



UDVIKLING I LUFTKVALITET FOR 2030 I RELATION TIL NATIONALT PROGRAM FOR REDUKTION AF LUFTFORURENING (NAPCP)

– Effekter af udvalgte initiativer i regeringens klima- og luftudspil

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 315

2019



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

UDVIKLING I LUFTKVALITET FOR 2030 I RELATION TIL NATIONALT PROGRAM FOR REDUKTION AF LUFTFORURENING (NAPCP)

– Effekter af udvalgte initiativer i regeringens klima- og luftudspil

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 315

2019

Steen Solvang Jensen
Jesper H. Christensen
Lise M. Frohn
Jørgen Brandt
Matthias Ketzel
Ole-Kenneth Nielsen
Marlene Schmidt Plejdrup
Morten Winther
Thomas Ellermann

Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 315
Titel:	Udvikling i luftkvalitet for 2030 i relation til Nationalt program for reduktion af luftforurening (NAPCP) – Effekter af udvalgte initiativer i regeringens klima- og luftudspil.
Forfatter(e):	Steen Solvang Jensen, Jesper H. Christensen, Lise M. Frohn, Jørgen Brandt, Matthias Ketzel, Ole-Kenneth Nielsen, Marlene Schmidt Plejdrup, Morten Winther, Thomas Ellermann
Institution(er):	Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	April 2019
Redaktion afsluttet:	Marts 2019
Faglig kommentering:	Ole Hertel
Kvalitetssikring, DCE:	Vibeke Vestergaard Nielsen
Sproglig kvalitetssikring:	Vibeke Vestergaard Nielsen
Finansiell støtte:	Miljø- og Fødevareministeriet
Bedes citeret:	Jensen, S.S., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Brandt, J., Ketzel, M., Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Hertel, O., Ellermann, T. 2019. Udvikling i luftkvalitet for 2030 i relation til Nationalt program for reduktion af luftforurening (NAPCP) – Effekter af udvalgte initiativer i regeringens klima- og luftudspil. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 48 s. - Videnskabelig rapport nr. 315. http://dce2.au.dk/pub/SR315.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Rapporten beskriver den forventede udvikling i luftkvaliteten som følge af basisfremskrivning af emissioner og et scenarie med 5 udvalgte initiativer fra regeringens klima- og luftudspil indenfor vejtransport og brændeovne. Basisåret er 2016 og scenarieåret er 2030. Resultaterne er baseret på luftkvalitetsberegninger (DEHM, UBM, OSPM).
Emneord:	Emission, luftkvalitet, modellering, klima- og luftudspil
Layout:	Majbritt Ulrich
Foto forside:	Colourbox
ISBN:	978-87-7156-396-2
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	48
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/SR315.pdf

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	7
Formål og baggrund	7
Undersøgelsen	7
Hovedkonklusioner	8
Summary in English	12
Aim and background	12
The study	12
Main conclusions	13
1. Metode og datagrundlag	17
1.1 Scenarier	17
1.2 Udvikling i regionale baggrundskoncentration	18
1.3 Udvikling i baggrundskoncentration med høj opløsning	18
1.4 Udvikling i gennemsnitlig eksponeringsindikator for PM _{2,5}	19
1.5 Udvikling i gadekoncentration	19
2. Emissioner i klimascenariet	21
2.1 Klimascenariet for transportområdet	21
2.2 Klimascenariet for brændeovne	25
2.3 Klimascenariet i forhold til andre fremskrivninger	29
2.4 Anvendte emissioner i luftkvalitetsberegningerne	31
3. Udvikling i baggrundskoncentrationer	32
3.1 Udvikling i baggrundskoncentrationer med høj opløsning	32
4. Udvikling i bybaggrundskoncentration og eksponeringsindikator	33
4.1 Udvikling i bybaggrundskoncentration for NO ₂ og PM ₁₀	33
4.2 Udvikling i eksponeringsindikator for PM _{2,5}	34
5. Udvikling i gadekoncentration	35
5.1 Udvikling i trafikemissioner	35
5.2 Udvikling i koncentrationen for 98 gader i København	36
5.3 Udvikling i gadekoncentration for de enkelte gader	37
Referencer	40
Bilag 1 Kort over regionale koncentrationer for basisfremskrivning og klimascenarie	43
Bilag 2 Gadenavne for og placering af 98 gader i København	47

Forord

Miljø- og Fødevareministeriet har i december 2018 anmodet DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi under Aarhus Universitet om at gennemføre et projekt vedrørende beregning af effekten på luftforureningsniveauerne ved gennemførelse af udvalgte initiativer i regeringens klima- og luftudspil fra oktober 2018 (Regeringen, 2018). Beregninger er foretaget for effekten af 5 udvalgte initiativer: (1) stop for salg af nye benzin- og dieselmotorer i 2030 og for nye plug-in hybridbiler fra 2035, (2) slut med udledning af CO₂ og luftforurening fra busser i byerne fra 2030, (3) benzin og diesel skal ud af taxidriften inden 2030, (4) gamle brændeovne skrottes ved ejerskifte, og (5) skrotpræmie til gamle brændeovne. Vi har i rapporten betegnet disse 5 initiativer som et samlet scenarie med navnet Klima.

Nærværende rapport supplerer en tidligere rapport med resultater af en række modelberegninger for scenarier for udviklingen i luftkvalitet, atmosfærisk afsætning og de helbredsskadelige effekter af luftforureningen, som blev gennemført for årene 2020 og 2030. I den tidligere rapport var der tale om et scenarie svarende til Energistyrelsens basisfremskrivning af de danske emissioner. Denne basisfremskrivning er baseret på eksisterende vedtagne tiltag, og betegnes: WM – With Measures. Endvidere er der foretaget beregninger for et alternativt scenarie med yderligere tiltag opstillet af Energistyrelsen. Alle disse yderligere tiltag i dette alternative scenarie er opstillet inden for energisektoren. På engelsk kaldes scenariet med yderligere tiltag for: WAM With Additional Measures. Energisektoren omfatter i denne sammenhæng stationær forbrænding (kraftværker, varmegærdere mv.) og mobil forbrænding (transport og ikke-vejgående maskiner) samt flygtige emissioner. Selve emissionsfremskrivningerne er beskrevet i Nielsen et al. (2018a) og luftkvalitetsberegningerne i Jensen et al (2018a). For direkte at kunne sammenligne det nye klimascenarie med ovenstående scenarier, er emissionsresultaterne for WM og WAM scenarierne gentaget. I nærværende rapport er projektet dog afgrænset til 2030, og kvælstofdepositionen samt helbredseffekter er ikke beregnet.

Luftkvalitetsberegninger med en regional baggrundsmodel (DEHM) og en bybaggrundsmodel (UBM) for klimascenariet er gennemført for 2030 for NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀.

Den gennemsnitlige eksponeringsindikator for PM_{2,5} er endvidere beregnet for København, Aarhus, Odense og Aalborg. Den gennemsnitlige eksponeringsindikator (Average Exposure Indicator) bestemmes som et gennemsnit over tre år for PM_{2,5} på baggrund af målte koncentrationer på bybaggrundsstationer i byer. Denne fremgangsmåde er valgt med henblik på at afspejle befolkningens eksponering. I scenarieberegningerne er indikatoren beregnet for året 2030 for samme placering som bybaggrundsmålestationerne.

Udviklingen i gadekoncentrationer er beregnet for året 2030 med gadeluftkvalitetsmodellen (OSPM) for NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ for 98 udvalgte gades trækninger i København med fremskrivninger af danske emissioner fra trafikken, og beregninger af baggrundskoncentrationer i 2030.

For 2016 er anvendt samme modelforudsætninger som i Det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet, og ændringer i luftkvalitet for 2030 er relateret hertil.

Alle anvendte modeller er udviklet på Institut for Miljøvidenskab på Aarhus Universitet.

Projektets baggrund er krav stillet i medfør af EU-direktivet af 2016 om nationale emissionslofter (NEC-direktivet – National Emission Ceilings), herunder direktivets krav om udarbejdelse af Nationale programmer for reduktion af luftforurening (på engelsk NAPCP – National Air Pollution Control Programme). Danmark er således forpligtet til løbende at vurdere udviklingen i de nationale emissioner og deres forventede udvikling, herunder gennemføre tiltag til reduktion af emissioner for at nå de reduktionsmål, som er opstillet for Danmark i NEC-direktivet.

Sammenfatning

Formål og baggrund

Formålet med projektet er at gennemføre modelberegninger for udvalgte initiativer i regeringens klima- og luftudspil omfattende 3 virkemidler inden for vejtransport og 2 virkemidler i forhold til brændeovne. Emissioner for året 2030 er estimeret, og konsekvenserne af de reducerede emissioner for luftkvalitet er belyst. Der er i en tidligere rapport lavet tilsvarende beregninger for et basisscenarie og et alternativt scenarie med yderligere reduktionskrav til energisektoren for 2020 og 2030 (Jensen et al., 2018). Emissionsresultater fra den tidligere rapport er inddraget for at sammenligne med klimascenariet.

Projektet tager udgangspunkt i krav i EU-direktivet fra 2016 om nationale emissionslofter (NEC-direktivet – National Emission Ceilings), herunder krav om udarbejdelse af Nationale programmer for reduktion af luftforurening (på engelsk NAPCP – National Air Pollution Control Programme). Danmark er således forpligtet til løbende at vurdere udviklingen i de nationale emissioner og til at gennemføre tiltag til reduktion af emissionerne for at nå de danske reduktionsmål i NEC-direktivet.

I NEC-direktivet er der opstillet nationale tilsagn for reduktion i emission for 2020 og 2030 for: Svovldioxid (SO_2), kvælstofoxider ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$), andre flygtige organiske forbindelser end metan (NMVOC), ammoniak (NH_3) og fine partikler ($\text{PM}_{2,5}$ - massen af partikler under 2,5 mikrometer). Bl.a. emission af disse luftforureningskomponenter indgår i luftkvalitetsberegninger af NO_2 (kvælstofdioxid), $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} (massen af partikler under 10 mikrometer) og O_3 (ozon).

Undersøgelsen

Emissioner i forskellige scenarier

Effekten af 5 udvalgte initiativer i regeringens klima- og luftudspil er beregnet (Regeringen, 2018). Det drejer sig om (1) stop for salg af nye benzin- og dieslbiler i 2030 og for nye plug-in hybridbiler fra 2035, (2) slut med udledning af CO_2 og luftforurening fra busser i byerne fra 2030, (3) benzin og diesel skal ud af taxidriften inden 2030, (4) gamle brændeovne før 2000 skrottes ved ejerskifte, og (5) skrotpræmie til gamle brændeovne før 2000. Vi har i rapporten benævnt dette som et samlet scenarie med navnet klimascenariet.

Emissionsberegningerne for klimascenariet er endvidere relateret til tidligere beregninger for et basisscenarie og et alternativt scenarie for energisektoren. Basisscenariet for Danmark er baseret på Energistyrelsens basisfremskrivning. Dette er en fremskrivning baseret på eksisterende vedtagne tiltag, også på engelsk betegnet: WM – With Measures. I scenariet med yderligere tiltag anvendes for Danmark de emissioner, som er beskrevet i en DCE rapport om fremskrivning af emissioner (Nielsen et al., 2018a). Scenariet med yderligere tiltag omfatter alene tiltag inden for energisektoren. På engelsk kaldes scenariet med yderligere tiltag for: WAM – With Additional Measures. Energisektoren omfatter i denne sammenhæng

stationær forbrænding (kraftværker, varmeværker mv.) og mobil forbrænding (transport og ikke-vejgående maskiner) samt flygtige emissioner.

Udgangspunktet er 2016 og scenarieårene er 2020 og 2030. Beregninger er dog kun udført for 2030 for klimascenariet.

Regionale baggrundskoncentrationer

For klimascenariet beregnes den regionale luftforurening med Danish Eulerian Hemispheric Model (DEHM) med en geografisk opløsning på 5,6 km x 5,6 km. Den regionale baggrund repræsenterer den gennemsnitlige koncentration i landområder over et større område. Den regionale luftforurening er derfor et udtryk for bidraget fra den langtransporterede luftforurening både fra emissioner i udlandet og i Danmark.

Baggrundskoncentrationer med høj opløsning

For klimascenariet beregnes udviklingen i baggrundskoncentrationer med høj geografisk opløsning med Urban Background Model (UBM). Baggrundsforureningen repræsenterer den generelle baggrundsforurening i og uden for byer beregnet med en geografisk opløsning på 1 km x 1 km. I byer omtales baggrundsforureningen som bybaggrundskoncentrationen, og svarer til den koncentration, som findes over hustag eller i en baggård/park. DEHM-beregninger er input til UBM. For Danmark foreligger emissionerne på en geografisk opløsning på 1 km x 1 km baseret på SPREAD-modellen, som ud fra geografiske variable fordeler den nationale emission.

Endvidere gennemføres beregninger for den gennemsnitlig eksponeringsindikator (Average Exposure Indicator). Den gennemsnitlige eksponeringsindikator bestemmes som et gennemsnit over tre år for PM_{2,5} ud fra målte koncentrationer på bybaggrundsstationer i byer for at afspejle befolkningens eksponering.

I nærværende projekt er eksponeringsindikatoren beregnet for 2030. Eksponeringsindikatoren er beregnet for København, Aarhus, Odense og Aalborg for samme X-Y koordinater som beliggenheden af bybaggrundsmålestationerne.

Gadekoncentrationer

For klimascenariet beregnes udviklingen i gadekoncentrationer med Operational Street Pollution Model (OSPM) for 98 udvalgte gadestrækninger i København med fremskrivninger af danske emissioner fra trafikken. De 98 udvalgte gadestrækninger i København er de samme, som indgår i Det nationale luftovervågningsprogram for luftkvalitet (NOVANA).

Beregninger af de regionale koncentrationer, bybaggrundskoncentrationer og gadekoncentrationer gennemføres for NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀.

Hovedkonklusioner

Udviklingen i emissioner

De danske emissioner af NO_x, NMVOC, NH₃ og PM_{2,5} reduceres alle fra 2016 til 2030 i basisscenariet. SO₂ er den eneste komponent, hvor der forventes en stigning i emissioner fra 2016 til 2030 i basisscenariet pga. af øget kulforbrug i basisscenariet. Det alternative scenarie for energisektoren har

for alle luftforureninger lidt lavere emissioner end basisscenariet i 2030. Klimascenariet har lidt lavere emissioner end basisscenariet.

De europæiske emissioner reduceres generelt også fra 2016 til 2020 og videre til 2030. De udenlandske emissioner er forskellige i den danske basisfremskrivning (WM) og alternativet for energisektoren (WAM). I WM-scenariet er de udenlandske emissioner landenes basisfremskrivning, og i WAM-scenariet er det landenes basisfremskrivning, hvis NEC-direktivets emissionslofter er overholdt, ellers anvendes NEC-direktivets emissionsloft for det pågældende land. I klimascenariet er antaget samme forudsætninger, som for WAM-scenariet.

Effekt af klimascenariet inden for vejtransport

Reduktionen af emissionen for de tre scenarier for elektrificering af dele af vejtransportsektoren i 2030 er vist i tabel 1.

Tabel 1. Emissionsreduktioner mellem basisfremskrivningen og de tre scenarier for vejtransport indført i 2030.

	1 mio. elbiler	Taxi kun el	Rutebusser kun el	Alle tre scenarier indført
	%	%	%	%
NO _x	13	0,6	1,3	15
PM _{2,5} – udstødning	17	0,5	1,6	19
PM _{2,5} – ikke-udstødning	0	0	0	0
PM _{2,5} – samlet	2,1	0,1	0,2	2,3

Den største emissionsreduktion opnås for scenariet med 1 mio. elbiler i 2030, hvor NO_x emissionen reduceres med 13% og PM_{2,5}-udstødning med 17% i forhold til basisfremskrivningen i 2030. Den samlede reduktion i PM_{2,5} (udstødning og ikke-udstødning) er kun 2%, da PM_{2,5}-ikke-udstødning ikke reduceres, og udgør en meget stor del af samlet PM_{2,5} i 2030. Ikke-udstødning er dækslid, vejslid og bremseslid.

Emissionsreduktionen er omkring en tiendedel for el-rutebusser i forhold til scenariet for 1 mio. elbiler, mens det kun er en tyvendedel for el-taxier. Det skyldes, at der er langt færre både rutebusser og taxier.

Effekt af klimascenariet inden for brændeovne

Emissionsreduktionen er vist i tabel 2 for de to virkemidler for brændeovne.

Tabel 2. Reduktion i emissionerne i scenariet med skrotning af gamle brændeovne (før 2000) ved ejerskifte.

2030	PM _{2,5}	NO _x	NM VOC	BaP	PCDD/F	BC	CH ₄
	%	%	%	%	%	%	%
Ejerskifte	11	-1,1	5,1	17	15	3,5	17
Skrotningspræmie	2,0	-0,3	1,5	3,2	2,9	0,6	3,1
Samlet	13	-1,4	6,5	20	17	4,0	20

Note: Non-metan, flygtige kulbrinter (NM VOC), benzo(a)pyrene (BaP), dioxin (PCDD/F), black carbon (BC), metan (CH₄).

Skrotning af gamle brændeovne før 2000 ved ejerskifte er langt mere effektivt til at reducere emissionen end en skrotningspræmie for at skrotte gamle ovne før 2000.

