



UDVIKLING I LUFTKVALITET OG HELBREDSEFFEKTER FOR 2020 OG 2030 I RELATION TIL NATIONALT PROGRAM FOR REDUKTION AF LUFTFORURENING (NAPCP)

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 300

2019



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

UDVIKLING I LUFTKVALITET OG HELBREDSEFFETER FOR 2020 OG 2030 I RELATION TIL NATIONALT PROGRAM FOR REDUKTION AF LUFTFORURENING (NAPCP)

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 300

2019

Steen Solvang Jensen
Jesper H. Christensen
Lise M. Frohn
Jørgen Brandt
Matthias Ketzel
Ole-Kenneth Nielsen
Marlene Schmidt Plejdrup
Morten Winther
Ole Hertel
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. 300
Titel:	Udvikling i luftkvalitet og helbredseffekter for 2020 og 2030 i relation til Nationalt program for reduktion af luftforurening (NAPCP)
Forfatter(e):	Steen Solvang Jensen, Jesper H. Christensen, Lise M. Frohn, Jørgen Brandt, Matthias Ketzel, Ole-Kenneth Nielsen, Marlene Schmidt Plejdrup, Morten Winther, Ole Hertel, 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:	Januar 2019
Redaktion afsluttet:	December 2018
Faglig kommentering:	Camilla Geels
Kvalitetssikring, DCE:	Vibeke Vestergaard Nielsen
Sproglig kvalitetssikring:	Vibeke Vestergaard Nielsen
Finansiel 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 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
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Rapporten beskriver den forventede udvikling i luftkvaliteten og tilhørende helbredseffekter som følge af basisfremskrivning af emissioner og for et scenarie med yderligere tiltag for energisektoren. Endvidere beskrives udviklingen i afsætning af kvælstof til land- og vandområder. Basisåret er 2016 og scenarieårene er 2020 og 2030, og resultaterne er baseret på luftkvalitetsberegninger (DEHM, UBM, OSPM) og integreret modellering af helbredseffekter (EVA).
Emneord:	Emission, luftkvalitet, kvælstofafsætning, helbredseffekter, modellering
Layout:	Majbritt Ulrich
Foto forside:	Colourbox
ISBN:	978-87-7156-375-7
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	52
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/SR300.pdf

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
Formål og baggrund	6
Undersøgelsen	6
Hovedkonklusioner	7
Summary in English	11
Aim and background	11
The study	11
Main conclusions	12
1.1 Basisfremskrivning og scenarie med yderligere tiltag	15
1.2 Udvikling i regionale baggrundskoncentration	15
1.3 Udvikling i baggrundskoncentration med høj opløsning	16
1.4 Udvikling i gennemsnitlig eksponeringsindikator for PM _{2,5}	16
1.5 Udvikling i gadekoncentration	17
1.6 Udvikling i helbredseffekter	17
2.1 Basisscenarie og alternativt scenarie	18
2.2 Fremskrivning af emissioner	19
2.3 Anvendte emissioner i luftkvalitetsberegningerne	20
3.1 Udvikling i regionale baggrundskoncentrationer	21
3.2 Udvikling i baggrundskoncentrationer med høj opløsning	22
3.3 Udvikling i kvælstofafsætning	23
3.4 Kvælstofafsætning i forhold til tålegrænser	25
3.5 Geografisk fordeling af baggrundsforurening og kvælstofafsætning i basisfremskrivningen	26
4.1 Udvikling i bybaggrundskoncentration for NO ₂ og PM ₁₀	28
4.2 Udvikling i eksponeringsindikator for PM _{2,5}	29
5.1 Udvikling i trafikemissioner	30
5.2 Udvikling i koncentrationen for 98 gader i København	31
5.3 Udvikling i gadekoncentration for de enkelte gader	32
Referencer	38

Bilag 1 Kort over regionale koncentrationer og kvælstofdeposition i basisfremskrivning	41
Bilag 2 Kort over regionale koncentrationer og kvælstofdeposition i alternativt scenarie	46
Bilag 3 Gadenavne for og placering af 98 gader i København	51

Forord

Miljø- og Fødevarerministeriet har i 2018 anmodet DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi under Aarhus Universitet om at gennemføre et projekt med en række modelberegninger af scenarier for udviklingen i luftkvalitet, atmosfærisk afsætning og de helbredsskadelige effekter af luftforureningen.

Modelberegningerne er udført med de forventede emissioner (udledninger) til atmosfæren i 2020 og 2030. Dette indeholder dels et scenarie som dækker basisfremskrivning af de danske emissioner og dels et scenarie, som indeholder yderligere tiltag til reduktion i emissioner fra den danske energiproduktion. Basisfremskrivningen og det alternative scenarie er opstillet af Energi styrelsen, og DCE har beregnet emissionsfremskrivningen. Selve emissionsfremskrivningen er gennemført i et andet projekt, som DCE har udført for Miljøstyrelsen (Nielsen et al., 2018a).

Denne rapport beskriver resultaterne for luftkvalitetsberegninger med en regional baggrundsmode (DEHM) og en bybaggrundsmode (UBM) for basisfremskrivningen for 2016, 2020 og 2030 og scenariet med yderligere tiltag for 2020 og 2030 for stofferne NO₂, PM_{2.5}, PM₁₀ og O₃. Endvidere er kvælstofdepositionen (afsætning) beregnet.

