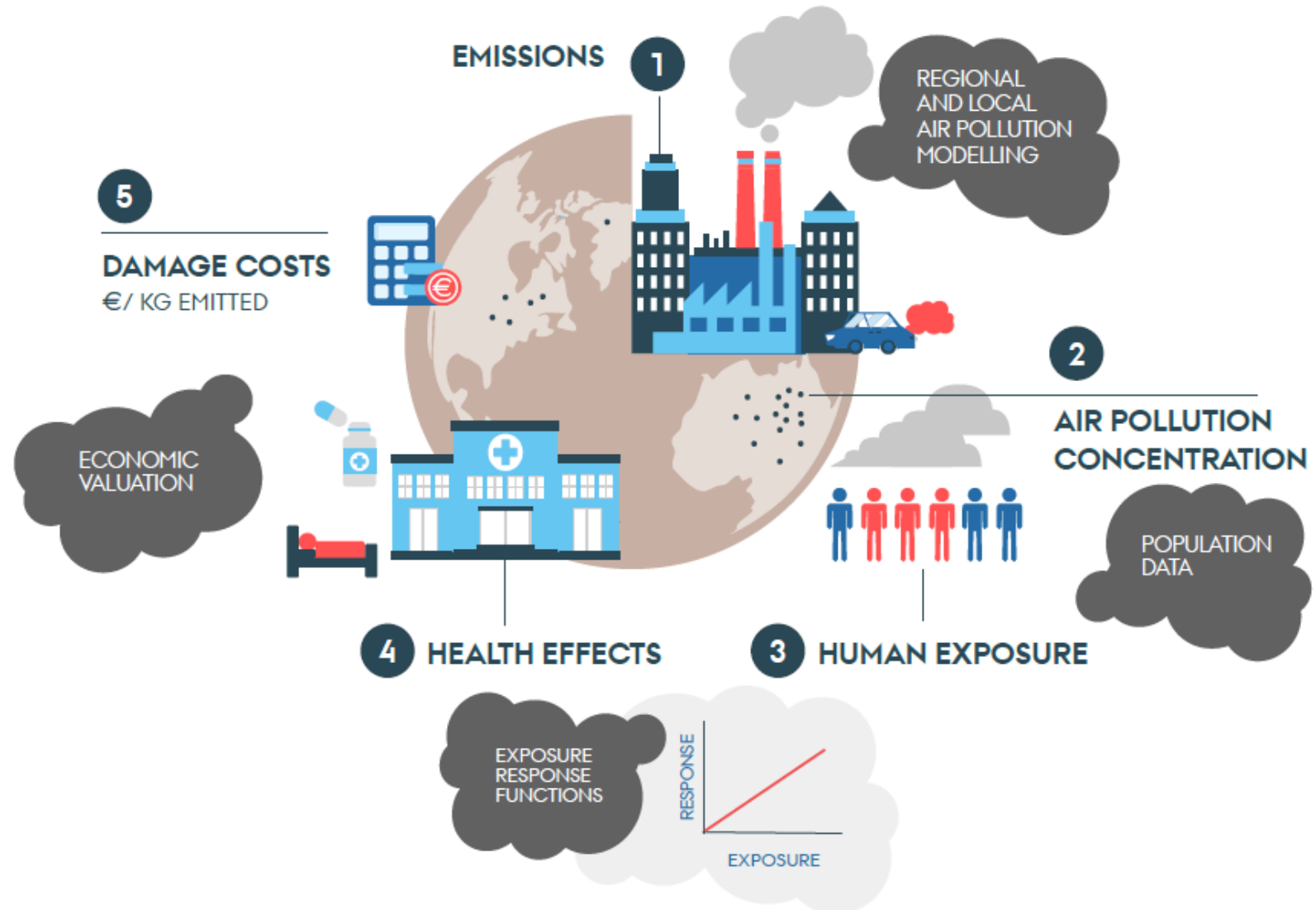


	NOx emissions saved based on km travelled in 2024	PM emissions saved based on km travelled in 2024	Total NOx emissions saved based on km travelled in 2024-2035	Total PM emissions saved based on km travelled in 2024-2035
Zone Id	(tons)	(tons)	(tons)	(tons)
2	18.3	0.68	68.1	2.5
4	2.1	0.10	7.8	0.4
8	1.9	0.09	7.3	0.3
3	2.3	0.10	8.6	0.4
1 & 5	3.7	0.17	13.8	0.6
6 & 7	1.7	0.08	6.2	0.3
n.a.	0.8	0.04	2.9	0.1
Total	30.8	1.25	114.8	4.6

EVA-ECONOMIC VALUATION OF AIR POLLUTION

Modelsystem anvendt til beregning af enhedsskadesomkostninger af luftforureningens helbredseffekter (DKK/ kg)