For virkemidlet omkring ejerskifte ses markante fald for PM_{2,5} (11%), BaP (17%), dioxin (15%) og CH₄ (17%). CH₄ er en kraftig drivhusgas, som bidrager til klimaforandringer.

For NO_x stiger emissionen. Det skyldes, at mere moderne brændeovne forbrænder ved en højere temperatur, og derved stiger dannelsen af termisk NO_x.

Der er usikkerhed i forhold til effekten af skrotningspræmien. F.eks. kan en skrotningspræmie være stort set uden effekt, hvis den ikke bidrager med skrotninger, men kun bidrager med udskiftninger, som alligevel ville være foretaget.

Samlet effekt af klimascenariet

For trafiksektoren reduceres NO_x emissionen med 2.046 tons, mens den for brændeovne øges med 41 tons pga. mere moderne ovne, hvilket giver den samlede reduktion på omkring 2.000 tons. For brændeovne reduceres PM_{2,5} emissionen med 979 tons mens reduktionen for trafiksektoren kun er 30 tons, hvilket til sammen giver omkring 1.000 tons. Reduktionerne i NO_x emissionen er således helt bestemt af reduktionerne i trafiksektoren, mens reduktionerne i PM_{2,5} helt er bestemt af brændeovnene.

Udvikling i baggrundskoncentrationer med høj opløsning

De gennemsnitlige baggrundskoncentrationer for de 5 regioner i Danmark er også beregnet med DEHM/UBM med en geografisk opløsning på 1 km x 1 km for klimascenariet og sammenlignet med basisfremskrivningen.

For basisfremskrivningen ses, at baggrundskoncentrationerne af PM_{2,5} forventes at blive reduceret for de 5 regioner med 18-20% i 2030 i forhold til 2016, og for PM₁₀ med 12-16% samt 14-31% for NO₂. Intervallerne afspejler, at de procentvise reduktioner varierer fra region til region.

I klimascenariet er de procentvise reduktioner lidt større end for basisscenariet. I klimascenariet forventes PM_{2,5} at blive reduceret for de 5 regioner med 21-25% i 2030 i forhold til 2016, og med 14-20% for PM₁₀, og 15-34% for NO₂.

Udviklingen i bybaggrundskoncentrationerne i 4 byer

Bybaggrundskoncentrationen for NO₂ falder i basisscenariet i 2030 med 22-39% i forhold til 2016 på de samme placeringer som bybaggrundsmålestationerne i de fire byer: København, Aarhus, Odense og Aalborg. PM₁₀ reduceres tilsvarende med 11-16% i forhold til 2016.

Den gennemsnitlige eksponeringsindikator for PM_{2,5} i basisscenariet forventes reduceret 18-22% i 2030 i forhold til 2016 for de fire byer.

Faldet er et resultat af reduktioner i såvel den regionale baggrund beregnet med DEHM samt Danmarks bidrag beregnet med UBM.

For alle tre luftforureninger er der få procentpoint reduktion i bybaggrundskoncentrationerne i klimascenariet i forhold til basisscenariet.

Udviklingen i gadekoncentrationer for 98 gader i København

Fremskrivning af emissionerne for trafikken er baseret på DCE's nationale emissionsmodel for vejtrafik (COPERT V). I basisscenariet forventes NO_x-

emissionen (i NO₂-enheder) at blive reduceret med omkring 61% fra 2016 til 2030. Partikeludstødningen estimeres til at falde med omkring 81% fra 2016 til 2030. I klimascenariet for vejtransport er udstødningsemissionen sat til nul i scenariet om 1. mio. elbiler, og det samme for elrutebusser og eltaxier.

For NO₂ falder den gennemsnitlige gadekoncentration for de 98 gader i København fra 29 µg/m³ i 2016 til 15 µg/m³ i 2030 i basisscenariet.

I gennemsnit er gadekoncentrationerne omkring 1,9 µg/m³ lavere i klimascenariet i forhold til basisscenariet. Derimod er baggrundskoncentrationerne i klimascenariet kun marginalt mindre end basisscenariet, i gennemsnit omkring 0,4 µg/m³. Reduktionerne i gadekoncentrationerne er derfor bestemt af reduktionen i emissionen fra trafikken.

For PM_{2,5} falder den gennemsnitlige gadekoncentration fra 13 µg/m³ i 2016 til 10 µg/m³ i 2030 i basisscenariet.

For PM₁₀ falder den gennemsnitlige gadekoncentration fra 21 µg/m³ i 2016 til 18 µg/m³ i 2030 i basisscenariet.

Den procentvise reduktion for PM_{2,5} og PM₁₀ er ikke så stor som for NO₂, da det kun er partikeludstødningen, som reduceres, mens udledningen af partikler fra vejslid, dækslid og bremseslid, som udgør en langt større del end udstødningsdelen, er uændret.

Klimascenariet har i gennemsnit 0,4 µg/m³ lavere gadekoncentrationer for PM_{2,5} i forhold til basisscenariet. For baggrundskoncentrationerne er forskellen i gennemsnit 0,3 µg/m³. Derfor skyldes de lavere gadekoncentrationer i klimascenariet i høj grad reduktionen i baggrundskoncentrationer og i mindre grad emissionsreduktionen for trafikken i gaderne. Det bundner i, at partikeludstødningen i 2030 udgør en meget lille del af den samlede emission fra trafikkens udstødning og ikke-udstødning, og elektrificeringen af dele af vejtransporten reducerer kun udstødningen.

For PM₁₀ ses et tilsvarende billede som for PM_{2,5}, dog endnu mere udtalt, da trafikkens ikke-udstødningsdel spiller en endnu større rolle for gadekoncentrationerne for PM₁₀ end for PM_{2,5}. Klimascenariet har i gennemsnit 0,6 µg/m³ lavere gadekoncentrationer for PM₁₀ i forhold til basisscenariet, og det samme ses for baggrundskoncentrationerne, hvor forskellen også i gennemsnit er 0,6 µg/m³. Dvs. at forskellen mellem klimascenariet og basisscenariet er bestemt af forskellen mellem baggrundskoncentrationerne.

Summary in English

Aim and background

The aim of the project is to carry out an impact assessment for selected initiatives in the Government's Climate and Air Proposal with focus on three measures for road transport and two measures for wood stoves – hereafter climate scenario. Emissions in 2030 are estimated, and the impact on air quality is calculated. A previous report carried out model calculations for a base scenario and an alternative scenario with further reduction requirements for the energy sector for 2020 and 2030 (Jensen et al., 2018). Information from this report is included when comparing the climate scenario with the above scenarios.

The background for the project is due to the requirements of EU directive from 2016 on National Emission Ceilings (NEC directive). The directive requires development of national programmes for the control of air pollution named NAPCP – National Air Pollution Control Programme. Denmark is committed regularly to evaluate the development of the national emissions and their expected future development, and carry out actions to reduce emissions in order to achieve the reduction targets that have been set for Denmark in the NEC directive.

The NEC directive sets out national commitments for reductions in emissions for 2020 and 2030 for the pollutants: sulphur dioxide (SO₂), nitrogen oxides (NO_x), non-methane volatile organic compounds (NMVOC), ammonia (NH₃), and fine particles (PM_{2.5} - mass of particulate matter less than 2.5 microns). Emissions of these substances are included in the calculations of air quality of NO₂ (nitrogen dioxide), PM_{2.5}, PM₁₀ (mass of particulate matter less than 10 microns), and O₃ (ozone).

The study

Emissions of different scenarios

The effects of five selected initiatives in the Government's Climate and Air Proposal are estimated (Regeringen, 2018): (1) no sale of new petrol and diesel cars in 2030 and of new plug-in hybrid cars from 2035, (2) no CO₂ emissions and air pollution from urban buses in cities from 2030, (3) no petrol and diesel taxis in 2030, (4) old stoves before 2000 scrapped when home ownership is changed, and (5) subsidy to scrap old stoves before 2000. These five initiatives are named the climate scenario.

The baseline scenario for Denmark originates from the baseline projection of the Danish Energy Agency. This is a forecast based on existing policy actions, also named 'frozen policy' and referred to as WM – With Measures.

In the alternative scenario with additional measures used for Denmark the emissions are described in details in another DCE report about the projection of emissions (Nielsen et al., 2018a). The alternative scenario only has additional measures within the energy sector and is called WAM – With Additional Measures. The energy sector includes stationary

combustion (power plants, heating plants, etc.) and mobile combustion (transport and non-road mobile machinery), as well as fugitive emissions.

The starting point is 2016, and 2020 and 2030 are scenario years. For the climate scenario, calculations are only carried out for 2030.

Regional background concentrations

For the climate scenario the regional background concentrations are calculated with the Danish Eulerian Hemispheric Model (DEHM) with a geographic resolution of 5,6 km x 5,6 km. The regional background represents the average concentration in rural areas over a larger area. The regional air pollution represents the contribution of long-range transported air pollution from emissions from abroad and from Denmark.

Background concentrations with high resolution

For the climate scenario the development in background concentrations with high resolution is calculated with the Urban Background Model (UBM). Urban background pollution represents the average background pollution inside and outside cities calculated with a spatial resolution of 1 km x 1 km. Urban background concentrations correspond in a city to the concentration at roof top level or in a backyard/park. DEHM calculations are input in UBM. For Denmark emissions are available at a spatial resolution of 1 km x 1 km based on the SPREAD model that distributes national emissions based on various geographic variables.

Furthermore, the Average Exposure Indicator is calculated. In principle, the average exposure indicator is determined as an average over three years for PM_{2.5} measured at urban background locations to reflect population exposure.

In this project the exposure indicator is calculated and only for the scenario years. The Average Exposure Indicator is calculated for Copenhagen, Aarhus, Odense and Aalborg in the same geographic locations as the location of the urban background air quality monitoring stations.

Street concentrations

For the climate scenario the development in street concentrations is calculated with Operational Street Pollution Model (OSPM) for 98 selected streets in Copenhagen. The selected streets in Copenhagen are the same as those included in the Danish Air Quality Monitoring Program. The development in vehicle emissions is based on the Danish emission model for road traffic and other mobile sources.

Air quality calculations of regional concentrations, urban background concentrations and street concentrations are carried out for NO₂, PM_{2.5} and PM₁₀.

Main conclusions

Development in emissions

A reduction in Danish emissions of NO_x, NMVOC, NH₃ and PM_{2.5} is seen from 2016 to 2030 in the baseline scenario. SO₂ is the only pollutant expected to increase from 2016 to 2030 in the baseline scenario due to increased coal consumption. In the alternative scenario for the energy

sector all pollutants are expected to have slightly lower emissions than the baseline scenario in 2030.

Foreign emissions are also reduced from 2016 to 2030. The foreign emissions are different in the Danish baseline scenario (WM) and the alternative scenario for the energy sector (WAM). The WM scenario uses the foreign countries' baseline emissions, and the WAM scenario also uses the countries' baseline if the NEC-directive emission ceilings are met, otherwise the NEC-directive emission ceiling for that country is used. The climate scenario uses the same assumptions as the WAM scenario.

Effect on emissions of the climate scenario for road transport

The emission reduction of the three initiatives for electrification of part of the road transport sector in 2030 is shown in table 1 in relation to the baseline scenario.

Table 1. Emission reduction of the three initiatives for electrification of part of the road transport sector in 2030.

	1 mio. electric cars	Electric taxi	Electric urban buses	All three scenarios
	%	%	%	%
NO _x	13	0.6	1.3	15
PM _{2,5} - exhaust	17	0.5	1.6	19
PM _{2,5} – non-exhaust	0	0	0	0
PM _{2,5} - total	2.1	0.1	0.2	2.3

The largest emission reduction is achieved for the scenario with 1 million electric cars in 2030, where NO_x emissions are reduced by 13% and PM_{2,5}-exhaust by 17% compared to the baseline in 2030. The total reduction in PM_{2,5} (exhaust and non-exhaust) is only 2% since PM_{2,5}-non-exhaust is not reduced and non-exhaust constitutes a very large proportion of total PM_{2,5} in 2030. Non-exhaust is tire wear, road wear and brake wear.

The emission reduction for electric urban buses is around a tenth to the scenario of 1 million electric cars, and for the electric taxis it is only a twentieth. This reason is that there are far fewer urban buses and taxis compared to passenger cars.

Effect on emissions of the climate scenario for wood stoves

Table 2 shows the emission reduction for the two initiatives for wood stoves.

Table 2. Emission reduction of scrapping of old wood stoves with change in home ownership and a scrapping subsidy.

2030	PM _{2,5}	NO _x	NMVOC	BaP	PCDD/F	BC	CH ₄
	%	%	%	%	%	%	%
Scrapping with change in ownership	11	-1.1	5.1	17	15	3.5	17
Scrapping subsidy	2.0	-0.3	1.5	3.2	2.9	0.6	3.1
Total	13	-1.4	6.5	20	17	4.0	20

Note: Non-methan volatile organic compounds (NMVOC), benzo(a)pyrene (BaP), dioxin (PCDD/F), black carbon (BC), methane (CH₄).

Scrapping of old stoves before 2000 when home ownership is changed is more effective in reduction of emissions than a subsidy to scrap old wood stoves before 2000.

The emission reduction of scrapping old wood stoves when home ownership is changed leads to significant reductions for PM_{2.5} (11%), BaP (17%), dioxin (15%) and CH₄ (17%). CH₄ is a powerful greenhouse gas, which contributes to climate change.

NO_x emissions are slightly increasing because modern stoves burn at a higher temperature, and thereby increases the formation of NO_x.

The effect of the scrapping subsidy is very uncertain. For example, a scrapping subsidy may have a very limited effect, if it only subsidises replacements, which anyway would be have been carried out.

Total impact of the climate scenario

The transport sector reduces NO_x emissions by 2,046 tons, while wood stoves increase emissions by 41 tons due to more modern stoves, which gives the total reduction of approx. 2,000 tons. Wood stoves reduces PM_{2.5} emissions with 979 tons while the reduction of the traffic sector only is 30 tons, which in total is approx. 2,000 tons. Hence, the reductions in NO_x emissions is almost entirely determined by reductions in the transport sector, while reductions in PM_{2.5} almost completely are determined by wood stoves.

Development in background concentrations with high resolution

The average background concentrations for the five regions in Denmark are also calculated with DEHM/UBM for the baseline and the climate scenario. In this case, the calculations are based on a geographical resolution of 1 km x 1 km.

For the baseline the background concentrations of PM_{2.5} for the five regions are reduced by 18-20% in 2030 compared to 2016, and for PM₁₀ by 12-16%, and for NO₂ 14-31%. The interval indicates that the percentage reduction is different from region to region.

In the climate scenario the percentage decreases are slightly larger than in the baseline scenario. In the climate scenario PM_{2.5} is expected to be reduced for the 5 regions with 21-25% in 2030 compared to 2016, and 14-20% for PM₁₀ and 15-34% for NO₂.

Development in urban background concentrations in 4 cities

Urban background concentrations of NO₂ decrease in the baseline scenario with 22-39% in 2030 compared to 2016 for the same locations as the urban background air quality monitoring stations in the four largest cities of Denmark: Copenhagen, Aarhus, Odense and Aalborg. The decrease for PM₁₀ is 11-16% in 2030 compared to 2016. The Average Exposure Indicator for PM_{2.5} in the base scenario is expected to be reduced by 18-22% in 2030 compared to 2016 for the four cities.

The decrease is a result of reductions in the regional background calculated with DEHM as well as Denmark's contribution calculated with UBM. For all three pollutants there are a few percentage points reduction in urban background concentrations in the climate-scenario compared to the baseline.

Development in street concentrations for 98 streets in Copenhagen

The development in vehicle emissions is based on DCE's national emission model for road traffic (COPERT IV). NO_x emissions are expected to decrease by about 61% from 2016 to 2030. Particle exhaust emission is estimated to decrease by 81% from 2016 to 2030. In the climate scenario for road transport exhaust emissions are set to zero in the scenario of one million electric cars, and the same for electric urban buses and electric taxis.

The average NO₂ concentration for the 98 streets in Copenhagen is expected to decrease from 29 µg/m³ in 2016 to 15 µg/m³ in 2030 in the baseline scenario.

In the climate scenario the average street concentration is 1.9 µg/m³ lower than in the baseline scenario. On the other hand, the background concentrations of the climate scenario are only marginally less than the baseline scenario, an average about 0.4 µg/m³. The reduction in street concentrations is therefore dominated by the reduction in emissions from traffic.

The average PM_{2.5} street concentration decreases from 13 µg/m³ in 2016 to 10 µg/m³ in 2030 in the baseline scenario.

The decrease for PM₁₀ is from 21 µg/m³ in 2016 to 18 µg/m³ in 2030 in the baseline scenario.

The percentage reduction for PM_{2.5} and PM₁₀ is not as great as for NO₂, since only particle exhaust emissions are reduced. Non-exhaust emissions - such as road wear, tire wear and brake wear - are unchanged and make up a far greater share than the exhaust emission.

For PM_{2.5} and PM₁₀ there is also a marginal difference between the baseline scenario and the climate scenario.

In the climate scenario the average street PM_{2.5} concentration is 0.4 µg/m³ lower than the baseline scenario. For the background concentrations the difference is on average 0.3 µg/m³. Therefore, the lower street concentrations in the climate scenario are mainly dominated by the reduction in background concentrations and to a less degree less emissions from traffic in the streets.