Den gennemsnitlige eksponeringsindikator for PM_{2.5} er også beregnet for København, Aarhus, Odense og Aalborg. Den gennemsnitlig eksponeringsindikator (Average Exposure Indicator) bestemmes som udgangspunkt som et gennemsnit over tre år for PM_{2.5} ud fra målte koncentrationer på bybaggrundstationer i byer for at afspejle befolkningens eksponering. I nærværende projekt er indikatoren beregnet for hhv. 2016, 2020 og 2030 for samme placering som bybaggrundsmålestationerne.

Udviklingen i gadekoncentrationer er beregnet med gadeluftkvalitetsmodellen (OSPM) for NO₂, PM_{2.5} og PM₁₀ for 2016, 2020 og 2030 for 98 udvalgte gadestrækninger i København med fremskrivninger af danske emissioner fra trafikken, og med udgangspunkt i ovenstående beregninger af baggrundskoncentrationer.

EVA-systemet er anvendt til at beregne helbredseffekterne af luftkvaliteten i 2016, 2020 og 2030 med anvendelse af tilsvarende scenarier, som anvendt i DEHM og UBM.

For 2016 er anvendt samme modelforudsætninger som i Det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet, og ændringer i luftkvalitet og helbredseffekter for 2020 og 2030 er relateret hertil.

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

Sammenfatning

Formål og baggrund

Formålet med projektet er at gennemføre modelberegninger af scenarier for udviklingen i emissioner fra 2016 til 2020 og videre til 2030, samt at belyse hvilke konsekvenser det har for udviklingen i luftkvalitet, atmosfærisk afsætning og de helbredsskadelige effekter af luftforureningen. Der beregnes på et basisscenarie og et alternativt scenarie, hvor der er stillet yderligere reduktionskrav til energisektoren.

Projektets baggrund er krav stillet i medfør EU-direktivet fra 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 forpligtiget til løbende at vurdere udviklingen i de nationale emissioner og deres forventede udvikling, herunder gennemføre tiltag til reduktion af emissionerne for at nå de reduktionsmål, som er opstillet for Danmark i NEC-direktivet.

I NEC-direktivet er der opstillet nationale tilsagn for reduktion i emission, der gælder for 2020 og 2030 for de luftforurenende stoffer: 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). Emission af disse stoffer 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

Basisscenariet for Danmark er baseret på Energistyrelsens basisfremskrivning. Dette er en fremskrivning baseret på eksisterende vedtagne tiltag, også på engelsk kaldet "frozen policy". På engelsk kaldes basisfremskrivningen: 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). 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, varmegærker mv.) og mobil forbrænding (transport og ikke-vejgående maskiner) samt flygtige emissioner.

Udgangspunktet er 2016 og scenarieårene er 2020 og 2030.

Regionale baggrundskoncentrationer

Den regionale luftforurening beregnes 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

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

I nærværende projekt er eksponeringsindikatoren beregnet og kun for det pågældende beregningsår. Eksponeringsindikatoren er beregnet for København, Aarhus, Odense og Aalborg for samme X-Y koordinater som beliggenheden af bybaggrundmålestationerne.

Gadekoncentrationer

Udviklingen i gadekoncentrationer er beregnet 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 for 2016, 2020 og 2030 for basisfremskrivningen og for scenariet med yderligere tiltag.

Helbredseffekter

Helbredseffekter af luftforurening beregnes med det integrerede modelsystem EVA (Economic Valuation of Air pollution). I nærværende projekt er anvendt samme version af EVA-systemet som i Det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet for 2016. Samme befolkningsdata er antaget for scenarieårene.

Hovedkonklusioner

Udviklingen i emissioner

De danske emissioner 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 komponent, hvor der forventes en stigning i emissioner fra 2016 til 2020 og videre til 2030 i basisscenariet pga. af øget kulforbrug i basisscenariet. Det alternative scenarie for energisektoren har for alle stoffer lidt lavere emissioner end basisscenariet i 2020 og 2030.

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 (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.

Udvikling i kvælstofafsætning

Kvælstofafsætningen til landområder beregnet med DEHM forventes som gennemsnit for hele Danmark at blive reduceret med hhv. 7% og 15% i 2020 og 2030 i forhold til 2016 i basisscenariet og hhv. 12% og 21% i 2020 og 2030 i forhold til 2016 i det alternative scenarie. Reduktionerne i kvælstofafsætningen er en følge af reduktionerne i de danske emissioner af NO_x , men også mindre reduktioner i NH_3 samt tilsvarende udenlandske emissioner.

Kvælstofafsætningen til danske farvandsområder som gennemsnit forudses at blive reduceret med hhv. 8% og 18% i 2020 og 2030 i forhold til 2016 i basisscenariet. Reduktionen i det alternative scenarie er lidt større hhv. 12% og 24%, og er en følge af reduktionerne i danske emissioner af NO_x og NH_3 , og tilsvarende udenlandske emissioner.

Udviklingen i regionale koncentrationer

De regionale koncentrationer af $\text{PM}_{2.5}$ beregnet med DEHM forventes som gennemsnit for hele Danmark at blive reduceret med hhv. 9% og 20% i 2020 og 2030 i forhold til 2016, og for PM_{10} med hhv. 6% og 15% samt 11% og 25% for NO_2 i basisfremskrivningen.

I det alternative scenarie er de procentvise reduktioner lidt større i 2020 og 2030 i forhold til basisfremskrivningen, hvilket afspejler at emissionerne er lidt lavere i det alternative scenarie.