Fle re helbredseffekter, updat ede eksponeringsrespons, updat edet værdisætning



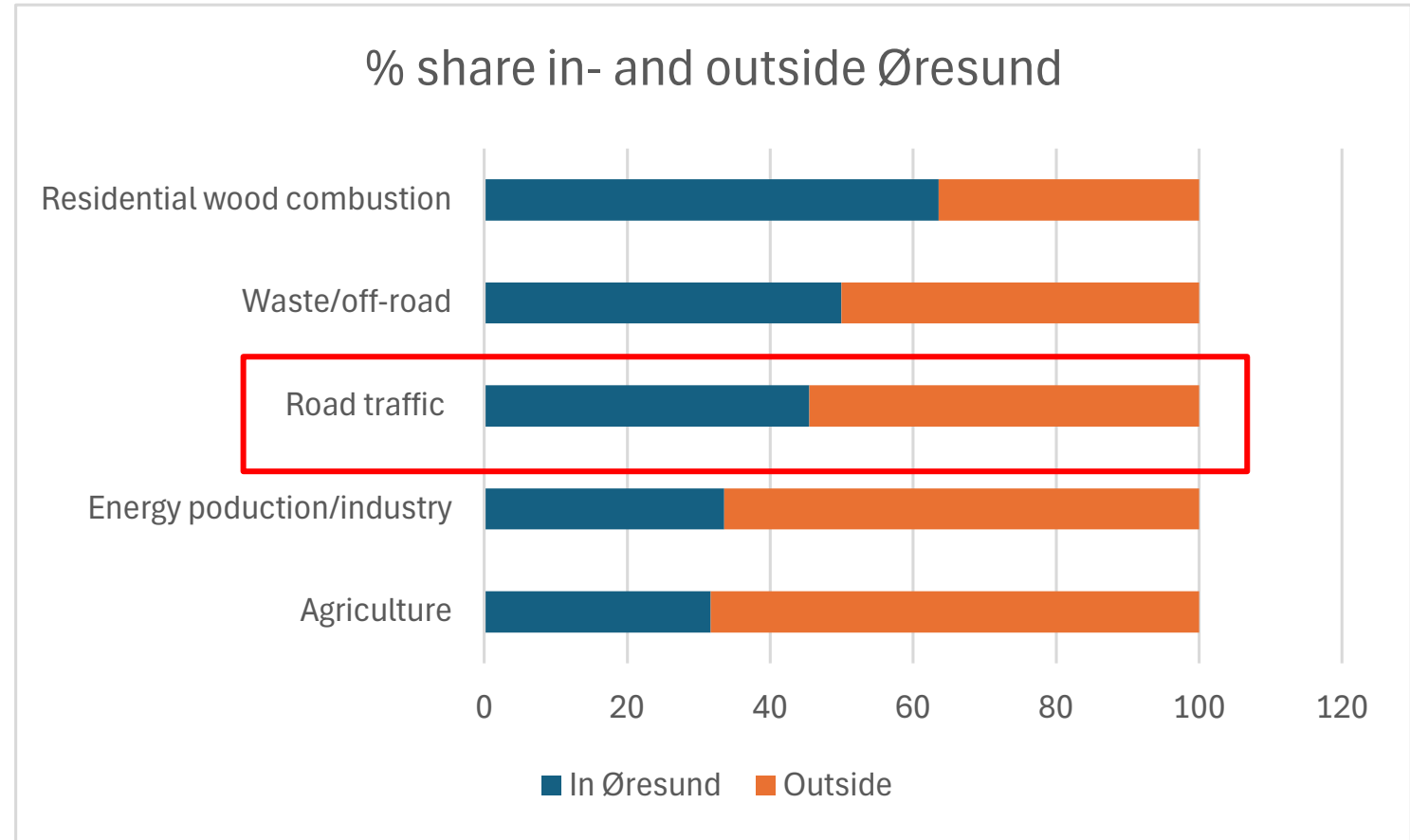
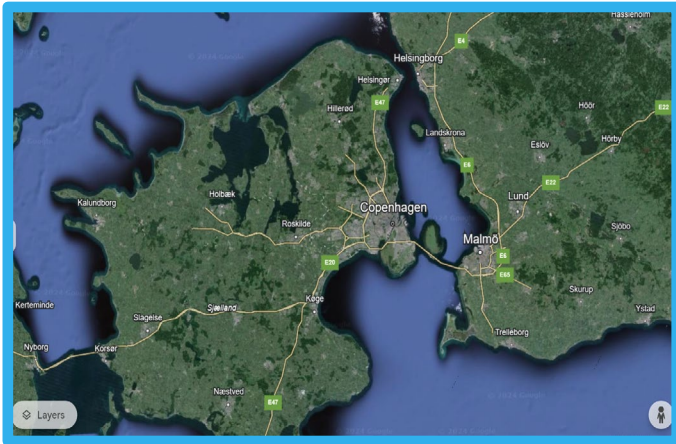
ENHEDSOMKOSTNINGER FOR VEJTRAFIK

Enhedsskadesomkostninger DDK/kg emission. Øresundsregionen.			
Stoffer, emission	NOx	PPM2,5	
Stoffer, helbredseffekt	O3/NO2/NO3	Dust/ash/EC/POA/SOA	
Enhed	DKK/kg-NO2	DKK/kg-PPM	
0: alle	725	5369	Uden for København
1: <100 /km ²	516	4380	
2: 100-1500/km ²	709	5260	
3: 1500-3000/km ²	998	6457	
4: 3000-6000/km ²	1259	7544	
5: >6000 /km²	2244	10694	Inden for København