The reason is that exhaust emission represents a very small part of the total emissions from traffic exhaust and non-exhaust in 2030, and electrification of parts of the road sector only reduces exhaust emissions.

PM₁₀ shows a similar picture as PM_{2.5}, however, even more pronounced, because traffic non-exhaust plays an even greater role for street concentrations of PM₁₀ than PM_{2.5}. The climate scenario has on average 0.6 µg/m³ lower street concentrations of PM₁₀ than the baseline scenario, and the background concentrations have the same difference, on average 0.6 µg/m³. That is, the difference in background concentrations explains the difference in street concentrations between the climate scenario and the baseline scenario.

1. Metode og datagrundlag

I det følgende er projektets overordnede metode kort beskrevet, herunder de modeller som anvendes. For en detaljeret beskrivelse af de forskellige modeller er der i teksten henvist til nøglelitteratur om modellerne.

1.1 Scenarier

Klimascenariet

Regeringens klima- og luftudspil ("Sammen om en grønnere fremtid") indeholder en beskrivelse af 38 initiativer rettet mod at reducere udledningen af drivhusgasser og/eller luftforurening (Regeringen, 2018). DCE har gennemgået de 38 initiativer med henblik på en vurdering af hvilke af disse initiativer, der har indflydelse på luftforureningen i 2030, samt den forventede størrelse af den reducerende effekt. Der er nogle af de foreslåede initiativer, hvor det ikke er muligt at kvantificere effekten.

I nærværende rapport er effekten af følgende initiativer kvantificeret og benævnt klimascenariet:

- Stop for salg af nye benzin- og dieslbiler i 2030 og for nye plug-in hybridbiler fra 2035
- Slut med udledning af CO₂ og luftforurening fra busser i byerne fra 2030
- Benzin og diesel skal ud af taxidriften inden 2030
- Gamle brændeovne skrottes ved ejerskifte
- Skrotpræmie til gamle brændeovne

De første 3 virkemidler er rettet mod vejtransportsektoren, mens de 2 sidste virkemidler omfatter brændeovne.

Klimascenariet er for emissionerne sammenholdt med basisfremskrivningen (WM-scenariet) og et alternativt scenarie for energisektoren (WAM-scenariet), som tidligere er konsekvensvurderet (Jensen et al., 2018a), og sammenholdt med basisfremskrivningen for luftkvaliteten.

De europæiske emissioner er landenes egne fremskrivninger, hvis NEC direktivets emissionslofter er overholdt, ellers NEC direktivets emissionsloft, dvs. samme forudsætninger som i WAM-scenariet.

WM-scenariet

Basisfremskrivningen for Danmark er baseret på Energistyrelsens basisfremskrivning. Dette er en fremskrivning baseret på eksisterende vedtagne tiltag, som her betegnes: WM – With Measures. De europæiske emissioner er baseret på landenes egne fremskrivninger.

WAM-scenariet

I scenariet med yderligere tiltag anvendes for Danmark de emissioner, som er beskrevet i en DCE rapport om fremskrivning af emissioner (Nielsen et al., 2018a). Yderligere tiltag er kun opstillet inden for energisektoren. På engelsk kaldes scenariet med yderligere tiltag for: WAM – With Additional Measures. Energisektoren omfatter i denne sammenhæng stationær

forbrænding (kraftværker, varmegværker mv.) og mobil forbrænding (transport og ikke-vejgående maskiner) samt flygtige emissioner.

For de øvrige medlemslande i EU anvendes de samme emissioner som under basisscenariet, hvis NEC-direktivet er overholdt. Hvis ikke NEC-direktivet overholdes, beregnes nye emissioner baseret på de officielle 2005-emissioner fremskrevet med de reduktionstilsagn, som er specificeret for 2020 og 2030 i NEC-direktivet, dvs. som om disse lande vil opfylde deres reduktionstilsagn.

Forudsætningerne for basisfremskrivningen og scenariet med yderligere tiltag er nærmere beskrevet i DCE rapporten (Nielsen et al., 2018a).

Fremskrivninger til 2020 og 2030 tager udgangspunkt i emissionerne fra 2016.

1.2 Udvikling i regionale baggrundskoncentration

Den regionale luftforurening beregnes med Danish Eulerian Hemispheric Model (DEHM) (Christensen, 1997; Brandt et al., 2012). Den regionale baggrund repræsenterer den gennemsnitlige koncentration i landområder over et større område. Den regionale luftforurening er derfor et udtryk for bidraget fra den langtransporterede luftforurening både fra emissioner fra udlandet og fra Danmark (<http://envs.au.dk/videnudveksling/luft/model/dehm/>).

Modelområdet for DEHM dækker den nordlige halvkugle med en horisontal opløsning på 150 km x 150 km. Der er højere opløsning over Europa (50 km x 50 km) og en højere opløsning over Nordeuropa (16,67 km x 16,67 km) samt en endnu højere opløsning over Danmark (5,6 km x 5,6 km). Emissionerne er baseret på data fra emissionsdatabaser, som dækker hele den nordlige halvkugle, Europa og Danmark. Der antages samme geografiske fordeling af emissionerne for alle beregningsår.

Der er gennemført modelberegninger af udviklingen i de regionale baggrundskoncentrationer. Modelberegninger med DEHM af luftkoncentrationer af NO₂, PM_{2,5}, PM₁₀ og ozon. Beregningerne er kun gennemført for 2030 for klimascenariet.

Der benyttes samme version af DEHM som i forbindelse med Det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet (Ellermann et al., 2017). I forhold til målinger af PM_{2,5} og PM₁₀ undervurderer modelregningerne niveauerne. Det sker bl.a. fordi beregningerne ikke inkluderer bidrag fra sekundært dannede organiske partikler i atmosfæren (SOA). Bidrag fra havsalt er inkluderet.

1.3 Udvikling i baggrundskoncentration med høj opløsning

Udviklingen i baggrundskoncentrationer med høj geografisk opløsning beregnes med Urban Background Model (UBM). Baggrundsforureningen repræsenterer den generelle baggrundsforurening i og uden for byer beregnet med en geografisk opløsning på 1 km x 1 km. I byer omtales baggrundsforureningen som bybaggrundskoncentrationen, og svarer til den koncentration, som findes over hustag eller i en baggård/park (Berkowicz, 2000a; Brandt et al., 2001). DEHM-beregninger er input til UBM. DEHM- og UBM-beregningerne foregår i en koblet proces, således at UBM får input om beregnede opstrøms regionale koncentrationer time for time fra

DEHM, og bidraget til koncentrationerne beregnes med UBM på baggrund af emissionerne opstrøms i en afstand af 30 km. For Danmark foreligger emissionerne på en geografisk opløsning på 1 km x 1 km baseret på SPREAD-modellen, som ud fra geografiske oplysninger fordeler den nationale emission (Plejdstrup et al., 2018).

Beregninger gennemføres for NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ i 2030 for klimascenariet.

I beregningerne i klimascenariet er det antaget, at det øgede elforbrug til elbiler, eltaxier og elbusser er tilvejebragt med vedvarende energi, da energiaftalen fra 2018 har som mål, at 100% af strømproduktionen i 2030 er baseret på vedvarende energi (Aftaleparterne, 2018). I beregningerne er det endvidere forudsat, at der ikke er luftforurening fra strømproduktionen, selvom der vil være noget fra den del, som er baseret på afbrænding af biomasse på varmekværke og kraftvarmekværke.

1.4 Udvikling i gennemsnitlig eksponeringsindikator for PM_{2,5}

Endvidere gennemføres beregninger for den gennemsnitlige eksponeringsindikator (Average Exposure Indicator). Den gennemsnitlige eksponeringsindikator bestemmes som udgangspunkt som et gennemsnit over tre år for PM_{2,5} ud fra målte koncentrationer på bybaggrundsstationer i byer for at afspejle befolkningens eksponering. Luftkvalitetsdirektivet opstiller nogle mål for 2020 for reduktion af denne eksponeringsindikator i forhold til 2010 (EU, 2008). Reduktionsmålene i procent er afhængige af udgangskoncentrationen i 2010. For Danmarks vedkommende foretages PM_{2,5} målinger på bybaggrundsstationer i København, Aarhus og Aalborg, og de seneste målinger for 2017 viser, at eksponeringsindikatoren er reduceret med 30% siden 2010, og dermed overopfylder målet på 15% (Ellermann et al., 2018).

I nærværende projekt vil eksponeringsindikatoren blive beregnet for 2030 baseret på DEHM/UBM og kun for det pågældende beregningsår. Det er ikke muligt at beregne for et gennemsnit over 3 år, da vi for fremtidige år anvender samme meteorologiske forudsætninger som for 2016. Når man kun beregner for et år, kan det give større år til år variation end, hvis der kunne beregnes et gennemsnit over 3 år. Eksponeringsindikatoren vil blive beregnet for København, Aarhus, Odense og Aalborg i samme punkt som beliggenheden af bybaggrundsmålestationerne.

1.5 Udvikling i gadekoncentration

Udviklingen i gadekoncentrationer bliver beregnet med Operational Street Pollution Model (OSPM) (Berkowicz, 2000; Kakosimos et al., 2011; www.au.dk/ospm) af luftkoncentrationer af NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ for 2030 for 98 udvalgte gadestrækninger i København med fremskrivninger af danske emissioner fra trafikken. De 98 udvalgte gadestrækninger i København er de samme, som indgår i Det nationale luftovervågningsprogram for luftkvalitet (Ellermann et al., 2017). Fremskrivninger af emissioner er baseret på DCE's fremskrivninger af danske trafikemissioner, som er implementeret i OSPM's emissionsmodul (Jensen et al., 2018). Input af bybaggrundskoncentrationer til OSPM er baseret på beregninger fra DEHM/UBM.

Alle modelberegningerne med DEHM, UBM og OSPM benytter meteorologiske data fra samme kalenderår med meteorologiske forhold, som repræsenterer typiske forhold for Danmark og det øvrige Europa. Det meteorologiske kalenderår er 2016.

2. Emissioner i klimascenariet

I det følgende beskrives emissionen i klimascenariet i 2030, og sammenholdes med udviklingen i emissioner i basisfremskrivningen (WM) og det alternative scenarie med yderligere tiltag (WAM). Endvidere sammenlignes det kombinerede scenarie bestående af WAM plus klimascenariet med basisscenariet. WAM plus klimascenariet er den maksimale effekt i forhold til basisfremskrivningen. Emissionerne i WM- og WAM-scenarierne er nærmere beskrevet i Nielsen et al. (2018a).

2.1 Klimascenariet for transportområdet

Emissionerne beregnes for året 2030 for et basisscenarie uden tiltagene implementeret og de tre reduktionsscenarier i klimascenariet inden for vejtransportsektoren:

- Basisscenarie: Den eksisterende basisemissionsfremskrivning for vejtrafik i Danmark i 2030.
- Scenarie 1: Stop for salg af nye benzin- og dieselpersonbiler i 2030: Antages at medføre en bestand på 1 million elbiler i 2030.
- Scenarie 2: Slut med udledning af CO₂ og luftforurening fra busser i byerne fra 2030. Det antages, at alle rutebusser er eldrevne i 2030.
- Scenarie 3: Benzin og diesel skal ud af taxidriften inden 2030. Det antages, at alle taxier er eldrevne i 2030.

Regeringens klima- og luftudspil beskriver, at målet for et stop for salg af nye benzin- og dieslbiler fra 2030 er, at der i 2030 kan være over én million elbiler, plug-in hybridbiler eller tilsvarende grønne biler i Danmark (Regeringen, 2018). Vi har valgt at regne på dette virkemiddel, som om der er 1 million elbiler i bestanden i 2030. Vi har antaget, at hele tilvæksten af grønne biler frem til 2030 udgøres af elbiler for at nå målet med 1 million elbiler i 2030, og har med andre ord i scenariet ikke indlagt en vækst i bestanden af plug-in hybridbiler eller tilsvarende grønne biler frem til 2030.

Basisscenarie for vejtransport

Basisscenariet udgøres af den seneste fremskrivning af de nationale emissioner leveret til Miljø- og Fødevareministeriet i henhold til overvågning af det nationale emissionsloft. For en nærmere beskrivelse af basisfremskrivningen henvises til Nielsen et al. (2018a). Basisfremskrivningen benytter Energistyrelsens Basisfremskrivning 2018 (BF2018; se Energistyrelsen, 2018) som inputdata for de totale energiforbrug, emissionsdata fra emissionsmodellen COPERT 5 for vejtrafikkens køretøjer (EMEP/EEA, 2018) samt fremskrivningen af bestandsdata og trafikarbejde for vejtrafikken leveret af DTU Transport (Jensen, 2017).

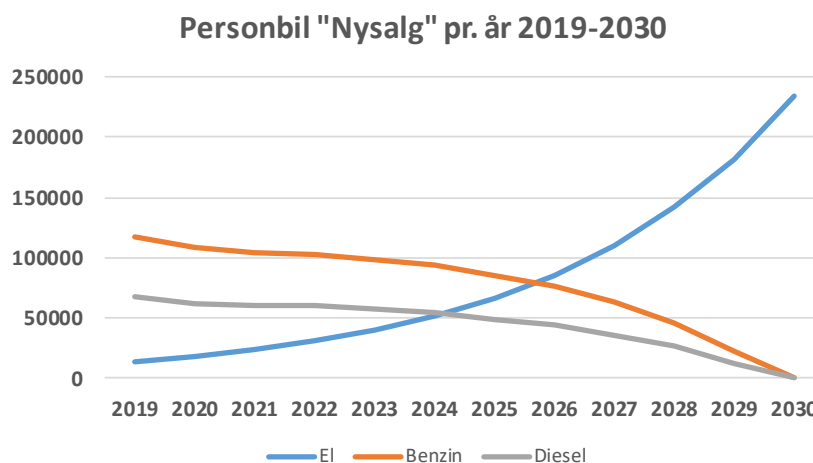
Scenarie 1 - En million elbiler i 2030

Bestandsdata fra DTU transport angives pr. ultimo år i trafikfremskrivningen, og nul år gamle biler i et opgørelsesår benævnes i det følgende også som "nysolgte" biler i året, på trods af at der vil være et minimalt henfald (skrotning) også af under et år gamle biler i et givent opgørelsesår.

Men da scenariets mål relaterer sig til bestanden i 2030 (ultimo året) er det bekvemt at bruge bestandsdata ultimo året som funktion af førsteregistreringsår, i stedet for det helt præcise nysalg i løbet af året.

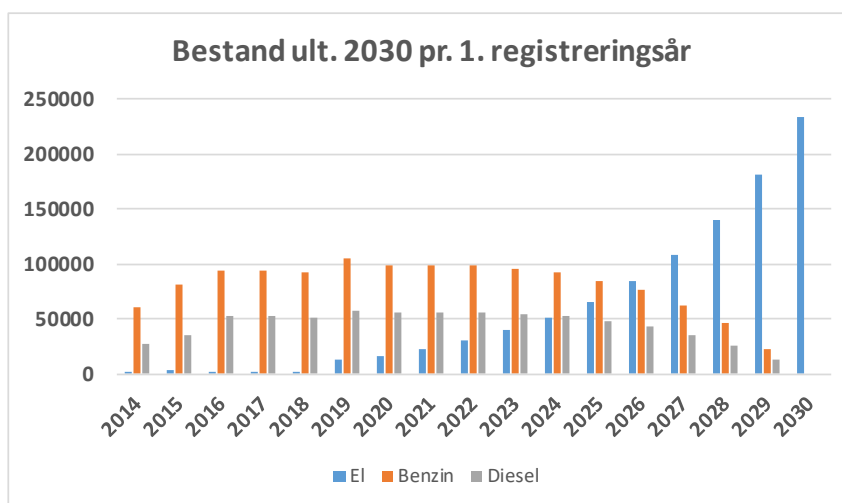
I scenariet antages en eksponentiel vækst i antallet af nysolgte elbiler pr. år (dvs. nul år gamle biler ultimo året) fra 2019 og frem til 2030 for at nå målet med 1 million elbiler i 2030. Derudover antages en ligelig fordeling af hvorledes elbiler substituerer benzin- og dieseldrevne personbiler (og CNG/PHEV personbiler) i nysalsalget (dvs. nul år gamle biler ultimo året), i forhold til det prognosticerede nysalg af disse personbilkategorier i basisfremskrivningen. Parametrene for vækstkurven er fastlagt således, at målet på 1 million eldrevne personbiler i bestanden nås i 2030.

I figur 2.1 ses antallet af nul år gamle personbiler ("nysalget") fordelt pr. drivmiddel i perioden 2019-2030.



Figur 2.1. Antallet af nul år gamle personbiler ("nysalget") fordelt pr. drivmiddel i perioden 2019-2030.

I figur 2.2 ses antallet af personbiler fordelt pr. førsteregistreringsår og pr. drivmiddel ultimo året 2030. Biler med førsteregistreringsår fra og med 2014 er medtaget på figuren.



Figur 2.2. Antallet af personbiler ultimo året 2030 fordelt pr. drivmiddel og førsteregistreringsår (2014-2030).