Udvikling i baggrundskoncentrationer med høj opløsning

De gennemsnitlige baggrundskoncentrationer for de 5 regioner i Danmark er også beregnet med DEHM/UBM for basisfremskrivningen og det alternative scenarie. Beregningerne er her baseret på en geografisk opløsning på 1 km x 1 km, dvs. en højere opløsning end, hvis kun DEHM indgår i beregningerne.

Som forventet er koncentrationerne højere ved den højere opløsning. Det skyldes, at den højere geografiske opløsning i emissionerne bedre afspejler den højere variation i koncentrationerne, hvor DEHM beregningerne grundet lavere opløsning fører til mere udglattede koncentrationer.

For basisfremskrivningen ses, at baggrundskoncentrationerne med høj opløsning af $\text{PM}_{2.5}$ forventes at blive reduceret for de 5 regioner med hhv. 8-11% og 18-20% i 2020 og 2030 i forhold til 2016, og for PM_{10} med hhv. 5-8% og 12-16% samt hhv. 6-14% og 14-31% for NO_2 . Intervallerne afspejler, at de procentvise reduktioner er forskellige fra region til region.

I det alternative scenarie er de procentvise reduktioner lidt større i 2020 og 2030 i forhold til basisfremskrivningen, hvilket afspejler, at emissionerne er lidt lavere i det alternative scenarie. $\text{PM}_{2.5}$ forventes at blive reduceret for de 5 regioner med hhv. 10-13% og 23-27% i 2020 og 2030 i forhold til 2016, og for PM_{10} med hhv. 7-10% og 15-20% samt hhv. 7-15% og 15-34% for NO_2 .

Udviklingen i bybaggrundskoncentrationerne i 4 byer

Bybaggrundskoncentrationen for NO_2 falder i basisscenariet i både 2020 og 2030 med hhv. 13-17% og 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 hhv. 6-7% og 11-16% i forhold til 2016.

Den gennemsnitlige eksponeringsindikator for PM_{2,5} i basisscenariet forventes at blive reduceret i intervallet hhv. 9-10% og 18-22% i 2020 og 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 stoffer er der få procentpoint yderligere reduktion i bybaggrundskoncentrationerne i scenariet med yderligere tiltag.

Udviklingen i gadekoncentrationer for 98 gader i København

Fremskrivning af emissionerne for trafikken er baseret på DCE's nationale emissionsmodel for vejtrafik (COPERT V). NO_x-emissionen forventes at blive reduceret med omkring 26% fra 2016 til 2020 og 61% fra 2016 til 2030. Partikeludstødningen er estimeret til at falde med omkring 44% fra 2016 til 2020 og 81% fra 2016 til 2030.

For NO₂ falder den gennemsnitlige gadekoncentration for de 98 gader i København fra 29 µg/m³ i 2016 til 24 µg/m³ i 2020 og videre til 15 µg/m³ i 2030 i basisscenariet. Der er kun marginal forskel mellem basisscenariet og det alternative scenarie, da baggrundskoncentrationerne kun er lidt mindre i det alternative scenarie i forhold til basisscenariet. Reduktionerne i gadekoncentrationerne er derfor drevet af reduktionen i emissionen fra trafikken i den pågældende gade.

For PM_{2,5} falder den gennemsnitlige gadekoncentration fra 13 µg/m³ i 2016 til 11 µg/m³ i 2020 og videre til 10 µg/m³ i 2030 i basisscenariet.

For PM₁₀ falder den gennemsnitlige gadekoncentration fra 21 µg/m³ i 2016 til 19 µg/m³ i 2020 og videre 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, og ikke-udstødningen i form af vejslid, dækslid og bremseslid, som udgør en langt større del end udstødningsdelen, er uændret.

For PM_{2,5} og PM₁₀ er der også marginal forskel mellem basisscenariet og det alternative scenarie.

Udviklingen i helbredseffekter

Udviklingen i sygelighed og dødelighed er beregnet med EVA-systemet.

I 2016 er der omkring 3.350 for tidlige dødsfald pga. al luftforurening fra både danske og udenlandske emissionskilder. I basisscenariet falder dette til omkring 3.050 i 2020 og yderligere til omkring 2.800 i 2030, dvs. et fald på hhv. 9% og 16%. I det alternative scenarie for energisektoren er reduktionen større end i basisscenariet med omkring 3.000 for tidlige dødsfald i 2020 og 2.600 i 2030, dvs. en reduktion på hhv. 11% og 22%.

Reduktionerne i antallet af for tidlige døde skyldes primært lidt lavere PM_{2,5}-koncentrationer pga. reduktion i danske og udenlandske emissioner af direkte udledte partikler samt stoffer, som bidrager til dannelse af sekundære partikler i atmosfæren.

Summary in English

Aim and background

The aim of the project is to conduct model calculations of scenarios for the development of emissions from 2016 to 2020 and beyond to 2030, and evaluate the impact on air quality, atmospheric nitrogen deposition, and the health effects of air pollution. The model calculations are on a baseline scenario and an alternative scenario with further reduction requirements for the energy sector.

The background for the project is the requirements of an 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

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'. That is 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.

Regional background concentrations

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

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 monitor stations.

Street concentrations

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 for 2016, 2020 and 2030 for the baseline scenario and the alternative scenario.

Health impacts

Health effects of air pollution are calculated with the integrated model system EVA (Economic Valuation of Air pollution). In this project the same version of the EVA system is used as in the Danish Air Quality Monitoring Programme for 2016. The same population is assumed for all years.