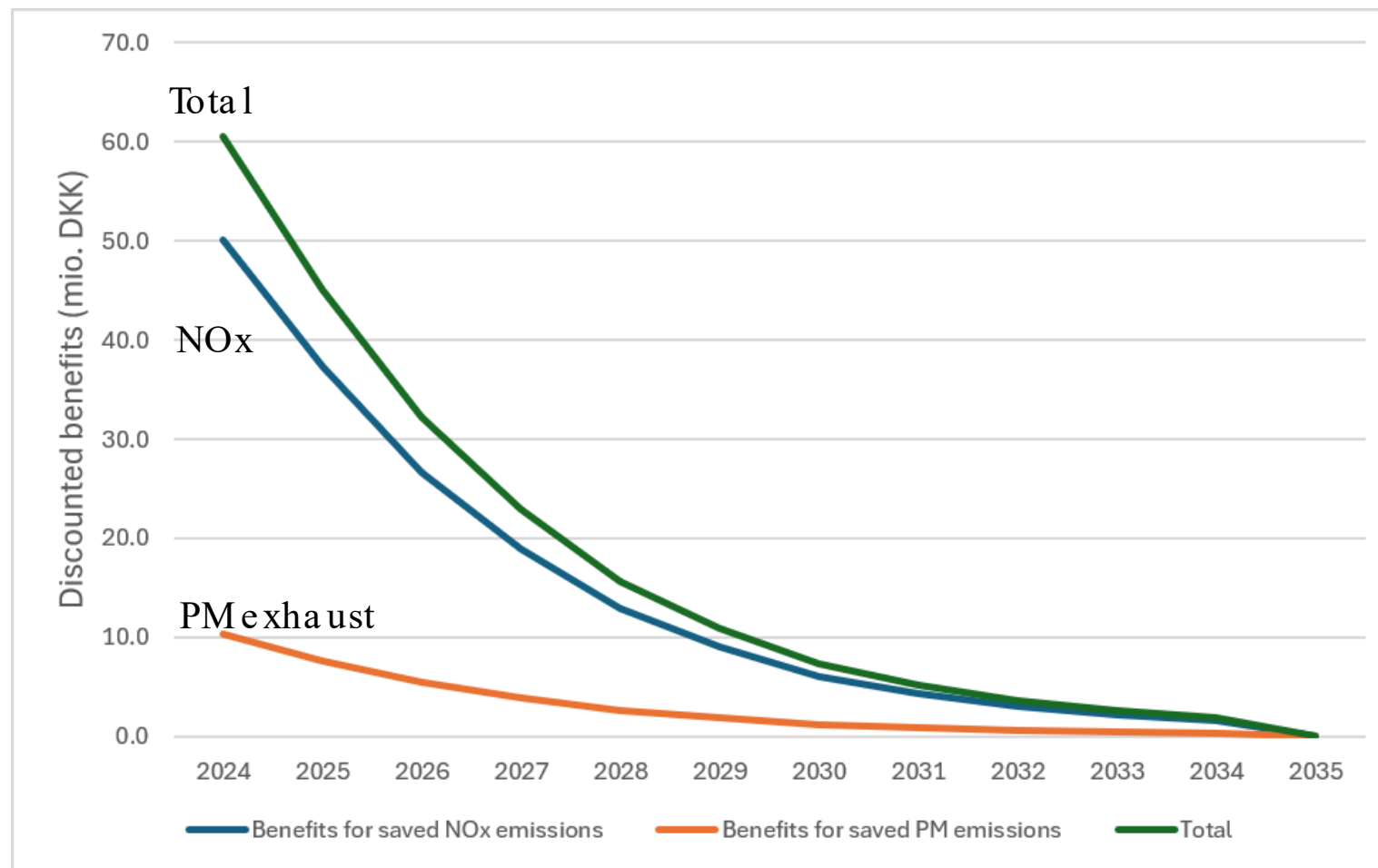
Note: 2023-priser, enhedspriserne er ikke indekseret efter scenarieårene.