Tabel 2.1 giver en oversigt over den samlede bestand af personbiler i 2030 opdelt efter drivmiddel i basisscenariet og scenariet med 1 mio. elbiler. Den samlede bestand af benzin- og dieselpersonbiler falder med hhv. 26 % og 27 % svarende til en nedgang i personbilbestanden på lidt over 538.000 benzinpersonbiler og 306.000 dieselpersonbiler.

Tabel 2.1. Den samlede bestand af personbiler i 2030 opdelt efter drivmiddel i basisscenariet og 1 mio. elbiler-scenariet.

Scenarie	Benzin	Diesel	EI	PHEV	CNG	I alt
Basis	2038595	1121571	114331	52213	490	3327200
1 mio. elbiler	1500380	815533	990390	20552	344	3327200
Ændring, antal	-538215	-306038	876059	-31660	-145	0
Ændring, %	-26	-27	766	-61	-30	0

Tabel 2.2 viser de beregnede emissioner for NO_x, PM_{2,5} – udstødning og PM_{2,5} – ikke-udstødning i 2030 for personbiler i basisscenariet og 1 mio. elbiler-scenariet. I elbils scenariet beregnes emissionsbesparelser for NO_x og PM_{2,5} – udstødning på hhv. 1790 tons og 27 tons for personbiler, svarende til emissionsreduktioner på hhv. 19 % og 25 %. Den samlede PM_{2,5}-emissionsreduktion (udstødning og ikke-udstødning) bliver blot 3,5 %, da ikke-udstødning udgør en meget stor andel af de samlede PM_{2,5}-emissioner.

Tabel 2.2. Emissionsresultater for NO_x og PM_{2,5} (udstødning og ikke udstødning) i 2030 for personbiler i basisscenariet og 1 mio. elbiler-scenariet, samt absolutte og procentvis beregnede emissionsbesparelser for scenariet.

Scenarie	Basis	1 mio. elbiler	Emissionsbesparelse	
Enhed	Tons	Tons	Tons	%
NO _x	9250	7460	1790	19
PM _{2,5} - udstødning	105	79	27	25
PM _{2,5} – ikke-udstødning	661	661	0	0
PM _{2,5} - samlet	766	740	27	3,5

Scenarie 2 - Elbusser i byerne i 2030

I scenarie 2 antages det, at alle rutebusser i 2030 er eldrevne. Tabel 2.3 giver en oversigt over den samlede bestand af rutebusser i 2030 opdelt efter drivmiddel i basisscenariet og elbusscenariet. Bemærk at scenariet kun omhandler rutebusser, og ikke turistbusser.

Tabel 2.3. Den samlede bestand af rutebusser i 2030 opdelt efter drivmiddel i basisscenariet og elbusscenariet.

Scenarie	Diesel <15t	Diesel 15-18t	Diesel >18t	CNG 15-18t	CNG >18t	EI	I alt
Basis	2131	2898	554	345	55	33	6016
Kun elbusser	0	0	0	0	0	6016	6016

Tabel 2.4 viser de beregnede emissioner for NO_x, PM_{2,5} – udstødning og PM_{2,5} -ikke-udstødning i 2030 for rutebusser i basisscenariet, og de dermed sparede emissioner for NO_x og PM_{2,5}-udstødning pga. den fuldstændige omlægning til elbusdrift i 2030. Der beregnes emissionsbesparelser for NO_x og PM_{2,5} – udstødning på hhv. 178 tons og 2,5 tons for rutebusser. Emissionerne af NO_x og PM_{2,5}-udstødning reduceres som før nævnt med 100 % ved ren eldrift, hvorimod den samlede PM_{2,5}-emissionsreduktion (udstødning og ikke-udstødning) bliver blot 6,2 %, da ikke-udstødning udgør en meget stor andel af de samlede PM_{2,5}-emissioner.

Tabel 2.4. Emissionsresultater for NO_x og PM_{2,5} (udstødning og ikke udstødning) i 2030 for rutebusser i basisscenariet og elbusscenariet, samt absolutte og procentvis beregnede emissionsbesparelser for scenariet.

Scenarie	Basis	Kun elbusser	Emissionsbesparelse	
Enhed	Tons	Tons	Tons	%
NO _x	178	0	178	100
PM _{2,5} – udstødning	2,5	0	2,5	100
PM _{2,5} - ikke udstødning	38	38	0	0
PM _{2,5} – samlet	40	38	2,5	6,2

Scenarie 3 - Eltaxi i 2030

I scenarie 3 antages det, at alle taxier i 2030 er eldrevne. Tabel 2.5 giver en oversigt over den samlede bestand af taxier i 2030 opdelt efter drivmiddel i basisscenariet og eltaxiscenariet.

Tabel 2.5. Den samlede bestand af taxier i 2030 opdelt efter drivmiddel i basisscenariet og eltaxiscenariet.

Scenarie	Benzin	Diesel	El	I alt
Basis	153	4192	0	4345
Kun eltaxier	0	0	4345	4345

Tabel 2.6 viser de beregnede emissioner for NO_x, PM_{2,5} – udstødning og PM_{2,5} – ikke udstødning i 2030 for taxier i basisscenariet, og de dermed sparede emissioner for NO_x og PM_{2,5} – udstødning pga. den fuldstændige omlægning af taxidriften til el i 2030. Der beregnes emissionsbesparelser for NO_x og PM_{2,5} – udstødning på hhv. 77 tons og 0,78 tons for taxier. Den samlede PM_{2,5} (udstødning og ikke-udstødning) emissionsreduktion beregnes til 10,2 %.

Tabel 2.6. Emissionsresultater for NO_x og PM_{2,5} (udstødning og ikke udstødning) i 2030 for taxier i basisscenariet og eltaxi scenariet, samt absolutte og procentvis beregnede emissionsbesparelser for scenariet.

Scenarie	Basis	Kun eltaxier	Emissionsbesparelse	
Enhed	Tons	Tons	Tons	%
NO _x	77	0	77	100
PM _{2,5} – udstødning	0,78	0	0,78	100
PM _{2,5} - ikke udstødning	6,9	6,9	0	0
PM _{2,5} – samlet	7,7	6,9	0,78	10,2

Samlet emissionseffekt for de 3 scenarier for vejtransport

Nedenstående tabel 2.7 viser vejtrafikkens samlede emissioner af NO_x, PM_{2,5} – udstødning og PM_{2,5} – ikke-udstødning i basisfremskrivningen for 2030, samt vejtrafikkens samlede emissioner med de tre scenarier indført hhv. enkeltvis og samlet.

Tabel 2.7. Vejtrafikens samlede emissioner af NO_x og PM_{2,5} (udstødning og ikke udstødning) i 2030 i basisfremskrivningen og i de tre scenarier indført (enkeltvis og samlet).

	Basis	1 mio. elbiler	Kun eltaxier	Kun elrutebusser	Alle tre scenarier indført
	Tons	Tons	Tons	Tons	Tons
NO _x	13785	11995	13707	13607	11739
PM _{2,5} - udstødning	154	127	153	152	124
PM _{2,5} - ikke udstødning	1137	1137	1137	1137	1137
PM _{2,5} - samlet	1291	1264	1290	1288	1261

Emissionsreduktionerne for hele vejtrafikken og de procentvist beregnede emissionsreduktioner mellem basisfremskrivningen og de tre scenarier (enkeltvis og samlet) er vist i tabel 2.8.

Tabel 2.8. Vejtrafikens samlede emissionsreduktioner og procentvist beregnede emissionsreduktioner mellem basisfremskrivningen og de tre scenarier indført i 2030 (enkeltvis og samlet).

	Basis	1 mio. elbiler	Taxi kun el	Rutebusser kun el	Alle tre scenarier indført
	Tons	Tons	Tons	Tons	Tons
NO _x	0	1790	77	178	2046
PM _{2,5} - udstødning	0	27	0,78	2,5	30
PM _{2,5} - ikke udstødning	0	0	0	0	0
PM _{2,5} - samlet	0	27	0,8	2,5	30

	Basis	1 mio. elbiler	Taxi kun el	Rutebusser kun el	Alle tre scenarier indført
	%	%	%	%	%
NO _x	0	13	0,6	1,3	15
PM _{2,5} - udstødning	0	17	0,5	1,6	19
PM _{2,5} - ikke udstødning	0	0	0	0	0
PM _{2,5} - samlet	0	2,1	0,1	0,2	2,3

Det ses, at den største emissionsbesparelse opnås i Scenarie 1 (1 mio. elbiler), og at emissionsreduktionerne for hele vejtrafikken i 2030 bliver på hhv. 13 %, 17 % og 2,1 % for NO_x, PM_{2,5}-udstødning og PM_{2,5}-ikke-udstødning.

Hvis alle tre scenarier indføres bliver emissionsreduktionerne for NO_x og PM_{2,5} -udstødning og PM_{2,5}-ikke-udstødning hhv. 15 %, 19 % og 2,3 %.

Klimagevinst for de 3 scenarier for vejtransport

Ud over effekten for helbredsskadelig luftforurening vil der også være en betydelig klimagevinst ved klimascenarierne inden for vejtransport, idet strømforbruget i 2030 vil være baseret på 100% vedvarende energi ifølge energiaftalen fra 2018. Dette kan antages at være stort set CO₂-neutralt. Dermed vil den CO₂-udledning, som er forbundet med forbrænding af benzin- og diesel spares, når elkøretøjer erstatter fossilkøretøjer.

2.2 Klimascenariet for brændeovne

Klimascenariet for brændeovne omfatter to virkemidler hhv. skrotning af gamle brændeovne ved ejerskifte, og skrotningspræmie for skrotning af gamle brændeovne.

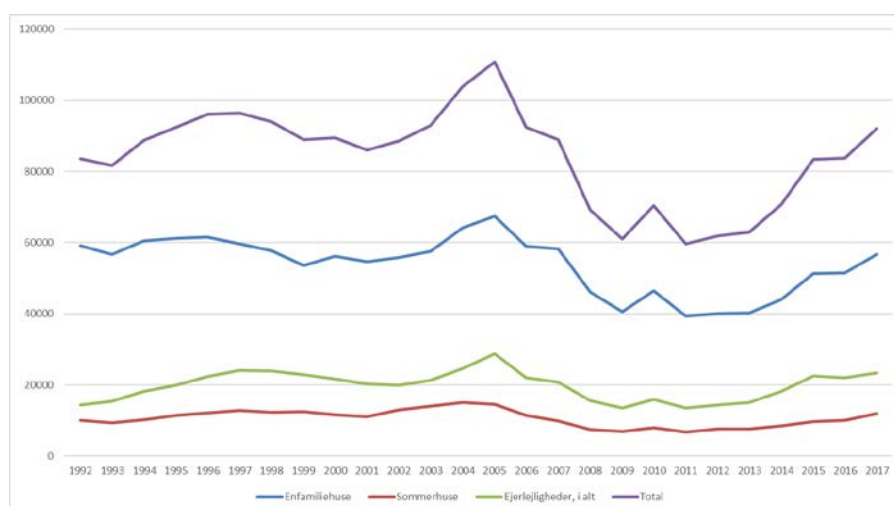
Gamle brændeovne skrotes ved ejerskifte

Et virkemiddel i Regeringens klima- og luftudspil er, at gamle brændeovne (før 2000) skrotes ved ejerskifte. Det antages, at dette tiltag træder i kraft fra 2020.

Der er knap 700.000 brændeovne i Danmark. Ifølge Danmarks statistik er der i 2018 knap 3.000.000 boliger i kategorierne Parcel/Stuehuse, Række-, kæde- og dobbelthuse, Etageboliger og Fritidshuse, af disse er ca. 145.000 ubeboede boliger. Dette betyder, at der er ca. 2.850.000 beboede boliger og fritidshuse i Danmark. Det vil sige, at der er brændeovn i ca. 24 % af de beboede danske boliger og fritidshuse.

Danmarks Statistik opgør ejendomssalg opdelt på forskellige ejendoms-kategorier og overdragelsesformer. Til brug for denne analyse er der anvendt det beregnede salg for alle overdragelsesformer ('Almindelig fri handel', 'Familieoverdragelse' samt 'Andre salg'), samt for ejendoms-kategorierne 'Enfamiliehuse', 'Sommerhuse' samt 'Ejerlejligheder, i alt'.

Det beregnede salg fluktuerer gennem årene med et højdepunkt i 2005 og et kraftigt dyk frem mod 2009. I de senere år ses der dog et stigende salg, så det er på niveau med 1990'erne.



Figur 2.3. Udvikling i salg af boliger og fritidshuse.

I gennemsnit for perioden 1992-2017 er der et årligt beregnet salg på 53.810 enfamiliehuse, 10.630 sommerhuse samt 19.805 ejerlejligheder. Ejerlejligheder i denne statistik omfatter 'Etageejerlejlighed med 1 lejlighed', 'Ejerlejlighed i lav bebyggelse' samt 'Ejerlejlighed i rækkehus'. Denne statistik er derfor ikke direkte sammenlignelig med statistikken for antallet af boliger. Gennemsnittet for det samlede salg er 84.245 pr. år, og dette tal er anvendt i analysen. Dette tal svarer til, at ca. 3 % af beboede boliger og fritidshuse skifter ejer pr. år.

Det antages, at andelen af boliger og fritidshuse med brændeovn er proportionelt repræsenteret i de solgte boliger. Det betyder, at der årligt sælges knap 20.000 boliger/fritidshuse med en brændeovn.

Der er i forslaget lagt op til, at køberen kan vælge mellem at skrotte brændeovnen eller at udskifte brændeovnen med en ny. Det er uvist, i hvilket omfang den ene eller anden løsning vil blive foretrukket. Den største effekt vil blive opnået, hvis samtlige vælger at skrotte brændeovnen, men da en

brændeovne er relativt billig, især set i lyset af den investering, det er at købe en bolig eller fritidshus, så er det næppe økonomisk attraktivt at skrotte brændeovnen. I en nylig beregning af emissionskonsekvenserne ved et forbud for brændeovne før 1990 (Nielsen et al., 2018a), var antagelsen, at 90 % blev udskiftet og 10 % skrottet. Den samme antagelse er gjort i denne analyse.

Der regnes i basisfremskrivningen med en årlig udskiftning af brændeovne på 20.000. Det må antages, at nogle af disse i forvejen finder sted i forbindelse med ejerskifte, men det er ikke muligt at kvantificere dette. Derfor er der i beregningen regnet med, at den 'normale' udskiftning på 20.000 pr. år fortsætter.

Af de 20.000 handler, hvori der indgår en brændeovn, må det antages, at disse fordeles jævnt henover alderen af brændeovnen, dvs., der vil være en mindre del af handlerne, hvor brændeovnen er fra før år 2000. I emissionsopgørelsen og basisfremskrivningen arbejdes der med kategorier, der skelner mellem før og efter 2005 og ikke 2000, men i forbindelse med denne analyse, er det antaget, at antallet af brændeovne i de to kategorier før 2005 finder anvendelse. Andelen af disse ovne udgør ca. 47 % i 2020 faldende til ca. 25 % i 2030 i basisfremskrivningen.

Det betyder, at der som følge af ejerskifte udskiftes ca. 8.500 brændeovne i 2020 og ca. 4.400 i 2030. Tilsvarende tal for skrotning er ca. 950 og ca. 500. Samlet set for perioden 2020 til 2030 antages det derfor, at der udskiftes ca. 71.000 brændeovne ud over den normale udskiftning, samt at der er skrottet knap 8.000 brændeovne som følge af tiltaget. Brændeforbruget i denne analyse nedskrives derfor svarende til dette.

Emissionerne af især PM_{2,5} falder som følger af disse tiltag. Nedenstående tabel viser forskellen mellem basisfremskrivningen for træfyring i husholdninger og et scenarie, hvor gamle brændeovne skal udskiftes ved ejerskifte.

Tabel 2.9. Reduktion i emissionerne i scenariet med skrotning af gamle brændeovne (før 2000) ved ejerskifte.

2030	PM _{2,5} , ton	NO _x , ton	NMVOC, ton	BaP, ton	PCDD/F, g	BC, ton	CH ₄ , ton
Basisfremskrivning	7403	2884	7455	871	6,45	1407	1691
Ejerskifte	6575	2917	7078	723	5,52	1358	1412
Reduktion	828	-33	377	148	0,93	49	279
Reduktion, %	11	-1,1	5,1	17	15	3,5	17

Det ses, at med de antagelser, der er lagt til grund for beregningen, som beskrevet ovenfor, så falder PM_{2,5}-emissionen med godt 800 ton svarende til godt 11 %. Der ses markante fald også for benzo(a)pyrene (BaP), dioxin (PCDD/F) og CH₄ (metan). For NO_x ses det, at emissionen stiger. Dette skyldes, at mere moderne brændeovne forbrænder ved en højere temperatur, og derved stiger dannelsen af termisk NO_x. Grunden til at de forskellige stoffer udviser forskellige reduktioner er, at emissionsfaktorerne ikke er proportionale mellem de forskellige stoffer for de forskellige ovntyper. For en nærmere beskrivelse af teknologier og emissionsfaktorer henvises der til Nielsen et al. (2018b).

Skrotningspræmie til gamle brændeovne

Det antages, at tiltaget med skrotningspræmie træder i kraft fra 2019, og at det gælder for brændeovne før 2000. Der er afsat 46 mio. kr., og der gives et tilskud på 2.000 kr. til udskiftning eller skrotning af gamle brændeovne ifølge klima- og luftudspillet. Det svarer til 23.000 brændeovne¹. Der er i basisfremskrivningen regnet med, at der udskiftes 20.000 brændeovne om året.