Main conclusions

Development in emissions

A reduction in Danish emissions of NO_x, NMVOC, NH₃ and PM_{2.5} is seen from 2016 to 2020 and beyond to 2030 in the baseline scenario. SO₂ is the only pollutant which is expected to increase in emissions from 2016 to 2020 and beyond to 2030 in the baseline scenario due to increased coal consumption in the baseline scenario. In the alternative scenario for the energy sector, all substances are expected to have slightly lower emissions than the baseline scenario in 2020 and 2030. Foreign emissions are also reduced from 2016 to 2020 and beyond to 2030. The foreign emissions are the same in the Danish baseline scenario (WM) and the alternative scenario (WAM).

Development in deposition of nitrogen

Nitrogen deposition to areas of land calculated with DEHM as average for the entire territory of Denmark is expected to decrease by 7% in 2020 and 15% in 2030 relative to 2016 in the baseline scenario. In the alternative scenario, dep-

osition is reduced by 12% in 2020 and 21% in 2030 in relation to 2016. Reductions in nitrogen deposition is a result of the reductions in national and international NO_x emissions but also smaller reductions in NH₃ emission.

Nitrogen deposition to Danish maritime areas as an average is predicted to decrease by 8% in 2020 and 18% in 2030 in relation to 2016 in the baseline scenario. The reduction in the alternative scenario is slightly higher, respectively, 12% and 24%, and is a result of the reductions in national and international emissions of NO_x and also NH₃.

Development in regional background concentrations

The regional concentrations of PM_{2.5} as an average for the entire territory of Denmark is expected to be reduced by 9% in 2020 and 20% in 2030 in relation to 2016, and for PM₁₀ by respectively 6% and 15%, and for NO₂ by respectively 11% and 25% in the baseline scenario. In the alternative scenario (WAM) the percentage reductions in 2020 and 2030 are a little higher as compared to the baseline, reflecting that the emissions are a little lower in the alternative scenario.

Development in background concentrations with high resolution

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

As expected higher resolution leads to higher concentrations due to the higher geographic resolution of emissions that result in higher variation in the concentration surface whereas DEHM calculations result in a more smooth concentration surface.

For the baseline the background concentrations of PM_{2.5} are reduced by respectively for the five regions 8-11% and 18-20% in 2020 and 2030 in relation to 2016, and for PM₁₀ by respectively 5-8% and 12-16%, and for NO₂ by respectively 7-15% and 15-34%. The interval indicates that the percentage reduction is different from region to region.

In the alternative scenario the percentage reductions in 2020 and 2030 are a little larger as compared to the baseline, reflecting that the emissions are a little lower in the alternative scenario. PM_{2.5} will be reduced by respectively 10-13% and 23-27% in 2020 and 2030 in relation to 2016, and for PM₁₀ respectively 7-10% and 15-20%, and for NO₂ respectively 7-15% and 15-34%.

Development in urban background concentrations in 4 cities

Urban background concentrations of NO₂ decrease in the baseline scenario with 13-17% in 2020 and 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 6-7% in 2020 and 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 9-10% in 2020 and 18-22% in 2030 in relation 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 further reduction in urban background concentrations in the alternative scenario.

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 26% from 2016 to 2020 and 61% from 2016 to 2030. Particle exhaust emission is estimated to decrease by about 44% from 2016 to 2020 and 81% from 2016 to 2030.

The average NO₂ concentration for the 98 streets in Copenhagen is expected to decrease from 29 µg/m³ in 2016 to 24 µg/m³ in 2020 and further to 15 µg/m³ in 2030 in the baseline scenario. There is only a marginal difference between the baseline scenario and the alternative scenario, as background concentrations are only a little lower in the alternative scenario compared to the baseline. Hence, the reduction in street concentrations is driven by the reduction in emissions from traffic in the specific street.

The average PM_{2.5} street concentration decreases from 13 µg/m³ in 2016 to 11 µg/m³ in 2020 and further to 10 µg/m³ in 2030 in the baseline scenario.

The decrease for PM₁₀ is from 21 µg/m³ in 2016 to 19 µg/m³ in 2020 and further 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, and non-exhaust emissions such as road wear, tire wear and brake wear that makes up a far greater share than the exhaust emission are unchanged.

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

Development in health impacts

Development in morbidity and mortality is calculated with the EVA system.

There are about 3,350 premature deaths due to all air pollution from both Danish and foreign emission sources in 2016. In the baseline scenario, the number of premature death decreases to about 3,050 in 2020 and further to about 2,800 in 2030, respectively, a decrease of 9% and 16%. In the alternative scenario, the reduction is greater than in the baseline scenario with about 3,000 premature deaths in 2020 and 2,600 in 2030, respectively, a decrease of 11% and 22%.

Reductions in the number of premature deaths is primarily due to slightly lower PM_{2.5} concentrations, but there is also a small contribution from slightly lower ozone concentrations in 2030. The lower concentrations are due to reduction in national and international emissions.

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 nøgellitteratur om modellerne.

1.1 Basisfremskrivning og scenarie med yderligere tiltag

Basisfremskrivningen for Danmark er baseret på Energistyrelsens basisfremskrivning. Dette er en fremskrivning baseret på eksisterende vedtagne tiltag, på engelsk kaldet "frozen policy". På engelsk kaldes basisfremskrivningen også: 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). 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, varmeværker mv.) og mobil forbrænding (transport og ikke-vejgående maskiner) samt flygtige emissioner. For den geografiske fordeling af emissionerne er anvendt SPREAD-modellen (Plejdrup et al., 2018).

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).

De europæiske emissioner er således ens i det danske basisscenarie og det alternative scenarie.

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/>).

Modeldomænet 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 i alle beregningsår.