OMKOSTNINGER OG UDENFOR ØRESUND REGION

Øresund Region



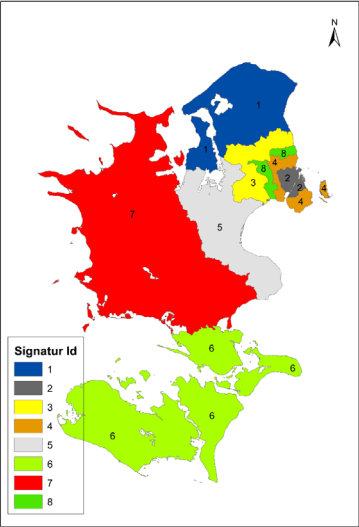
UDVIKLINGI BENEFITS FOR MILJØZONE



BENEFITS I OG UDEN FORMILJØZONE

Størstbenefits knyttet til miljøzonen
men også benefits uden for miljøzone

Zone Id	Description of zone	Total saved external costs due to NOx and PM 2024-2035 (mio. kr)
2	LEZ of Copenhagen	166
4	Close neighbouring municipalities (Gentofte, Gladsaxe, Herlev, Rødovre, Hvidovre, Tårnby og Dragør)	7
8	Outer neighbouring municipalities (Brøndby, Vallensbæk Albertslund, Glostrup, Ballerup, Lyngby Taarbæk)	6
3	Other municipalities (Ishøj, Høje Taastrup, Egedal, Furesø, Rudersdal)	8
1 & 5	Neighbouring former counties (Roskilde and Frederiksborg)	12
6 & 7	Rest of Zealand (Vestsjællands and Storstrøms counties)	6
Rest of Denmark	Rest of Denmark	3
Total		208



METODE FOR NULEMISSIONSZONE

I København

Kørte km i DCE's vej- og trafikdatabase med konstant trafik

Sparet udstødning når fossile køretøjer erstattes af elektriske køretøjer ud over forventet udvikling i EVs (NO_x, PM, **CO₂**)

For PM ikke-udstødning, forskellen mellem fossil og elektrisk er sparet

Emissionsfaktorer fra den nationale emissionsopgørelse

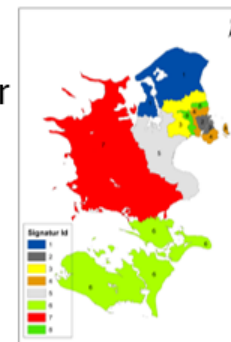
Bybusser antaget at være 100 % elektriske i 2030

Udenfor København

Nogle bilister uden for Kbh. vil skifte til elektriske køretøjer for at kunne køre ind i nul-emissionszonen

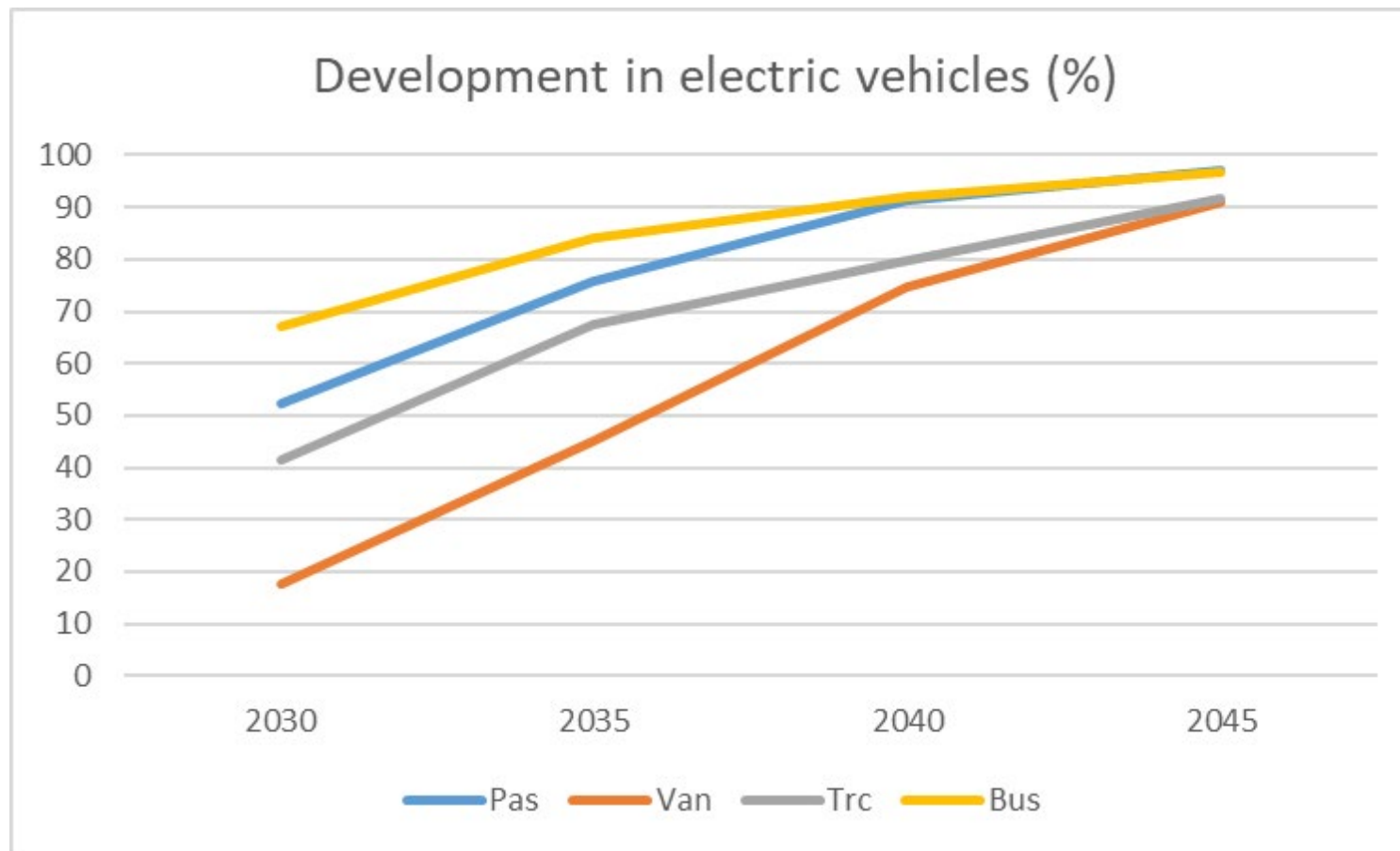
Berørte fossil køretøjer af-
Hænger af afstand til nul-emissionszonen