Effekten af dette tiltag afhænger således meget af, hvorvidt tiltaget skaber en øget udskiftning, eller i hvor høj grad, der er tale om, at ovne, der alligevel ville blive skiftet, får tilskud. I bedste fald vil tiltaget medføre en skrotning i 2019 på samlet 23.000 brændeovne, og i værste fald en samlet udskiftning på 23.000. Der er i denne beregning antaget, at skrotningspræmien vil medføre en skrotning og medudskiftning, således at der skrottes 2.300 brændeovne i 2019, og der derudover er en merudskiftning på 10.350 brændeovne. Der antages en reduktion i træforbruget proportionelt svarende til det lavere antal ovne.

Skrotningspræmien for brændeovne har en mindre effekt i 2030, da hovedparten af effekten ligger umiddelbart i årene efter tiltaget. Emissionsreduktionen er vist i tabel 2.10.

Tabel 2.10. Reduktion i emissionerne i scenariet med skrotningspræmie for ovne før 2000.

2030	PM_{2,5}, ton	NO_x, ton	NM VOC, ton	BaP, ton	PCDD/F, g	BC, ton	CH₄, ton
Basisfremskrivning	7403	2884	7455	871	6,45	1407	1691
Skrotningspræmie	7252	2892	7344	843	6,26	1399	1639
Reduktion	151	-8	111	28	0,19	8	52
Reduktion, %	2,0	-0,3	1,5	3,2	2,9	0,6	3,1

Samlet emissionseffekt for de to scenarier for brændeovne

Tabel 2.11 viser den samlede effekt af de to tiltag.

Tabel 2.11. Reduktion i emissionerne i scenarierne med skrotning af gamle brændeovne ved ejerskifte samt skrotningspræmie.

2030	PM_{2,5}, ton	NO_x, ton	NM VOC, ton	BaP, ton	PCDD/F, g	BC, ton	CH₄, ton
Basisfremskrivning	7403	2884	7455	871	6,45	1407	1691
Ejerskifte+skrotningspræmie	6424	2925	6967	695	5,33	1350	1360
Reduktion	979	-41	488	176	1,12	57	331
Reduktion, %	13	-1,4	6,5	20	17	4,0	20

Det ses, at de to tiltag samlet bidrager til en reduktion i PM_{2,5}-emissionen på samlet 979 ton svarende til 13 %. Som beskrevet ovenfor er der foretaget en række antagelser for begge de foreslåede virkemidler, og estimaterne er derfor behæftet med betydelig usikkerhed.

F.eks. kan en skrotningspræmie være stort set uden effekt, hvis den ikke bidrager med skrotninger, men kun bidrager med 3.000 udskiftninger i

¹ Efter beregningen i denne analyse, er det meldt ud, at beløbet forventes at dække ca. 19.000 udskiftninger/skrotninger, da der er udgifter forbundet med ordningen.

forhold til basisfremskrivningen. I så fald vil betydningen af dette tiltag i 2030 gå fra en faldende emission på 151 ton til en effekt på stort set nul.

Klimagevinster for de to scenarier for brændeovne

Ud over effekten for helbredsskadelig luftforurening vil der også være en klimagevinst ved at reducere partikelemissionerne i form af BC (Black Carbon), og denne gevinst vil være større for ældre brændeovne, da de har højere BC-emissioner pr. energienhed sammenlignet med nyere ovne.

Brændefyring er i princippet CO₂-neutral, hvis træet kommer fra bæredygtigskovdrift, hvor skoven ikke leverer mere end tilvæksten. Det er dog ikke helt så simpelt, idet forbrænding af træ fører til dannelse af sod (BC-Black Carbon), og BC tilhører de såkaldte kortlevede drivhuskomponenter. DCE har tidligere lavet en grov overslagsberegning over klimaeffekten af BC fra brændefyring i 2015 i Danmark (Jensen et al., 2018b). I dette overslag er det forudsat, at brændefyring erstatter fyringsolie og dermed sparer CO₂. Klimaeffekten af CO₂ og BC tager udgangspunkt i opvarmningspotentialet fra FN's klimapanel (GWP – Global Warming Potential). Beregningen viser samme størrelsesorden for opvarmningspotentialet for den sparede CO₂ (-1,8 mio. GWP) og den udledte BC (+1,7 mio. GWP). Selvom det er en grov overslagsberegning og forudsætningerne om GWP for BC er usikre illustrerer det, at brændefyring i 2015 langt fra er CO₂-neutral. Tilsvarende hvis al brændefyring ikke antages at erstatte olie, ville brændefyring i 2015 faktisk øge klimabelastningen.

Herudover vil der også være en klimagevinst ved at reducere CH₄, som er en omkring 25 gange så kraftig drivhusgas som CO₂.

2.3 Klimascenariet i forhold til andre fremskrivninger

Tabel 2.12 viser emissionerne i 2016, 2020 og 2030 for basisfremskrivningen (WM), for scenariet med yderligere tiltag (WAM), samt for klima-scenariet i 2030 bestående af de 3 scenarier inden for vejtransportsektoren og 2 scenarier for brændeovne. Endvidere sammenlignes det kombinerede maks. scenarie bestående af WAM plus klimascenariet med basisscenariet. Danmarks reduktionsforpligtelser for 2020 og 2030 omregnet til et nationalt emissionsloft for danske emissioner er også vist. Det tidligere emissionsloft for 2010 er ligeledes præsenteret.

Tabel 2.12. Emissionslofter og reduktionsforpligtigelser for Danmark (fra Nielsen et al., 2018a).

	Enhed	SO ₂	NO _x	NMVOC	NH ₃	PM _{2,5}
Emissionsloft – 2010*	Tons	55000	127000	85000	69000	n.a.
Reduktionsforpligtigelse 2020	%	35	56	35	24	33
Reduktionsforpligtigelse 2030	%	59	68	37	24	55
Emissionsniveau – 2005	Tons	26212	188117	108577	88552	25636
'Emissionsloft' – 2020	Tons	17038	82771	70575	67300	17176
'Emissionsloft' – 2030	Tons	10747	60197	68403	67300	11536
Emission – 2016**	Tons	10240	96550	65550	75371	20549
Fremskrevet emission – 2020, WM	Tons	10727	78985	61713	72581	18470
Fremskrevet emission – 2020, WAM	Tons	10362	76421	61604	72551	18437
Fremskrevet emission – 2030, WM	Tons	12217	58880	58832	72038	15204
Fremskrevet emission – 2030, WAM	Tons	10531	53787	58059	71888	14880
Fremskrevet emission – 2030, Klima	Tons	12217***	56876	58832***	72038***	14194
Fremskrevet emission – 2030, WAM+Klima	Tons	10531	51783	58059	71888	13870
Reduktioner i forhold til WM	Enhed	SO₂	NO_x	NMVOC	NH₃	PM_{2,5}
WAM minus WM i 2030	Tons	-1686	-5093	-773	-150	-324
KLIMA minus WM i 2030	Tons	0***	-2004	0***	0***	-1010
WAM+KLIMA minus WM i 2030	Tons	-1686***	-7097	-773***	-150***	-1334

* Danmark har fået godkendt justeringer til emissionerne af NMVOC og NH₃. For flere oplysninger se Nielsen et al. (2018b).

** NO_x- og NMVOC-emissionerne for alle år er vist uden emissionerne for husdyrhold og landbrugsjorde (NFR kategorierne 3B og 3D), da disse er undtaget for reduktionstilsagn i NEC-direktivet.

*** Der er kun regnet emissionseffekter for NO_x og PM_{2,5}, og det er i beregningerne antaget, at emissioner for SO₂, NMVOC og NH₃ er som i basisscenariet, selvom nogle af tiltagene i klimascenariet også formodes at reducere disse forureninger.

For 2020 er emissionerne af SO₂, NO_x og NMVOC i WM-scenariet under reduktionsmålet. For 2030 er NO_x og NMVOC fremskrevet til at være under reduktionsmålet. For SO₂ er emissionen lige under reduktionsmålet i WAM-fremskrivningen.

I både WM- og WAM-scenarierne ligger den fremskrevne emission for NH₃ og PM_{2,5} væsentligt over reduktionsmålene for 2020 og 2030.

I basisscenariet er PM₁₀-emissionen også fremskrevet, men ikke vist i denne sammenhæng, da der ikke er et selvstændigt reduktionsmål for PM₁₀.

I Nielsen et al. (2018a) er der bl.a. redegjort for en række scenarier for NH₃ og PM_{2,5}, som reducerer emissionen med henblik overholdelse af emissionslofterne i 2020 og 2030. For NH₃ er det scenarier for landbruget, og for PM_{2,5} er det scenarier for brændeovne og ikke-vejgående maskiner.

Emissionerne af NO_x, NMVOC, NH₃ og PM_{2,5} reduceres alle fra 2016 til 2020 og videre til 2030 i basisscenariet. SO₂ er den eneste forurening, hvor der forventes en stigning i emissioner fra 2016 til 2020 og videre til 2030 i basisscenariet, hvilket skyldes øget kulforbrug i basisscenariet. Det alternative scenarie for energisektoren har for alle stoffer lidt lavere emissioner end basisscenariet i 2020 og 2030.

Klimascenariet i 2030 omfatter de tiltag, der er beskrevet i kapitel 2.1 og 2.2. Der er udelukkende beregnet samlede emissioner af NO_x og PM_{2,5} for

2030. For NO_x ses en reduktion som følge af de beskrevne tiltag på omkring 2.000 tons, mens der for $\text{PM}_{2,5}$ er beregnet en reduktion på omkring 1.000 tons i forhold til basisfremskrivningen. For trafiksektoren reduceres NO_x emissionen med 2.046 tons mens den for brændeovne øges med 41 tons pga. mere moderne ovne, hvilket giver den samlede reduktion på omkring 2.000 tons. For brændeovne reduceres $\text{PM}_{2,5}$ emissionen med 979 tons mens reduktionen for trafiksektoren kun er 30 tons, hvilket til sammen giver omkring 1.000 tons. Reduktionerne i NO_x emissionen er således helt bestemt af reduktionerne i trafiksektoren, mens reduktionerne i $\text{PM}_{2,5}$ helt er bestemt af brændeovnene.

I det kombinerede maksimale scenarie WAM+KLIMA reduceres NO_x med omkring 7.100 tons og $\text{PM}_{2,5}$ med omkring 1,300 tons i forhold til basisfremskrivningen. Effekterne for luftkvaliteten af dette maksimale scenarie er ikke beregnet.

2.4 Anvendte emissioner i luftkvalitetsberegningerne

I de gennemførte beregninger er de danske emissioner i basisscenariet (WM) som vist i tabel 2.12. I Klimascenariet er der for NO_x og $\text{PM}_{2,5}$ anvendt emissioner svarende til 'Fremskrevet emission - 2030, Klima' i tabel 2.12, mens der for de øvrige stoffer er anvendt basisscenariet.

I WM-scenariet er de udenlandske emissioner landenes basisfremskrivning. I klimascenariet er det landenes basisfremskrivning, hvis NEC-direktivets reduktionstilsagn er overholdt, ellers er det sat til NEC-direktivets reduktionstilsagn for det pågældende land.

3. Udvikling i baggrundskoncentrationer

I det følgende opsummeres, hvordan basisfremskrivningen af emissioner, scenariet for yderligere tiltag, samt klimascenariet påvirker den forventede udvikling i baggrundskoncentrationerne.

3.1 Udvikling i baggrundskoncentrationer med høj opløsning

Tabel 3.1 viser de gennemsnitlige baggrundskoncentrationer for de 5 regioner i Danmark beregnet med DEHM/UBM for basisfremskrivningen og klimascenariet. Beregningerne er baseret på en geografisk opløsning på 1 km x 1 km. Af beregningstekniske grunde er Bornholm vist separat, selvom Bornholm er en del af Region Hovedstaden.

Tabel 3.1. Gennemsnitlige baggrundskoncentrationer med høj opløsning beregnet med DEHM/UBM i basisfremskrivningen (WM) og klimascenariet (Klima).

Region	2016	2030	Forskel 2030/2016	2030	Forskel 2030/2016
		WM	WM	Klima	Klima
PM _{2,5} (µg/m³)					
Nordjylland	6,4	5,3	-18%	5,1	-21%
Midtjylland	7,2	5,7	-20%	5,5	-23%
Syddanmark	8,3	6,4	-22%	6,2	-25%
Hovedstaden	8,2	6,5	-20%	6,2	-24%
Sjælland	8,4	6,6	-22%	6,3	-25%
Bornholm	7,7	6,2	-20%	5,9	-23%
PM ₁₀ (µg/m³)					
Nordjylland	9,8	8,7	-12%	8,4	-14%
Midtjylland	10,3	8,8	-14%	8,5	-17%
Syddanmark	11,3	9,4	-16%	9,1	-20%
Hovedstaden	10,4	8,8	-15%	8,4	-20%
Sjælland	10,7	8,9	-16%	8,6	-20%
Bornholm	9,5	8,0	-16%	7,7	-19%
NO ₂ (µg/m³)					
Nordjylland	5,8	4,6	-20%	4,6	-22%
Midtjylland	6,3	4,6	-27%	4,5	-28%
Syddanmark	7,0	5,1	-27%	5,0	-29%
Hovedstaden	11,2	7,7	-31%	7,4	-34%
Sjælland	8,7	6,6	-24%	6,5	-25%
Bornholm	5,5	4,8	-14%	4,7	-15%

For basisfremskrivningen ses, at baggrundskoncentrationerne med høj opløsning af PM_{2,5} forventes at blive reduceret med 18-20% i 2030 i forhold til 2016, og for PM₁₀ med 12-16% samt 14-31% for NO₂.

I klimascenariet er de procentvise reduktioner lidt større i 2030 i forhold til basisfremskrivningen, hvilket afspejler, at emissionerne er lidt lavere i klimascenariet. I klimascenariet forventes PM_{2,5} at blive reduceret med 21-25% i 2030 i forhold til 2016, og for PM₁₀ med 14-20% samt 15-34% for NO₂.

4. Udvikling i bybaggrundskoncentration og eksponeringsindikator

I dette kapitel beskrives udviklingen i bybaggrundskoncentrationen for NO₂ og PM₁₀ og den gennemsnitlige eksponeringsindikator for PM_{2,5} for basisfremskrivningen og klimascenariet. Bybaggrundskoncentrationen er beregnet med DEHM/UBM. I Bilag 2 er vist figurer for den geografiske koncentrationsfordeling over Danmark af luftforureningen for en række stoffer.

4.1 Udvikling i bybaggrundskoncentration for NO₂ og PM₁₀

I tabel 4.1 er vist udviklingen i bybaggrundskoncentrationer for NO₂ og PM₁₀ for samme placering som bybaggrundsmålestationerne i København, Aarhus, Odense og Aalborg. Placering og yderligere information om bybaggrundsmålestationerne kan ses på DCE's hjemmeside (<http://envs.au.dk/videnudveksling/luft/maaling/stationer/>).

Tabel 4.1. Bybaggrundskoncentrationer af NO₂ og PM₁₀ beregnet med DEHM/UBM.

µg/m ³		2016	2030	Forskel 2030/2016	2030	Forskel 2030/2016
By	målestation	WM	WM	WM	Klima	Klima
NO ₂						
København	H.C. Ørsted	13,8	8,5	-39%	8,0	-42%
Odense	Rådhus	12,1	7,9	-35%	7,5	-38%
Aarhus	Botanisk Have	15,8	11,0	-30%	10,6	-33%
Aalborg	Østerbro	13,5	10,5	-22%	10,2	-24%
PM ₁₀						
København	H.C. Ørsted	10,2	8,8	-14%	8,4	-18%
Odense	Rådhus	11,0	9,2	-16%	8,7	-21%
Aarhus	Botanisk Have	10,9	9,4	-14%	8,9	-18%
Aalborg	Østerbro	10,1	8,9	-11%	8,5	-15%

Det ses, at bybaggrundskoncentrationen for NO₂ falder i klimascenariet i 2030 med 24-42% i forhold til 2016 for de fire byer. PM₁₀ reduceres tilsvarende med 15-21% i forhold til 2016. Faldet er et resultat af reduktioner i såvel den regionale baggrund beregnet med DEHM samt byens bidrag beregnet med UBM.

For både NO₂ og PM₁₀ er reduktionerne i bybaggrundskoncentrationerne i klimascenariet i 2030 kun lidt større end i basisscenariet.

De beregnede NO₂-koncentrationer i 2016 ligger på niveau med målingerne fra 2016 under Det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet, som ligger mellem 11 og 15 µg/m³ (Ellermann et al., 2017).

For PM_{10} undervurderer beregningerne koncentrationerne betydeligt i forhold til målinger, som kun udføres i København med et niveau på $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ellermann et al., 2017). Dette er dog forventeligt, bl.a. fordi beregningerne ikke inkluderer bidrag fra sekundært dannede organiske partikler i atmosfæren (SOA).