Der er gennemført modelberegninger af udviklingen i de regionale baggrundskoncentrationer. Modelberegninger med DEHM af luftkoncentrationer af NO₂, PM_{2,5}, PM₁₀, ozon, og kvælstofdeposition (afsætning af kvælstof til land- og farvandsområder).

Beregningerne er gennemført for 2016, 2020 og 2030 med fremskrivninger af de danske emissioner, dels for basisfremskrivningen og dels for scenariet med yderligere tiltag, samt med fremskrivninger af udenlandske emissioner.

Der benyttes samme version af DEHM som i forbindelse med Det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet (Ellermann et al., 2017). I forhold til målinger af PM₂₅ 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 for 2016, 2020 og 2030 for basisfremskrivningen og for scenariet med yderligere tiltag.

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

Endvidere gennemføres beregninger for den gennemsnitlig 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 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 2016, 2020 og 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.

1.6 Udvikling i helbredseffekter

Det integrerede modelsystem, EVA (Economic Valuation of Air pollution) (Brandt et al., 2011a,b; 2013a,b; 2016a,b) er i stand til at beregne helbredseffekter af luftforurening og de tilhørende helbredsomkostninger fordelt på de forskellige typer af luftforurening og emissionssektorer. Dette kan gøres med en geografisk opløsning på 1 km x 1 km ud fra DEHM/UBM beregninger af luftkvaliteten, som kombineres med information om befolkningsdata på samme opløsning (for at få befolkningseksposeringen) og oplysninger om eksponerings-respons sammenhænge mellem befolkningseksposering og helbredseffekter samt data, hvor helbredseffekterne er værdisat.

I nærværende projekt er EVA-systemet alene anvendt til at beregne helbredseffekterne af luftkvaliteten i 2016, 2020 og 2030 med anvendelse af tilsvarende scenarier, som anvendt for DEHM og UBM. Bemærk at der er anvendt samme version af EVA-systemet som i Det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet for 2016 (Ellermann et al., 2017). Dette er version 4 af EVA-systemet med tilhørende dosis-respons funktioner for PM_{2,5}, O₃ og SO₂. Der arbejdes p.t. på at opdatere dosis-respons funktioner ud fra den seneste viden samt at inkludere helbredseffekter af NO₂. Der er forudsat samme befolkningsstørrelse og aldersfordeling i alle årene.

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. Fremskrivning af emissioner

I det følgende beskrives udviklingen i emissioner i basisfremskrivningen og et alternativt scenarie med yderligere tiltag. Energistyrelsen har opstillet scenarierne, og DCE har beregnet emissionsfremskrivningen i et andet projekt for Miljøstyrelsen (Nielsen et al., 2018a).

2.1 Basisscenarie og alternativt scenarie

De danske emissioner er fremskrevet til 2020 og 2030, dels i et basisscenarie og dels i et alternativt scenarie. Basisscenariet er baseret på en frozen policy tilgang, og omfatter effekten af vedtagne politikker og virkemidler indtil 2017. Denne fremskrivning benævnes også WM (With Measures).

I tillæg til denne fremskrivning er der regnet på et alternativt energiscenarie. Der er kun beregnet ændringer for energisektoren, som her omfatter stationær forbrænding (kraftværker, varmegværker mv.) og mobil forbrænding (transport og ikke-vejgående maskiner) samt flygtige emissioner. Dette alternative scenarie med yderligere tiltag benævnes WAM (With Additional Measures). I dette scenarie, hvor alle andre antagelser er holdt konstant, er den eneste forskel på de to scenarier det fremskrevne brændselsforbrug. Der er lidt lavere brændselsforbrug og en ændret fordeling af brændsler med mindre kulforbrug i det alternative scenarie i 2030. De vigtigste brændsler gennem fremskrivningsperioden er kul, naturgas, gasolie/diesel, benzin og biomasse. Grundlaget for fremskrivningerne er detaljeret beskrevet i en DCE rapport (Nielsen et al., 2018a). En sammenligning mellem de to energifremskrivninger for disse brændsler er vist i Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Sammenligning mellem basisfremskrivning og WAM-fremskrivning, PJ (Petajoule) fra Nielsen et al., 2018a.

Basisfremskrivning	2020	2030
Kul	51,0	86,5
Benzin	54,3	55,6
Diesel	144,1	142,6
Naturgas	85,2	80,0
Biogas/bionaturgas	19,5	21,3
Biomasse	157,3	152,2
Petroleumskoks	8,1	11,5
Total	520	550
WAM scenarie	2020	2030
Kul	55,1	17,4
Benzin	54,3	54,8
Diesel	143,2	140,9
Naturgas	80,8	64,6
Biogas/bionaturgas	19,4	21,8
Biomasse	157,0	150,1
Petroleumskoks	8,1	10,0
Total	518	460

I WAM-fremskrivningen indgår bl.a. et mindre forbrug af kul i 2030. Dette er ikke i overensstemmelse med Energiaftalen for 2018, der har en målsætning om 100% vedvarende energi til elproduktion i 2030 (Aftaleparterne, 2018). Energiaftalen blev dog først indgået i slutningen af juni 2018, dvs. efter at fremskrivningerne af Energistyrelsen blev udarbejdet. Energiaftalen for 2018 er således ikke med i grundlaget for fremskrivningen.

2.2 Fremskrivning af emissioner

Tabel 2.2 viser emissionerne i 2016, 2020 og 2030 for basisfremskrivningen (WM) og for scenariet med yderligere tiltag (WAM). Endvidere er vist Danmarks reduktionsforpligtigelserne for 2020 og 2030 omregnet til et nationalt emissionsloft for danske emissioner. Det tidligere emissionsloft for 2010 er også vist.