Sparet emission baseret på antal berørte køretøjer og deres årskørsel fremskrevet til scenarieårene



Sparede emissioner for 2030, 2035, 2040 and 2045
Med interpolation for mellemliggende år

UDVIKLING I ELEKTRISKE ØRETOJER

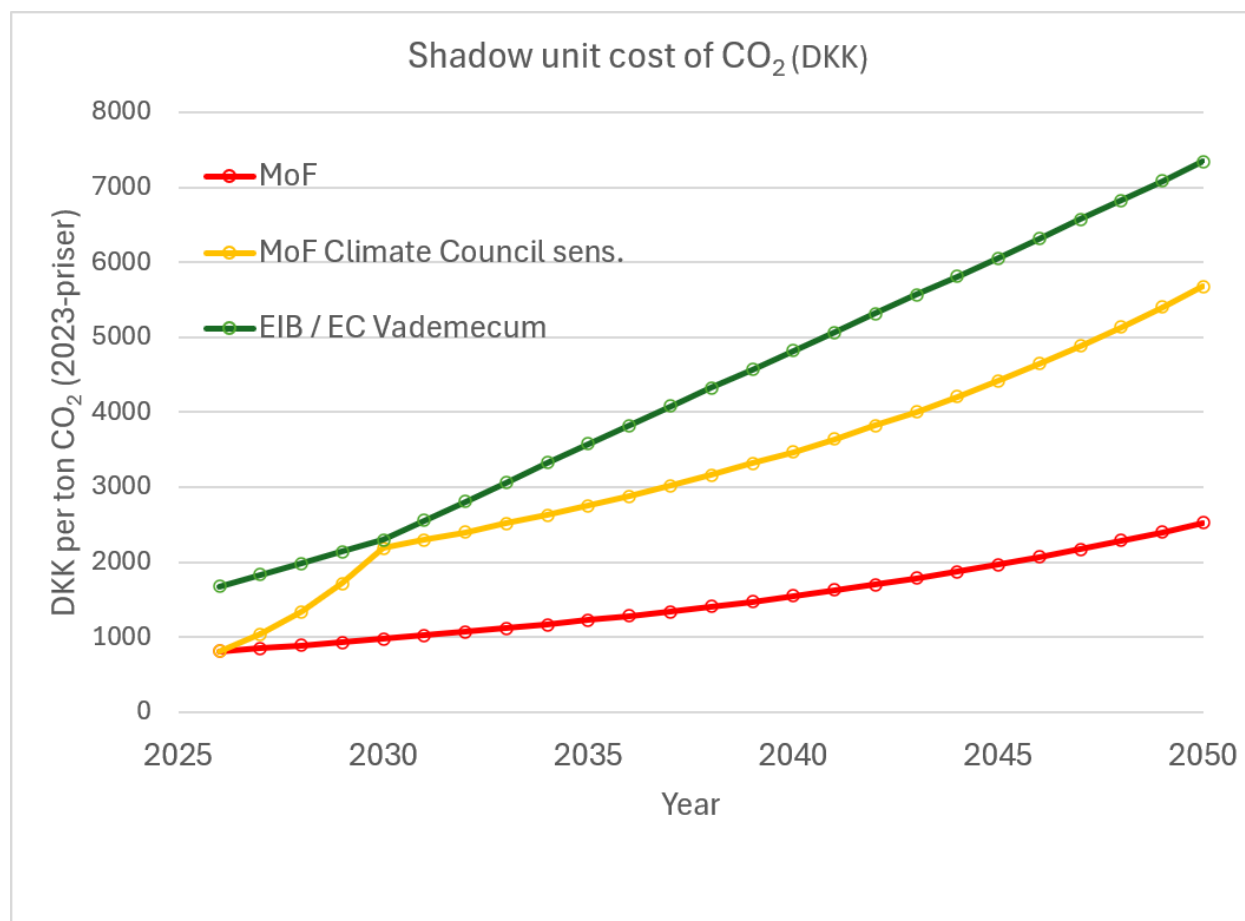


ENHEDSPRISER PÅ CO₂

Skyggepriser relateret til marginale omkostninger for at reducere CO₂ med et ton for at nå politiske målsætninger for CO₂