4.2 Udvikling i eksponeringsindikator for $PM_{2,5}$

Den gennemsnitlige eksponeringsindikator (Average Exposure Indicator) bestemmes som udgangspunkt som et gennemsnit over tre år for $PM_{2,5}$ ud fra målte koncentrationer på bybaggrundsstationer i byer for at afspejle befolkningens eksponering. Luftkvalitetsdirektivet opstiller nogle mål for 2020 for reduktion af denne eksponeringsindikator i forhold til 2010 (EU, 2008). Reduktionsmålene i procent er afhængige af udgangskoncentrationen i 2010. For Danmarks vedkommende foretages $PM_{2,5}$ -målinger på bybaggrundsstationer i København, Aarhus og Aalborg, og de seneste målinger for 2017 viser, at eksponeringsindikatoren er reduceret med 30% siden 2010, og dermed opfylder målet på 15% (Ellermann et al., 2018). I nærværende projekt er eksponeringsindikatoren modelleret og kun for det pågældende beregningsår.

Udviklingen i den gennemsnitlige eksponeringsindikator for $PM_{2,5}$ er vist for København, Aarhus, Odense og Aalborg i tabel 4.2. baseret på DEHM/UBM beregninger for det pågældende beregningsår på samme lokalitet som bybaggrundsmålestationerne.

Tabel 4.2. Udvikling i modelleret eksponeringsindikator for $PM_{2,5}$.

$PM_{2,5}$		2016	2030	Forskel 2030/2016	2030	Forskel 2030/2016
By	Målestation		WM	WM	Klima	Klima
København	H.C. Ørsted	8,1	6,5	-19%	6,3	-23%
Odense	Rådhus	8,6	6,7	-22%	6,4	-26%
Aarhus	Botanisk Have	8,2	6,6	-20%	6,3	-23%
Aalborg	Østerbro	6,9	5,7	-18%	5,5	-21%

Det ses, at den gennemsnitlige eksponeringsindikator for $PM_{2,5}$ i klimascenariet forventes at blive reduceret i intervallet 21-26% i 2030 i forhold til 2016 for de fire byer. Reduktionerne i 2030 er lidt større i klimascenariet end i basisscenariet.

For $PM_{2,5}$ undervurderer beregningerne koncentrationerne betydeligt i forhold til målinger, som udføres i København, Aarhus og Aalborg, som måles til hhv. $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, og $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ellermann et al., 2017). Dette er dog forventeligt, bl.a. fordi beregningerne ikke inkluderer bidrag fra sekundært dannede organiske partikler i atmosfæren (SOA).

5. Udvikling i gadekoncentration

I det følgende beskrives udviklingen i gadekoncentrationer for 98 udvalgte gadestrækninger i København med fremskrivninger af danske emissioner fra trafikken, og med udgangspunkt i beregninger af baggrundskoncentrationer med DEHM/UBM for hhv. basisfremskrivningen af emissioner og scenariet med yderligere tiltag i energisektoren.

5.1 Udvikling i trafikemissioner

Fremskrivning af emissionerne for trafikken er baseret på DCE's nationale emissionsmodel for vejtrafik (COPERT V) (Winther, 2018). Emissionsfaktorer for bytrafik for køretøjsgrupper: personbiler, varebiler, lastbiler (under 32t, over 32t) og busser (bybusser, turistbusser) er beregnet for 2016, 2020 og 2030. Herefter er den procentvise reduktion i emissioner beregnet i forhold til 2016, og implementeret i OSPM's emissionsmodul (gadeberegning). Denne analyse viste, at der kun sker marginale ændringer mellem benzin og diesel for person- og varebiler, og det er derfor antaget, at fordelingen mellem benzin og diesel er uændret.

For de 98 gader er det endvidere forudsat, at der ikke sker ændringer i trafikniveau, køretøjsfordeling eller rejsehastigheden.

WM-scenariet

Forudsætningerne for udvikling i trafikemissioner er vist i tabel 5.1 for WM-scenariet. Det er antaget, at ikke-udstødning er uændret.

Det ses, at NO_x-emissionen (i NO₂-enheder) forventes at blive reduceret med omkring 61 % fra 2016 til 2030. Partikeludstødningen estimeres til at falde med omkring 81 % fra 2016 til 2030.

Tabel 5.1. Udvikling i trafikemissioner som faktor i forhold til 2016 for WM-scenariet.

Brændstof	Køretøjskategori	Forskel 2016 til 2030 som faktor (2030/2016)	
		NO _x	PM udstødning
Diesel	Personbil	0,49	0,20
Benzin	Personbil	0,52	0,98
Diesel	Varebil	0,39	0,09
Benzin	Varebil	0,30	0,57
Diesel	Lastbil < 32t	0,13	0,12
Diesel	Lastbil > 32t	0,12	0,14
Diesel	Rutebus	0,10	0,10
Diesel	Turistbus	0,16	0,10
Total		0,39	0,19

Klimascenariet for vejtransport

Forudsætningerne for udvikling i trafikemissioner er vist i tabel 5.2 for WM-scenariet. For benzin- og dieselskøretøjer er reduktionen i emissionerne i klimascenariet de samme som i WM-scenariet. For elskøretøjer er NO_x-udledningen og PM-udstødningen nul.

Tabel 5.2. Udvikling i trafikemissioner som faktor i forhold til 2016 for klimascenarierne for vejtransport (1 mio. elpersonbiler, elrutebusser og eltaxier i 2030).

Forskel 2016 til 2030 som faktor (2030/2016)				
Drivmiddel	Køretøj	NO _x	PM-udstødning	PM _{2,5} ikke-udstødning
Diesel	Personbil	0,49	0,20	1,00
Benzin	Personbil	0,52	0,98	1,00
El	Personbil	0,00	0,00	1,00
El	Taxi	0,00	0,00	1,00
Diesel	Varebil	0,39	0,09	1,00
Benzin	Varebil	0,30	0,57	1,00
Diesel	Lastbil < 32t	0,13	0,12	1,00
Diesel	Lastbil > 32t	0,12	0,14	1,00
El	Rutebus	0,00	0,00	1,00
Diesel	Turistbus	0,16	0,10	1,00

For at kunne gennemføre beregningerne i OSPM er det endvidere nødvendigt at have den procentvise fordeling mellem drivmiddeltyper inden for en køretøjskategori for de køretøjskategorier, som berøres af elkøretøjer. For scenariet med 1 mio. elpersonbiler er den procentvise fordeling for personbiler mellem hhv. diesel, benzin og el i 2030: 24,8%, 45,0% og 30,2%, totalt 100%.

For scenariet om elrutebusser er alle rutebusser sat til nul emission for NO_x- og PM-udstødning, og det samme for eltaxier.

5.2 Udvikling i koncentrationen for 98 gader i København

I tabel 5.3 er vist beregnede gennemsnitlige koncentrationer samt min. og maks. for 98 udvalgte gadestrækninger i København. Det er de samme gader, som der foretages beregninger for hvert år under Det nationale måleprogram for luftkvalitet (Ellermann et al., 2017). Beregningerne er udført med OSPM med input om baggrundskoncentrationer fra DEHM/UBM. "Gade" betegner således gadekoncentrationer (OSPM), "Byb." er bybaggrundskoncentrationer (UBM) og "Reg." er regionale koncentrationer (DEHM).

Da beregningerne for PM_{2,5} og PM₁₀ undervurderer koncentrationerne i forhold til målingerne på de to gademålestationer i København, er der foretaget en kalibrering. Kalibreringsfaktoren for PM_{2,5} er 1,26, mens den for PM₁₀ er 1,46. Der er ikke foretaget nogen kalibrering for NO₂. De beregnede koncentrationer ligger herefter på samme niveau som målingerne fra 2016 under Det nationale overvågningsprogram (Ellermann et al., 2017).

Ændringer af gadekoncentrationen for de 98 gader afspejler derfor den forventede reduktion i emissionerne fra trafikken og udviklingen i bybaggrundskoncentrationen beregnet med DEHM/UBM.

Tabel 5.3. Beskrivende statistik for udvikling i koncentrationer for 98 gader i København i forskellige scenarier.

		Basis 2016			2030 WM			2030 Klima		
		Gade	Byb.	Reg.	Gade	Byb.	Reg.	Gade	Byb.	Reg.
Gns.	NO ₂	29,3	13,7	5,0	15,5	8,7	3,5	13,6	8,2	3,4
Maks.	NO ₂	46,7	15,5	5,1	23,5	9,7	3,6	19,9	9,4	3,5
Min.	NO ₂	18,0	12,4	4,8	11,1	7,9	3,5	10,1	7,5	3,3
Gns.	PM _{2,5}	12,8	10,8	9,3	9,7	8,2	7,1	9,4	7,9	6,8
Maks.	PM _{2,5}	15,2	11,1	9,6	11,7	8,5	7,3	11,3	8,1	7,0
Min.	PM _{2,5}	11,4	10,6	9,1	8,7	8,1	6,9	8,3	7,7	6,7
Gns.	PM ₁₀	21,4	15,5	13,4	18,1	12,8	10,9	17,5	12,2	10,5
Maks.	PM ₁₀	28,5	15,8	13,9	24,7	13,1	11,3	24,0	12,6	11,0
Min.	PM ₁₀	17,6	15,1	12,9	14,5	12,4	10,5	13,9	11,8	10,1

For NO₂ falder den gennemsnitlige gadekoncentration for de 98 gader i København fra 29,3 µg/m³ i 2016 til 13,6 µg/m³ i 2030 i klimascenariet. Klimascenariet har noget lavere NO₂-koncentrationer end basisscenariet, hvilket skyldes, at elbiler, eltaxier og elrutebusser reducerer NO_x-emissionen. Der er kun marginal forskel på bybaggrundskoncentrationerne i klimascenariet og basisscenariet, som det også blev vist i kapitel 3, og derfor er reduktionen i gadekoncentrationen primært drevet af reduktion i emissionen fra trafikken i den pågældende gade.

For PM_{2,5} falder den gennemsnitlige gadekoncentration fra 12,8 µg/m³ i 2016 til 9,4 µg/m³ i 2030 i klimascenariet.

For PM₁₀ falder den gennemsnitlige gadekoncentration fra 21,4 µg/m³ i 2016 til 17,5 µg/m³ i 2030 i klimascenariet.

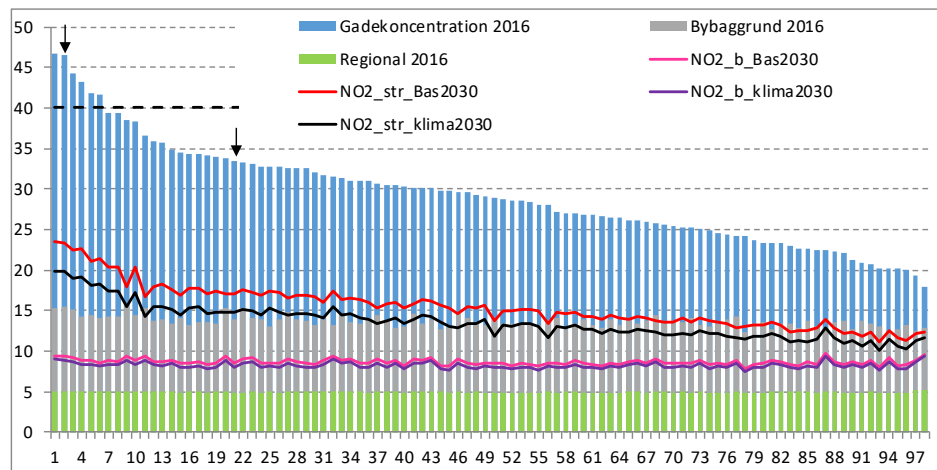
For PM_{2,5} og PM₁₀ er der marginal forskel mellem basisscenariet og klimascenariet. Den procentvise reduktion er ikke så stor, som for NO₂. Det skyldes, at det kun er partikeludstødningen, som reduceres. Partikeludstødningen udgør kun en lille del i forhold ikke-udstødningen i form af vejslid, dækslid og bremseslid, som er uændret.

5.3 Udvikling i gadekoncentration for de enkelte gader

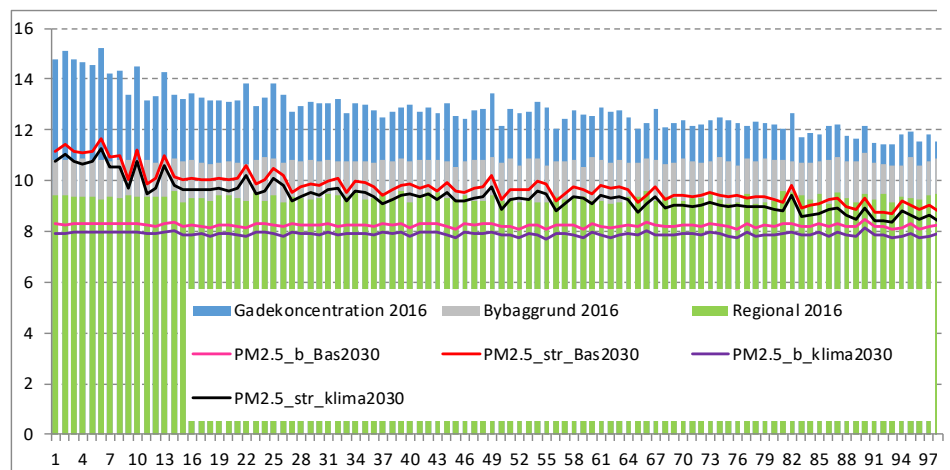
Udviklingen i gadekoncentration for de enkelte gader i København er vist i nedenstående figurer. Figurerne viser gadekoncentrationen i 2016 som søjlediagram for den enkelte vej, samt bidraget fra regional baggrund og bybaggrund. For 2030 er vist basisscenarier ("Bas") og klimascenariet ("klima") som kurver. "str" indikerer gadekoncentration og "b" baggrundskoncentration.

Gadenavne for og placering af de 98 gader er vist i Bilag 2 (Ellermann et al., 2017).

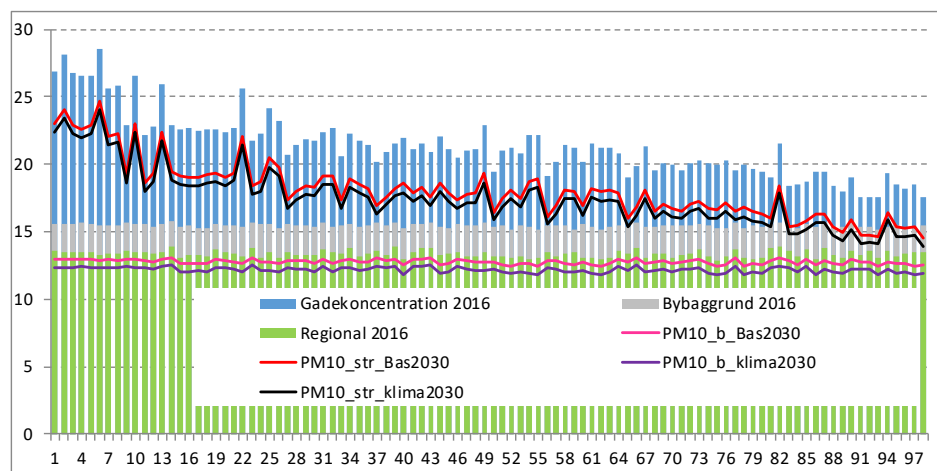
Gaderne er rangordnet efter beregnede NO₂-gadekoncentrationer i 2016, hvor den højeste er 1 og den laveste 98 (Figur 5.1). For PM_{2,5} (Figur 5.2) og PM₁₀ (Figur 5.3) er rækkefølgen af gaderne den samme som for NO₂.



Figur 5.1. NO₂-koncentration i µg/m³. Gaderne er rangordnet (1: højeste koncentration, 98: laveste koncentration). De to pile indikerer, at gaden også har en målestation. Pilen til venstre indikerer H.C. Andersens Boulevard og pilen til højre Jagtvej.



Figur 5.2. PM_{2.5}-koncentration i µg/m³. Gaderne har samme rækkefølge som i Figur 5.1.



Figur 5.3. PM₁₀-koncentration i µg/m³. Gaderne har samme rækkefølge som i Figur 5.1.

NO₂

Som det fremgår af Figur 5.1 indikerer beregningerne, at grænseværdien for NO₂ på 40 µg/m³ som årsmiddelværdi overskrides på seks ud af de 98 gader i 2016. Målingerne på H.C. Andersens Boulevard viser ligeledes en overskridelse i 2016, mens grænseværdien ikke er overskredet på Jagtvej (Ellermann et al. 2017). For 2017 er der ikke målt overskridelse på H.C. Andersens Boulevard, og der er heller ikke beregnet overskridelser (Ellermann et al. 2018).

Det ses, at trafikken i de enkelte gader giver et stort bidrag til gadekoncentrationen, da bybaggrundskoncentrationen i de fleste tilfælde er under halvdelen af gadekoncentrationen og helt ned til en tredjedel for gaderne med de højeste gadekoncentrationer i 2016. Da trafikens emission reduceres frem til 2030, falder det relative bidrag fra trafikken til gadekoncentrationen med tiden. Bybaggrundskoncentrationen reduceres også til 2030.

For NO₂ falder gadekoncentrationerne væsentligt for de 98 gader i København fra 2016 til 2030 i basisscenariet.