Tabel 2.2. 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

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

** 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.

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 2030 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.

2.3 Anvendte emissioner i luftkvalitetsberegningerne

I de gennemførte beregninger er de danske emissioner i basisscenariet (WM) som vist i Tabel 2.2. I det alternative scenarie (WAM) er forudsætningerne som i Tabel 2.2 for de stoffer, hvor reduktionstilsagnene er opfyldt (SO₂, NO_x, NMVOC). For de stoffer, hvor reduktionstilsagnene ikke er opfyldt (dvs. NH₃ and PM_{2,5}) er emissionslofterne i Tabel 2.2 anvendt.

De udenlandske emissioner er forskellige i den danske basisfremskrivning (WM) og alternativet (WAM). I WM-scenariet er de udenlandske emissioner landenes basisfremskrivning, og i WAM-scenariet er det landenes basisfremskrivning, hvis NEC-direktivets reduktionstilsagn er overholdt, ellers er det sat til NEC-direktivets reduktionstilsagn for det pågældende land. Dvs. at samme tilgang er anvendt for de udenlandske emissioner som for de danske emissioner.

3. Udvikling i regionale baggrundskoncentrationer og kvælstofafsætning

I det følgende opsummeres hvordan basisfremskrivningen af emissioner og scenariet for yderligere tiltag påvirker den forventede udvikling i de regionale baggrundskoncentrationer og kvælstofafsætning til land- og farvandsområder.

3.1 Udvikling i regionale baggrundskoncentrationer

I Tabel 3.1 er vist de gennemsnitlige regionale koncentrationer for de 5 regioner i Danmark samt gennemsnittet for hele Danmark beregnet med DEHM for basisfremskrivningen (WM) og det alternative scenarie (WAM). Beregningerne er baseret på en geografisk opløsning på 5,6 km x 5,6 km.

Tabel 3.1. Gennemsnitlige regionale koncentrationer beregnet med DEHM i basisfremskrivningen (WM) og alternativt energiscenarie (WAM) .

Region	2016	2020	Forskel		Forskel		Forskel		Forskel	
			2020/2016	2030	2030/2016	2020	2020/2016	2030	2030/2016	
			WM	WM	WM	WM	WAM	WAM	WAM	WAM
PM _{2,5} (µg/m ³)										
Nordjylland	4,4	4,1	-8%	3,7	-16%	4,0	-9%	3,5	-20%	
Midtjylland	4,9	4,5	-9%	4,0	-19%	4,4	-11%	3,7	-23%	
Syddanmark	5,6	5,1	-10%	4,4	-22%	4,9	-13%	4,2	-26%	
Hovedstaden	5,2	4,7	-9%	4,2	-19%	4,6	-12%	4,0	-24%	
Sjælland	5,5	4,9	-10%	4,4	-21%	4,8	-13%	4,1	-26%	
Danmark	5,1	4,7	-9%	4,1	-20%	4,5	-12%	3,9	-24%	
PM ₁₀ (µg/m ³)										
Nordjylland	7,6	7,2	-4%	6,9	-9%	7,1	-6%	6,7	-12%	
Midtjylland	7,7	7,2	-6%	6,7	-12%	7,1	-7%	6,5	-15%	
Syddanmark	8,5	7,9	-7%	7,3	-14%	7,8	-8%	7,0	-17%	
Hovedstaden	7,1	6,6	-7%	6,1	-14%	6,5	-9%	5,8	-18%	
Sjælland	7,6	7,0	-8%	6,4	-15%	6,9	-9%	6,2	-19%	
Danmark	7,8	7,3	-6%	6,8	-13%	7,2	-8%	6,6	-16%	
NO ₂ (µg/m ³)										
Nordjylland	3,5	3,2	-8%	2,8	-20%	3,2	-9%	2,8	-21%	
Midtjylland	4,0	3,6	-11%	3,0	-25%	3,5	-11%	3,0	-26%	
Syddanmark	4,6	4,0	-12%	3,4	-25%	4,0	-12%	3,4	-26%	
Hovedstaden	6,9	5,9	-14%	4,8	-31%	5,9	-14%	4,7	-33%	
Sjælland	5,5	4,9	-11%	4,2	-24%	4,8	-12%	4,1	-24%	
Danmark	4,5	4,0	-11%	3,4	-25%	4,0	-12%	3,3	-26%	

For basisfremskrivningen ses, at de regionale koncentrationer af PM_{2,5} som gennemsnit for hele Danmark forventes at blive reduceret med hhv. 9% og 20% i 2020 og 2030 i forhold til 2016, og for PM₁₀ med hhv. 6% og 15% samt hhv. 11% og 25% for NO₂.

I det alternative scenarie er de procentvise reduktioner lidt større i 2020 og 2030 i forhold til basisfremskrivningen, hvilket afspejler at emissionerne er lidt lavere i det alternative scenarie (se Tabel 2.2).

3.2 Udvikling i baggrundskoncentrationer med høj opløsning

I Tabel 3.2 er vist de gennemsnitlige baggrundskoncentrationer for de 5 regioner i Danmark beregnet med DEHM/UBM for basisfremskrivningen og det alternative scenarie. Beregningerne er baseret på en geografisk opløsning på 1 km x 1 km, dvs. en højere opløsning end, hvis kun DEHM indgår i beregningerne. Af beregningstekniske grunde er Bornholm vist separat, selvom Bornholm er en del af Region Hovedstaden.