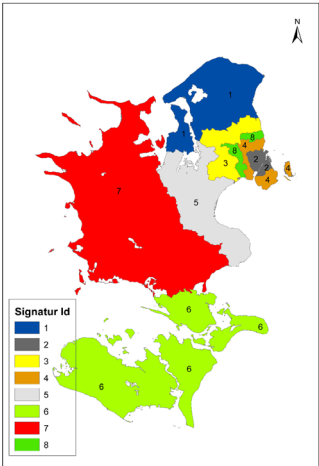
Sensitivitetsanalyse baseret på

- Finansministeriet (MoF)
- Klimarådet (MoF Climate Sens.)
- Europæisk Investeringsbank (EIB)



BENEFITS I OGDENFORNULEMISSIONSZONE

Benefits samlet væsentligt større uden for end inden for nulemissionszonen



		Discounted saved external costs of air pollution from 2030 to 2045 (mio. DKK)				
		2030	2035	2040	2045	
		Grand total	Grand tota	Grand tota	Grand tota	Grand total
Zone Id	Description of zone					
2	LEZ of Copenhagen (effect calculated within zone)	750	398	199	88	5420
4	Close neighbouring municipalities (Gentofte, Gladsaxe, Herlev, Rødovre, Hvidovre, Tårnby og Dragø)	734	448	262	124	6051
8	Outer neighbouring municipalities (Brøndby, Vallensbæk Albertslund, Glostrup, Ballerup, Lyngby Ta)	702	428	253	117	5790
3	Other municipalities (Ishøj, Høje Taastrup, Egedal, Furesø, Rudersdal)	976	605	363	156	8134
1 & 5	Neighbouring former counties (Roskilde and Frederiksborg)	895	540	300	149	7243
6 & 7	Rest of Sealand (Vestsjællands and Storstrøms counties)	440	266	151	73	3583
n.a.	Rest of Denmark	229	139	80	38	1872
		4726	2824	1607	745	38093

RESULTATER

Sparede emissioner

Stoffer	NOx	PM-udstødning	PM-ikke-udstødning	CO2
Enhed	Tons	Tons	Tons	Mio. tons
Miljøzone (forbud mod dieselpersonbiler uden DPF)	115	5	-	-
Nulemissionszone (alle elektriske køretøjer)	11105	63	415	14

Benefits - sparede velfærdsøkonomiske helbredsomkostninger

	Stoffer	NOx	PM-udstødning	PM-ikke-udstødning	CO2	Total
	Enhed	(%)	(%)	(%)	(%)	(mio. DKK)
CO ₂ skyggepris	Miljøzone (forbud mod dieselpersonbiler uden DPF)	83%	17%	-	-	208
Finansministeriet (MoF)	Nulemissionszone (alle elektriske køretøjer)	31%	1%	8%	60%	31235
Klimarådet (MoF Climate sens.)	Nulemissionszone (alle elektriske køretøjer)	21%	1%	6%	72%	42889
Europæisk Investeringsbank (EIB)	Nulemissionszone (alle elektriske køretøjer)	19%	1%	5%	76%	50305

KONKLUSION



Demonstration af, hvordan enhedsskadeomkostninger ved luftforurening og skyggepriser for CO₂ kan anvendes til at estimere helbredsrelaterede velfærdssøkonomiske benefits ved politiske tiltag baseret på sparede emissioner i cost-benefitanalyser

Case studier i København: (1) Miljøzone med forbud for dieselpersonbiler uden DPF
(2) Nulemissionszone udelukkede med elektriske køretøjer

Benefits knyttet til reduktion af emissioner i Øresundsregionen optræder også uden for regionen – mere for NOx og mindre for PM

Benefits for miljøzonen var omkring 208 mio. kr., hvor størstedelen kunne tilskrives regulering i selve miljøzonen, men også benefits uden for miljøzonen. Største bidrag fra NOx og mindre for PM

Benefits for nulemissionszonen inkluderer CO₂, som dominerede de samlede benefits. Benefits samlet væsentligt større uden for nulemissionszonen. Samlede benefits: 31 mia., 43 mia., 50 mia. afhængig af skyggepris for CO₂

Supplementary slides

SKALENHEDSPRISEN INDEKSERESTID?

Det korte svar er ja, men det vil være dybt kompliceret at minutiøst at indeksere alle de forskellige omkostnings komponenter .

Når man godt kan tillade sig at se bort fra det, er det fordi VSL (og deraf afledte VOLY/DALY) er den helt centrale komponent i beregningsprisen.

VSL vil først skulle reguleres op med indkomststigningen (væksten) år for år, og derefter tilbagediskonteres til nutidsværdi.

Diskonteringsraten kan meget vel overstige væksten, idet den har to komponenter, den ene knyttet til væksten, den anden knyttet til tidsprefereancen.

Den første komponent kan der jo ses bort fra.

Mht tidsprefereancen er den i Ramsey-formlen sat lig med samfundets dødelighedsrate, men det giver ikke rigtigt mening kun at diskontere med det element, da vi anskuer problematikken ud fra samfundets og ikke kun de nulevendes perspektiv.