I gennemsnit er gadekoncentrationerne omkring 1,9 µg/m³ lavere i klimascenariet i forhold til basisscenariet. Derimod er baggrundskoncentrationerne i klimascenariet kun marginalt mindre end basisscenariet, i gennemsnit omkring 0,4 µg/m³. Reduktionerne i gadekoncentrationerne er derfor bestemt af reduktionen i emissionen fra trafikken. Der er mindre forskelle fra gade til gade, da der er forskelle i trafikniveau, køretøjssammensætning og rejsehastighed.

PM_{2,5} og PM₁₀

Grænseværdien på 25 µg/m³ for PM_{2,5} som årsmiddelværdi er ikke overskredet i 2016 (Figur 5.2).

Gadekoncentrationen for PM_{2,5} for de 98 gader i København falder væsentligt fra 2016 til 2030 i basisscenariet.

Klimascenariet har i gennemsnit 0,4 µg/m³ lavere gadekoncentrationer for PM_{2,5} i forhold til basisscenariet. For baggrundskoncentrationerne er forskellen i gennemsnit 0,3 µg/m³. Derfor skyldes de lavere gadekoncentrationer i klimascenariet i høj grad reduktionen i baggrundskoncentrationer og i mindre grad emissionsreduktionen for trafikken i gaderne. Det betyder i, at partikeludstødningen i 2030 udgør en meget lille del af den samlede emission fra trafikens udstødning og ikke-udstødning, og elektrificeringen af dele af vejtransporten reducerer kun udstødningen.

For PM₁₀ ses et tilsvarende billede som for PM_{2,5}, dog endnu mere udtalt, da trafikens ikke-udstødningsdel spiller en endnu større rolle for gadekoncentrationerne for PM₁₀ end for PM_{2,5}. Klimascenariet har i gennemsnit 0,6 µg/m³ lavere gadekoncentrationer for PM₁₀ i forhold til basisscenariet, og det samme ses for baggrundskoncentrationerne, hvor forskellen også i gennemsnit 0,6 µg/m³. Dvs. forskellen mellem klimascenariet og basisscenariet er domineret af forskellen mellem baggrundskoncentrationerne.

Grænseværdien på 40 µg/m³ for PM₁₀ som årsmiddelværdi er ikke overskredet i 2016.

Referencer

Aftaleparterne (2018). Energiaftale af 29. juni 2018. Regeringen (Venstre, Liberal Alliance og Det Konservative Folkeparti), Socialdemokratiet, Dansk Folkeparti, Enhedslisten, Alternativet, Radikale Venstre og Socialistisk Folkeparti.

Berkowicz, R. (2000a): A Simple Model for Urban Background Pollution. *Environmental Monitoring and Assessment* Vol. 65, Issue 1/2, pp. 259-267.

Berkowicz, R. (2000b): OSPM – A parameterised street pollution model. *Environ. Monit. Assess.* 65 (1/2), 323–331.

Brandt, J., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Palmgren, F., Berkowicz, R., Zlatev, Z. (2001): Operational air pollution forecasts from European to local scale. *Atmospheric Environment*, Vol. 35, Sup. No. 1, pp. S91-S98, 2001.

Brandt, J., J. D. Silver, L. M. Frohn, C. Geels, A. Gross, A. B. Hansen, K. M. Hansen, G. B. Hedegaard, C. A. Skjøth, H. Villadsen, A. Zare, and J. H. Christensen (2012): An integrated model study for Europe and North America using the Danish Eulerian Hemispheric Model with focus on intercontinental transport. *Atmospheric Environment*, Volume 53, June 2012, pp. 156-176, doi:10.1016/j.atmosenv.2012.01.011.

Christensen, J.H. (1997): The Danish Eulerian Hemispheric Model – a three-dimensional air pollution model used for the Arctic. *Atmospheric Environment*, 31, 4169–4191.

Ellermann, T., Nygaard, J., Nøjgaard, J.K., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketzel, M., Massling, A., Bossi, R. & Jensen, S.S. 2017. The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2016. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 78 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 234. <http://dce2.au.dk/pub/SR234.pdf>.

Ellermann, T., Nygaard, J., Nøjgaard, J.K., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketzel, M., Massling, A., Bossi, R. & Jensen, S.S. 2018. The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2017. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 83 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 281. <http://dce2.au.dk/pub/SR281.pdf>

EMEP/EEA, 2018: Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, prepared by the UNECE/EMEP Task Force on Emissions Inventories and Projections (TFEIP). Available at: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016> (17-01-2018).

Energistyrelsen, 2018: Energifremskrivning 2017-2030, april 2018.

EU (2008): EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/50/EF af 21. maj 2008 om luftkvaliteten og renere luft i Europa.

EU (2016): EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV (EU) 2016/2284 af 14. december 2016 om nedbringelse af nationale emissioner af visse luftforurenende stoffer, om ændring af direktiv 2003/35/EF og om ophævelse af direktiv 2001/81/EF.

Jensen, T.C. 2017: Dokumentation af konvertering af trafiktal til emissions-opgørelser, 30 pp. DTU Transport, 2017.

Jensen, S.S., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Brandt, J., Ketzel, M., Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Hertel, O., Ellermann, T. 2018a. Udvikling i luftkvalitet og helbredseffekter for 2020 og 2030 i relation til Nationalt program for reduktion af luftforurening (NAPCP). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 52 s. - Videnskabelig rapport nr. 300. <http://dce2.au.dk/pub/SR300.pdf>.

Jensen, S.S., Winther, M., Ketzel, M., Plejdrup, M.S. (2018b): Virkemiddelkatalog for luftforurening i Region Hovedstaden, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 102 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 268. <http://dce2.au.dk/pub/SR268.pdf>

Kakosimos, K.E., Hertel, O., Ketzel, M., Berkowicz, R., 2011. Operational Street Pollution Model (OSPM) - a review of performed validation studies, and future prospects. Environ. Chem. 7, 485–503.

Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Hjelgaard, K., Mikkelsen, M.H., Albrechtsen, R. & Thomsen, M. (2018a): Fremskrivning af emissioner. SO₂, NO_x, NMVOC, NH₃, PM_{2,5} og sod. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 75 s. - Videnskabelig rapport nr. 298 <http://dce2.au.dk/pub/SR298.pdf>

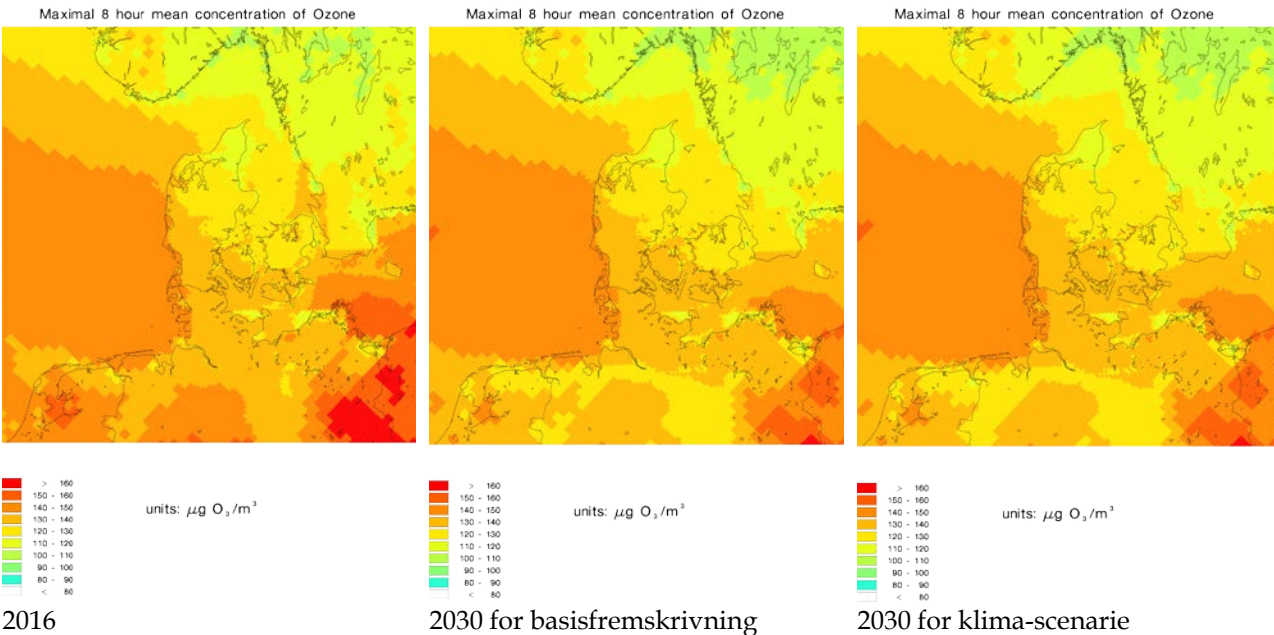
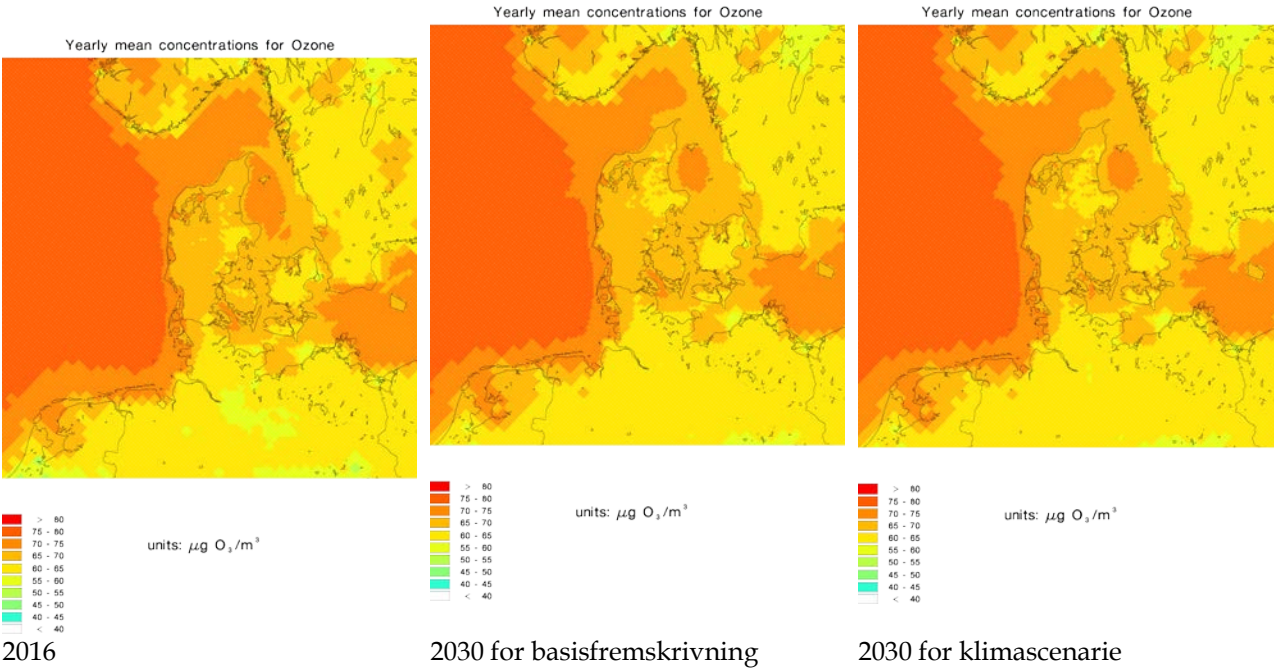
Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Nielsen, M., Gyldenkerne, S., Fauser, P., Albrechtsen, R., Hjelgaard, K.H., Bruun, H.G. & Thomsen, M. (2018b): Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE. Emission inventories from the base year of the protocols to year 2016. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 495 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 267 <http://dce2.au.dk/pub/SR267.pdf>

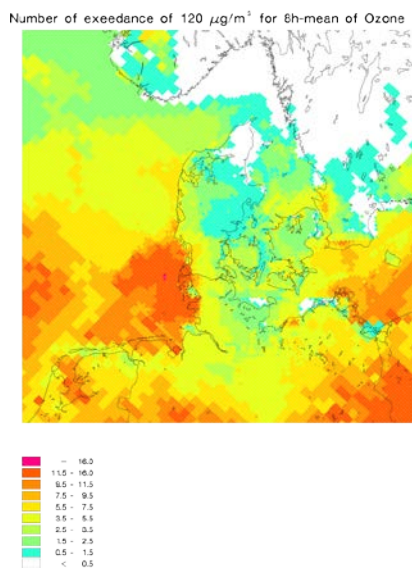
Plejdrup, M.S., Nielsen, O.-K., Gyldenkerne, S. & Bruun, H.G. 2018. Spatial high-resolution distribution of emissions to air – SPREAD 2.0. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 186 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 131 <http://dce2.au.dk/pub/TR131.pdf>

Regeringen, 2018: Sammen om en grønnere fremtid. Klima- og luftudspil. Oktober 2018. 42.

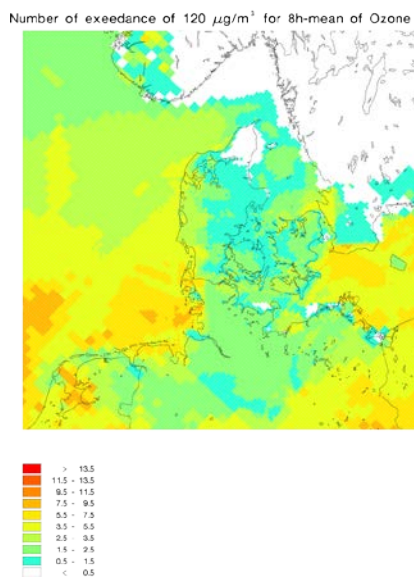
Winther, M. 2018: Danish emission inventories for road transport and other mobile sources. Inventories until the year 2016. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 127pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 277. <http://dce2.au.dk/pub/SR277.pdf>.

Bilag 1 Kort over regionale koncentrationer for basisfremskrivning og klimascenarie

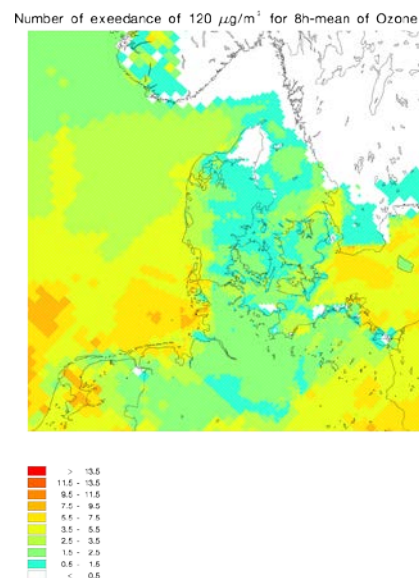




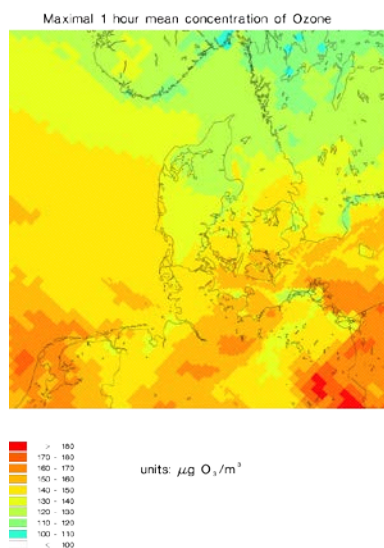
2016



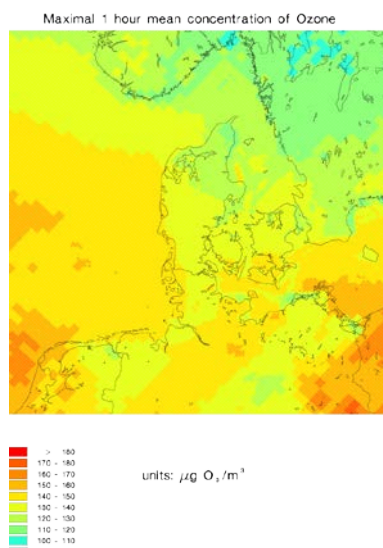
2030 for basisfremskrivning



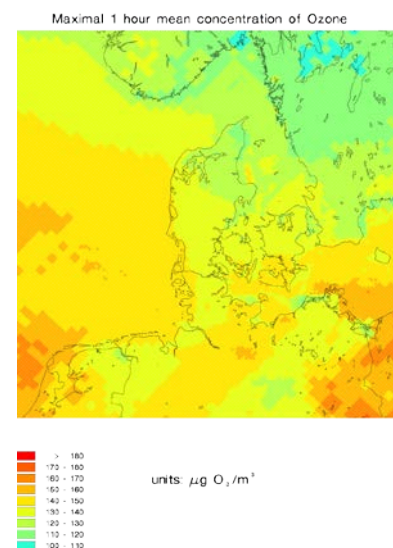
2030 for klimascenarie



2016



2030 for basisfremskrivning



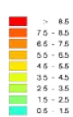
2030 for klimascenarie

Number of exceedance of information threshold 1h-mean of Ozon



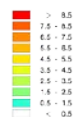
2016

Number of exceedance of information threshold 1h-mean of Ozon



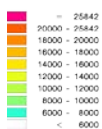
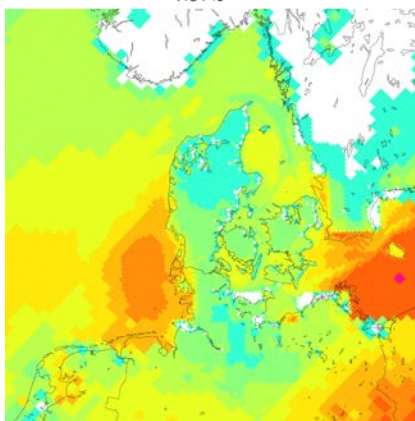
2030 for basisfremskrivning