Sammenlignes baggrundskoncentrationerne med lavere opløsning, dvs. DEHM beregningerne (Tabel 3.1) med baggrundskoncentrationerne med høj opløsning baseret på DEHM/UBM (Tabel 3.2), ses, at koncentrationerne er højere med den højere opløsningen. Dette er forventeligt, da den højere geografiske opløsning i emissionerne fører til højere variation i koncentrationerne, hvor DEHM beregningerne grundet lavere opløsning fører til mere udglattede koncentrationer. Dette er den væsentligste grund til at koncentrationerne er højere med DEHM/UBM i forhold til DEHM.

Endvidere indgår kun de 1 km x 1 km gitterceller i koncentrationsberegningerne, hvor der er befolkningsdata, da beregningerne teknisk set er koblet op på de efterfølgende EVA-beregninger. Det betyder, at gitterceller uden befolkningsdata ikke indgår, og dette vil typisk være gitterceller med lavere koncentrationer. Gennemsnitskoncentrationerne over regionerne er derfor ikke beregnet med det samme geografiske areal i DEHM beregningerne og DEHM/UBM beregningerne. Dette vil, alt andet lige, give lidt højere koncentrationer i DEHM/UBM beregningerne.

Tabel 3.2. Gennemsnitlige baggrundskoncentrationer med høj opløsning beregnet med DEHM/UBM i basisfremskrivningen (WM) og alternativt energiscenarie (WAM).

Region	2016	2020	Forskel 2020/2016	2030	Forskel 2030/2016	2020	Forskel 2020/2016	2030	Forskel 2030/2016
	WM	WM	WM	WM	WM	WAM	WAM	WAM	WAM
PM_{2,5} (µg/m³)									
Nordjylland	6,4	5,9	-8%	5,3	-18%	5,8	-10%	5,0	-23%
Midtjylland	7,2	6,5	-9%	5,7	-20%	6,3	-11%	5,4	-25%
Syddanmark	8,3	7,4	-11%	6,4	-22%	7,2	-13%	6,0	-27%
Hovedstaden	8,2	7,4	-9%	6,5	-20%	7,2	-12%	6,0	-27%
Sjælland	8,4	7,5	-10%	6,6	-22%	7,3	-12%	6,1	-27%
Bornholm	7,7	7,0	-10%	6,2	-20%	6,8	-12%	5,9	-24%
PM₁₀ (µg/m³)									
Nordjylland	9,8	9,3	-5%	8,7	-12%	9,2	-7%	8,4	-15%
Midtjylland	10,3	9,6	-7%	8,8	-14%	9,4	-8%	8,5	-18%
Syddanmark	11,3	10,4	-8%	9,4	-16%	10,2	-10%	9,0	-20%
Hovedstaden	10,4	9,7	-7%	8,8	-15%	9,5	-9%	8,3	-20%
Sjælland	10,7	9,9	-8%	8,9	-16%	9,7	-10%	8,5	-20%
Bornholm	9,5	8,8	-8%	8,0	-16%	8,6	-10%	7,7	-20%
NO₂ (µg/m³)									
Nordjylland	5,8	5,3	-10%	4,6	-20%	5,2	-11%	4,5	-23%
Midtjylland	6,3	5,6	-12%	4,6	-27%	5,5	-13%	4,5	-29%
Syddanmark	7,0	6,1	-13%	5,1	-27%	6,1	-13%	5,0	-29%
Hovedstaden	11,2	9,7	-14%	7,7	-31%	9,6	-15%	7,4	-34%
Sjælland	8,7	7,7	-11%	6,6	-24%	7,7	-12%	6,5	-26%
Bornholm	5,5	5,2	-6%	4,8	-14%	5,2	-7%	4,7	-15%

For basisfremskrivningen ses, at baggrundskoncentrationerne med høj opløsning af PM_{2,5} forventes at blive reduceret med hhv. 8-11% og 18-20% i 2020 og 2030 i forhold til 2016, og for PM₁₀ med hhv. 5-8% og 12-16% samt hhv. 6-14% og 14-31% for NO₂.

I det alternative scenarie er de procentvise reduktioner lidt større i 2020 og 2030 i forhold til basisfremskrivningen, hvilket afspejler at emissionerne er lidt lavere i det alternative scenarie (se Tabel 2.2). PM_{2,5} forventes at blive reduceret med hhv. 10-13% og 23-27% i 2020 og 2030 i forhold til 2016, og for PM₁₀ med hhv. 7-10% og 15-20% samt hhv. 7-15% og 15-34% for NO₂.

3.3 Udvikling i kvælstofafsætning

Landområder

I Tabel 3.3 er vist den gennemsnitlige kvælstofafsætning (N-deposition) til landområder for de 5 regioner i Danmark samt gennemsnittet for hele Danmark beregnet med DEHM for basisfremskrivningen (N-deposition i kg pr. hektar).

Tabel 3.3. Gennemsnitlig kvælstofafsætning til landområder opdelt på regioner og Danmark som helhed.