Den kendte risiko og klimaøkonom Nick Stern anvendte i sit banebrydende arbejde fra 2007 dog en rate på 0,1% ud fra betragtningen om, at der er en lille risiko for at samfundet ikke vil fortsætte med at eksistere. Dødelighedsraten er til sammenligning ca. 1,0%. Det var kontroversielt dengang, men i dag vil vi nok sige at det er en meget forsigtig tilgang. Alligevel vil diverse især amerikanske økonomer sikkert være uenige.

Vi kan altså svare nej til dit spørgsmål hvis vi anlægger det perspektiv at beregningen er set fra samfundets perspektiv, for stået som både de nulevende og fremtidige generationer. Det giver vel god mening i en klima sammenhæng. For god ordens skyld bør denne forudsætning vel nævnes eksplicit.

Mikael Skou Andersen

INCLUDE BENEFITS IN DK AND ABROAD ACCORDING TO OECD GUIDELINES

The unit damage costs of air pollution consider health costs in Denmark and abroad. We include health costs in Denmark and abroad following the OECD guidelines on cost-benefit analysis within the environment (quote from OECD, 2005, p 55): "The basic rule is that benefits and costs to all nationals should be included, **whilst benefits and costs to non-nationals should be included if a) the policy relates to an international context in which there is a treaty of some kind (acid rain, global warming), or b) there is some accepted ethical reason for counting benefits and costs to non-nationals**".

Emissions and air quality are regulated within the EU and air pollution is regulation in international treaties, and GHGs are regulated globally.

SMLENHEDSPRISER

Miljøøkonomiske beregningspriser for
emissioner 4.0

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 29. November 2023 | 54

Vejtrafik, 2023-priser, MARCHES

Enhedsskadesomkostninger DDK/kg emission. Øresundsregionen.			
Stoffer, emission	NO _x	PPM _{2,5}	
Stoffer, helbredseffekt	O ₃ /NO ₂ /NO ₃	Dust/ash/EC/POA/SOA	
Enhed	DKK/kg-NO ₂	DKK/kg-PPM	
0:alle	725	5369	Uden for København
1: <100 /km ²	516	4380	
2: 100-1500/km ²	709	5260	
3: 1500-3000/km ²	998	6457	
4: 3000-6000/km ²	1259	7544	
5: >6000 /km²	2244	10694	Inden for København

Tabel 7. Marginale eksterne omkostninger (mio. DKK₂₀₂₂) ved vejtrafikken (SNAP7)

Emission, stoffer	NO _x	PPM _{2,5}	NH _x
Helbredsrelaterede stoffer	O ₃ /NO ₂ /NO ₃	PPM _{2,5} /SOA	NH ₄
Kronisk mortalitet	2.411	1.175	496
Indlæggelser	38	5	2
Astmatikere	0	0	0
Bronkitis/KOL	52	27	11
Sygedage m.v.	248	87	36
Lungekræft	13	6	3
Akut mortalitet	1.437	270	109
Sum	4.199	1.571	656
Emissioner (tons)	20.536	1.238	721
Beregningspris (DKK ₂₀₂₂ pr. kg)	205	1.269	910
Heraf på dansk område	13%	53%	14%

NB Ekskl. lokalt tillæg for SNAP7 – se bilag og tabel C

Tabel C. Lokalt eksponeringstillæg ved vejtrafik m.v. (SNAP7) (se også bilag 1).

Eksterne omkostninger a	Indb./km ²	PPM _{2,5}	NO _x
DKK ₂₀₂₂ pr. kg			
Tillæg Hovedstadsområdet ⁶	3.211	1.659	98
Tillæg Aarhus by	2.744	762	232
Tillæg Aalborg by	2.263	871	473
Tillæg Odense by	2.237	724	233
Tillæg hele Danmark	132	385	16
Tillæg hele DK ekskl. byerne ovenfor	92	290	41

a på dansk område.

SMLENHEDSPRISER

Miljøøkonomiske beregningspriser for
emissioner 4.0

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 29. November 2023 | 54

Fle re se ktore r, 2023-prise r, MARCHES (de live ra ble re po rt)

Table 3.7c. Unit damage costs (in Euros) associated with emissions from Denmark for each of the main GNFR emission sectors as well as for all sectors together. Results are calculated with the EVA v8.1 model system and divided into the individual chemical species.

Components: emissions	SO _x	NO _x	NH _x	Ash	EC	POA	Total PPM _{2.5}
Components: health effects	SO ₂ /SO ₄ ²⁻	O ₃ /NO ₂ /NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Ash	EC	POA/SOA	PPM _{2.5} /SOA
Unit	EUR/kgSO ₂	EUR/kgNO ₂	EUR/kgNH ₃	EUR/kgPPM	EUR/kgPPM	EUR/kgPPM	EUR/kgPPM
Energy production	65	61	-	111	190	-	76
Industry	73	44	248	151	208	528	191
Residential wood combustion	79	88	76	220	268	458	420
Fugitives, solvents, waste	88	508	65	225	154	230	220
Road traffic	-	71	-	260	298	528	311
Non-road traffic	-	76	-	129	211	394	318
Agriculture	-	-	58	155	17	200	178
All sectors	78	104	20	202	256	434	352