Number of exceedance of information threshold 1h-mean of Ozon



2030 for klimascenarie

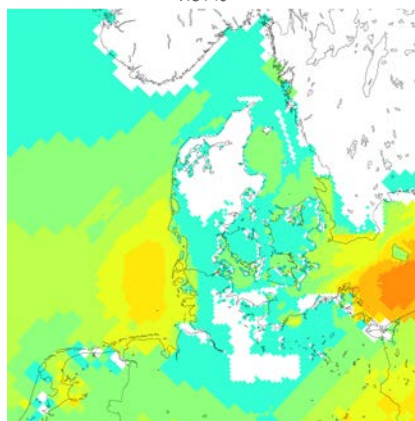
AOT40



units: $\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$ hour

2016

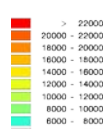
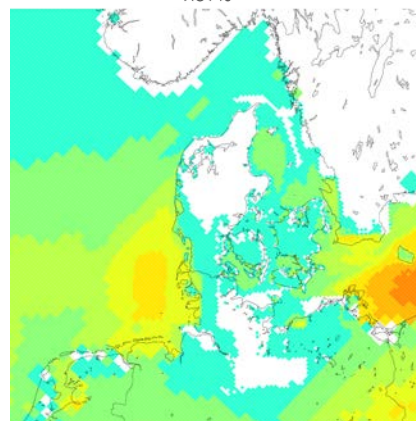
AOT40



units: $\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$ hour

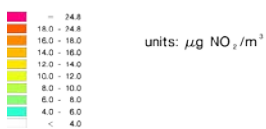
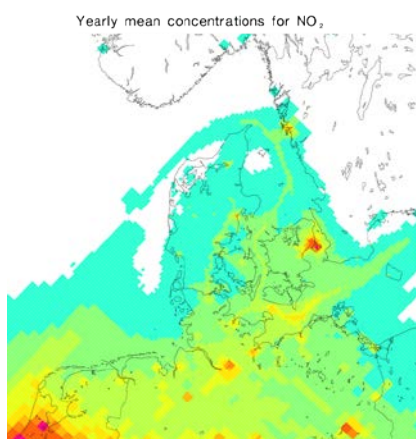
2030 for basisfremskrivning

AOT40

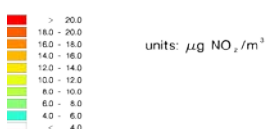
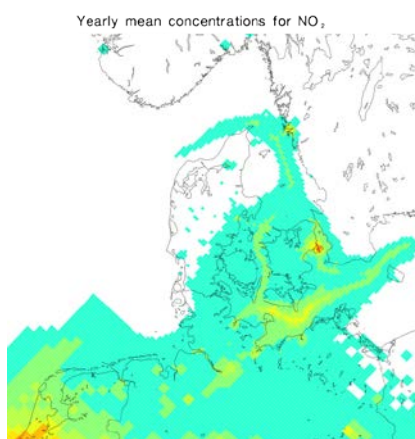


units: $\mu\text{g O}_3/\text{m}^3$ hour

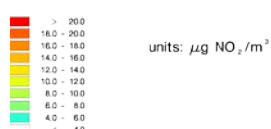
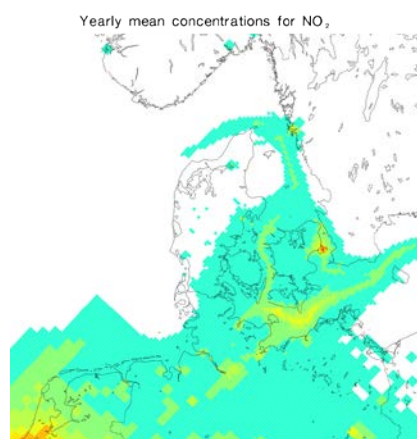
2030 for klimascenarie



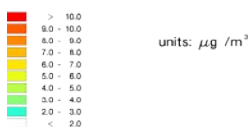
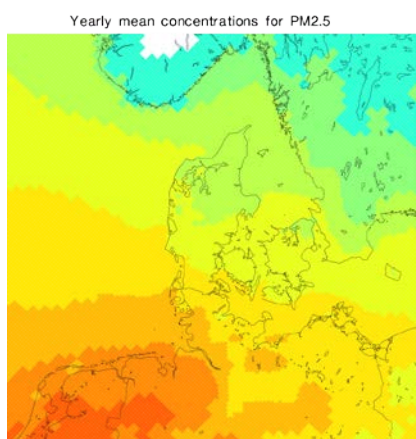
2016



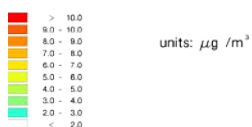
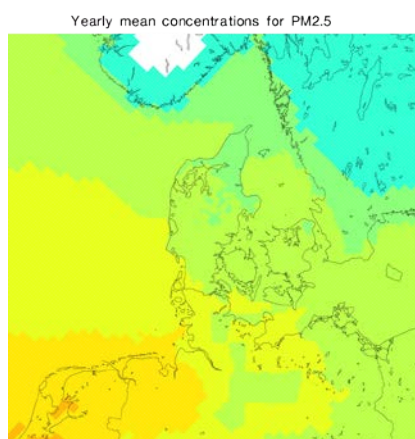
2030 for basisfremskrivning



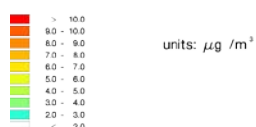
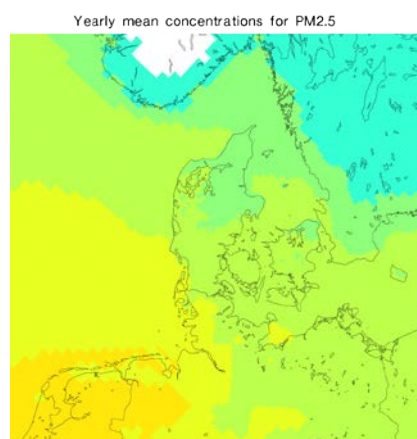
2030 for klimascenarie



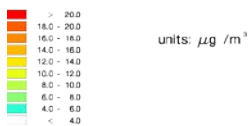
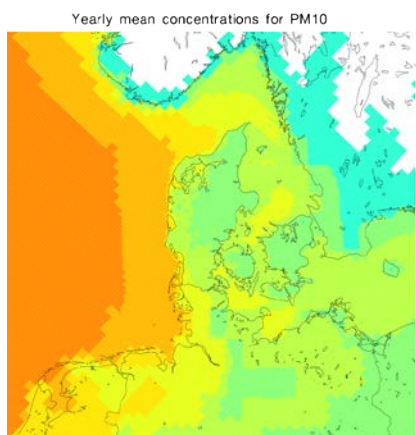
2016



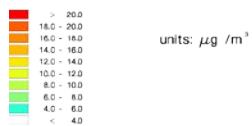
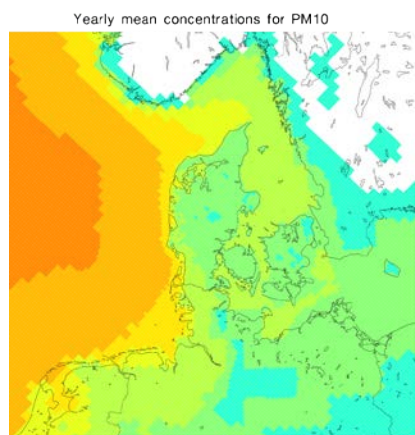
2030 for basisfremskrivning



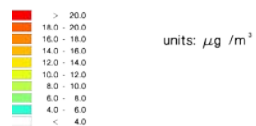
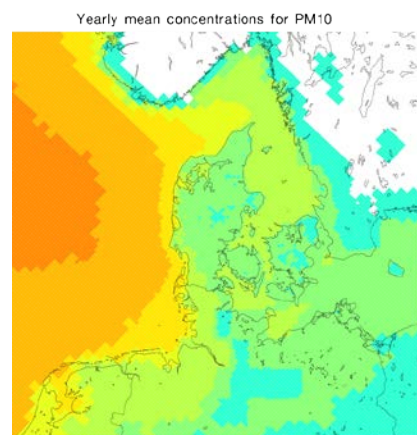
2030 for klimascenarie



2016



2030 for basisfremskrivning



2030 for klimascenarie

Bilag 2 Gadenavne for og placering af 98 gader i København

Tabel 1 og Figur 1 er fra årsrapporten for 2016 fra Det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet (Ellermann et al., 2017).

Table 1. Rank number and names for the street segments for 98 streets in Copenhagen. The streets are numbered (1-98) according to NO₂ levels in 2016 (1 = highest, 98 = lowest). The numbers in parentheses refer to different segments of the same street that has more than one model calculation. An asterisk (*) indicates a street segment with a measurement station.

No.	Street name	No.	Street name	No.	Street name
1	H C Andersens Boulevard(2)	34	Torvegade	67	Rebildvej
2	H C Andersens Boulevard(1)*	35	Gammel Kongevej(1)	68	Ingerslevsgade
3	H C Andersens Boulevard(3)	36	Tagensvej(3)	69	Tagensvej(4)
4	Øster Søgade	37	Gothersgade(1)	70	Godthåbsvej(2)
5	Gyldenløvesgade	38	Jagtvej(3)	71	Bülowsvej(2)
6	Ågade	39	Amagerbrogade(1)	72	Jagtvej(2)
7	Åboulevard(1)	40	Frederikssundsvej(8)	73	Røde Mellemvej(1)
8	Åboulevard(3)	41	Nørre Farimagsgade	74	Ålholmvej(2)
9	Stormgade	42	Amagerfælledvej	75	Frederikssundsvej(2)
10	Nørre Søgade	43	Toldbodgade	76	Tuborgvej(1)
11	Bernstorffsgade(1)	44	Søndre Fasanvej(2)	77	Øster Voldgade(2)
12	Vesterbrogade(1)	45	Strandvejen(1)	78	Frederiksborgvej(1)
13	Fredensgade	46	Nørre Voldgade(2)	79	Slotsherrensvej(2)
14	Amagerbrogade(2)	47	Nordre Fasanvej(3)	80	Peter Bangs Vej(1)
15	Frederikssundsvej(3)	48	Godthåbsvej(3)	81	Englandsvej(1)
16	Toftegårds Allé(1)	49	Folehaven(1)	82	Folke Bernadottes Allé
17	Enghavevej	50	Frederikssundsvej(1)	83	Blegdamsvej
18	Tagensvej(2)	51	Ålholmvej(1)	84	Peter Bangs Vej(2)
19	Østerbrogade(4)	52	Tagensvej(1)	85	Dag Hammarskjølds Allé
20	Bernstorffsgade(2)	53	Roskildevej(1)	86	Slotsherrensvej(1)
21	Jagtvej(1)*	54	Jyllingevej(1)	87	Amagerbrogade(3)
22	Lyngbyvej(2)	55	Tuborgvej(2)	88	Vesterfælledvej
23	Bredgade	56	Nørrebrogade	89	Bellahøjvej
24	Nordre Fasanvej(1)	57	Hillerødgade(1)	90	Gammel Køge Landevej(2)
25	P Knudsens Gade(2)	58	Gammel Køge Landevej(1)	91	Halmetgade
26	Tomsgårdsvej(2)	59	Kalvebod Brygge	92	Artillerivej
27	Hammerichsgade	60	Hillerødgade(3)	93	Frederiksborgvej(2)
28	H.C. Ørstedes Vej(2)	61	Grøndals Parkvej	94	Strandvænget(2)
29	Falkoner Alle(2)	62	Frederikssundsvej(5)	95	Vigerslevvej(2)
30	Vesterbrogade(3)	63	Hulgårdsvej(2)	96	Strandvejen(2)
31	Øster Voldgade(1)	64	Østerbrogade(1)	97	Røde Mellemvej(2)
32	Scandiegade	65	Istedgade	98	Englandsvej(2)
33	Vester Farimagsgade	66	Amager Boulevard		

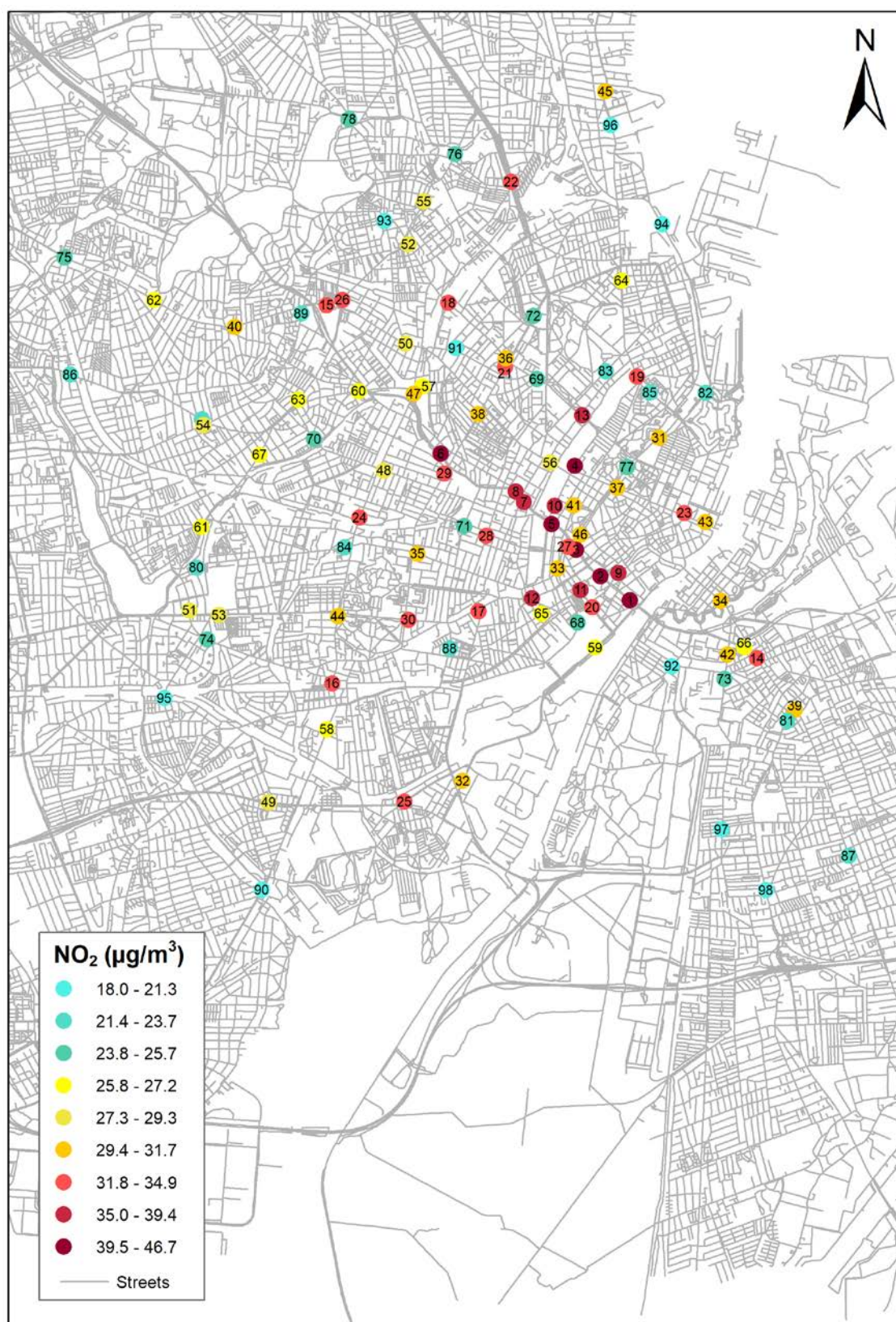


Figure 1. Map showing the locations of the selected streets in Copenhagen and the annual mean concentrations of NO₂ for 2016 together with the rank number visualised on top of the calculation point. The contribution from traffic in the street canyons is based on the street canyon model OSPM®. The urban background is obtained from calculations with the urban background model UBM with input from the regional scale model DEHM. The value for a street segment is for the side of the street with the highest annual mean concentration of the two sides. However, for streets with a measurement station it is the side where the station is located. The names and numbers for the streets are shown in table 3.3. The map can be viewed at a webGIS service, see <https://arcg.is/1Hv5vz0>

[Tom side]

UDVIKLING I LUFTKVALITET FOR 2030 I RELATION TIL NATIONALT PROGRAM FOR REDUKTION AF LUFTFORURENING (NAPCP)

– Effekter af udvalgte initiativer i regeringens klima- og
luftudspil

Rapporten beskriver den forventede udvikling i luftkvaliteten
som følge af basisfremskrivningen af emissioner og et
scenarie med udvalgte initiativer fra regeringens klima- og
luftudspil. Basisåret er 2016 og scenarieåret er 2030.
Resultaterne er baseret på luftkvalitetsberegninger (DEHM,
UBM, OSPM).