Vejtra fik NO_x 71 EUR=533 DKK, PM 311=2333 DKK

Tabel 7. Marginale eksterne omkostninger (mio. DKK₂₀₂₂) ved vejtrafikken (SNAP7)

Emission, stoffer	NO _x	PPM _{2.5}	NH _x
Helbredsrelaterede stoffer	O ₃ /NO ₂ /NO ₃	PPM _{2.5} /SOA	NH ₄
Kronisk mortalitet	2.411	1.175	496
Indlæggelser	38	5	2
Astmatikere	0	0	0
Bronkitis/KOL	52	27	11
Sygedage m.v.	248	87	36
Lungekræft	13	6	3
Akut mortalitet	1.437	270	109
Sum	4.199	1.571	656
Emissioner (tons)	20.536	1.238	721
Beregningspris (DKK ₂₀₂₂ pr. kg)	205	1.269	910
Heraf på dansk område	13%	53%	14%

NB Ekskl. lokalt tillæg for SNAP7 – se bilag og tabel C

Tabel C. Lokalt eksponeringstillæg ved vejtrafik m.v. (SNAP7) (se også bilag 1).

Eksterne omkostninger a	Indb./km ²	PPM _{2.5}	NO _x
DKK ₂₀₂₂ pr. kg			
Tillæg Hovedstadsområdet ⁶	3.211	1.659	98
Tillæg Aarhus by	2.744	762	232
Tillæg Aalborg by	2.263	871	473
Tillæg Odense by	2.237	724	233
Tillæg hele Danmark	132	385	16
Tillæg hele DK ekskl. byerne ovenfor	92	290	41

a på dansk område.

SML MED CO₂ FRA VEJTRAFIK

<https://envs.au.dk/en/research-areas/air-pollution-emissions-and-effects/air-emissions/greenhouse-gases/carbon-dioxide-co2>

Ca. 42 % fra vejtrafik og samlet 23 mio. tons i 2024, giver omkring 10 mio. tons fra vejtrafik

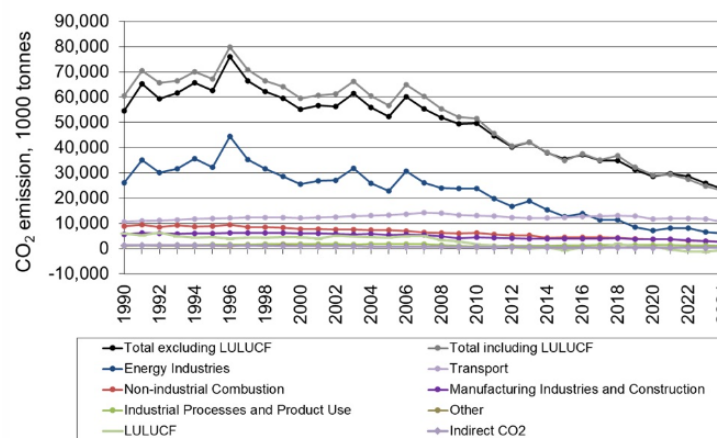
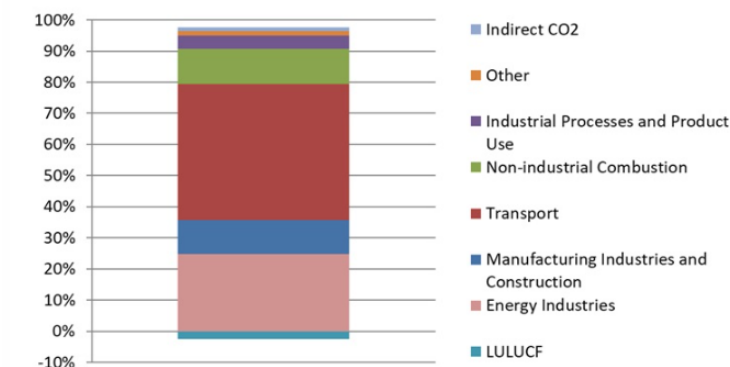
Vi får en samlet besparelse på 14 mio. tons over 15 år

Sparet CO₂ i 2030 er 1,7 mio. tons, og 0,2 mio. tons i 2045.

I beregningerne erstattes et fossilt køretøj med et elekt køretøj og CO₂ emissionen forsvinder dermed selvom det fossile køretøj enten bliver solgt (fortsætter med at forurene) eller skrottes (stopper med at forurene)

Hvis det bliver solgt vil det erstatte anden fossil kørsel

Derfor, skift til EV betyder nye kørte km med CO₂ -fri kørsel



SAVED PM NON-EXHAUST

PM non-exhaust is total of road, tyre and brake wear

Shift from fossil to electric vehicles reduces PM non-exhaust

	Fossil	Electric	Difference
Year	2030 (g/km)	2030 (g/km)	2030 (g/km)
Passenger cars	0.017	0.013	0.0041
Vans	0.026	0.017	0.0089
Trucks	0.076	0.072	0.0040
Busses	0.072	0.072	0.0000
Average	0.020	0.015	0.0057