Region	2016	2020	Forskel 2020/2016	2030	Forskel 2030/2016	2020	Forskel 2020/2016	2030	Forskel 2030/2016
N-dep kgN/ha		WM	WM	WM	WM	WAM	WAM	WAM	WAM
Nordjylland	12,3	11,6	-6%	10,8	-12%	11,0	-10%	10,1	-18%
Midtjylland	13,5	12,6	-7%	11,6	-14%	12,0	-11%	10,9	-20%
Syddanmark	15,2	14,1	-8%	12,7	-16%	13,3	-12%	11,8	-23%
Hovedstaden	11,2	10,3	-8%	9,3	-17%	9,9	-12%	8,7	-22%
Sjælland	11,5	10,5	-9%	9,4	-18%	10,0	-13%	8,8	-24%
Danmark	13,3	12,3	-7%	11,3	-15%	11,8	-12%	10,5	-21%

Det ses, at kvælstofafsætningen til landområder som gennemsnit for hele Danmark forventes at blive reduceret med hhv. 7% og 15% i 2020 og 2030 i forhold til 2016 i basisscenariet og 12% og 21% i 2020 og 2030 i forhold til 2016 i det alternative scenarie. Reduktionerne i kvælstofafsætningen er en følge af reduktionerne i de danske emissioner af NO_x, men også mindre reduktioner i NH₃ (se Tabel 2.2) samt i udenlandske emissioner.

Farvandsområder

I Tabel 3.4 er vist den gennemsnitlige kvælstofafsætning til forskellige farvandsområder samt gennemsnittet for alle danske farvandsområder beregnet med DEHM for basisfremskrivningen (N-deposition i kg pr. hektar).

Tabel 3.4. Kvælstofafsætning til farvandsområder beregnet med DEHM.

Farvandsområde	2016	2020	Forskel 2020/2016	2030	Forskel 2030/2016	2020	Forskel 2020/2016	2030	Forskel 2030/2016
N-dep kgN/ha		WM	WM	WM	WM	WAM	WAM	WAM	WAM
Nordsøen – Alle danske områder	6,7	6,1	-8%	5,4	-19%	5,9	-12%	5,0	-25%
Skagerrak – Alle danske områder	6,6	6,1	-8%	5,4	-17%	5,8	-12%	5,1	-23%
Kattegat – Svenske områder	6,7	6,0	-9%	5,4	-19%	5,8	-14%	5,0	-25%
Kattegat – Alle danske områder	7,1	6,6	-8%	6,0	-16%	6,3	-12%	5,6	-22%
Nordlige Bælthav	7,9	7,2	-9%	6,5	-17%	6,8	-13%	6,0	-23%
Lillebælt	11,2	10,3	-8%	9,2	-18%	9,7	-14%	8,4	-26%
Storebælt	9,1	8,2	-9%	7,4	-19%	7,8	-14%	6,7	-26%
Øresund – Alle danske områder	7,4	6,8	-8%	6,1	-17%	6,5	-13%	5,7	-23%
Øresund – Svenske områder	7,5	6,8	-9%	6,1	-18%	6,5	-13%	5,7	-24%
Sydlig Bælthav	9,2	8,3	-10%	7,3	-21%	7,8	-15%	6,5	-29%
Østersøen – Alle danske områder	6,2	5,7	-8%	5,1	-18%	5,5	-12%	4,7	-24%
Alle danske farvandsområder	7,0	6,4	-8%	5,7	-18%	6,1	-12%	5,3	-24%

Det ses, at kvælstofafsætningen til danske farvandsområder som gennemsnit forventes at blive reduceret med hhv. 8% og 18% i 2020 og 2030 i forhold til 2016 i basisscenariet. Reduktionen i det alternative scenarie er lidt større hhv. 12% og 24%, og er en følge af reduktionerne i danske emissioner af NO_x og NH₃ (se Tabel 2.2) samt udenlandske emissioner.

3.4 Kvælstofafsætning i forhold til tålegrænser

En overordnet vurdering af den mulige miljøpåvirkning af kvælstofafsætningen kan foretages ved at sammenholde afsætningen med typiske tålegrænser for forskellige naturtyper. Bemærk at en mere præcis fastsættelse af tålegrænsen for en udpeget lokalitet kræver specifikke data for den pågældende lokalitet, som ikke er tilgængelige i dette arbejde.

I Danmark er bestemte naturtyper beskyttet gennem naturbeskyttelseslovens §3 (<https://mst.dk/natur-vand/natur/national-naturbeskyttelse/3-beskyttede-naturtyper/arealopgoerelse/>).

Den gennemsnitlige årlige kvælstofafsætning i Danmark er 12,3 kg N/ha i 2020 og 11,3 kg N/ha i 2030 i basisscenariet, og lidt lavere i det alternative scenarie hhv. 11,8 og 10,5 kg N/ha. Dette er den gennemsnitlige afsætning for modellens beregningsgitter bestående af gitterceller på ca. 5,6 km x 5,6 km. Som det ses af Bilag 1 og 2, er der en vis geografisk variation i afsætningen henover Danmark, hvor afsætningen i nogle områder er over 20 kg N/ha. Den geografiske variation skyldes, at afsætningen afhænger af overfladens karakteristika, herunder bl.a. overfladens ruhed og lokale emissioner. Ammoniakemissionen fra lokale landbrugsaktiviteter spiller således en rolle. Ligeledes vil der være større afsætning til en ru overflade som f.eks. en skov end til f.eks. et moseområde. Derudover betyder variationer i mængden af nedbør også en rolle. Der kan derfor være væsentligt større variationer i afsætningen, end det fremgår af beregningerne på ca. 5,6 km x 5,6 km, og især omkring områder med landbrugsaktiviteter, kan der være lokale "hotspots" (se bl.a. Geels et al., 2006). Over mindre søer langt fra lokale kilder, kan afsætningen til gengæld være lavere.

I følge modelberegningerne udgør de reducerede kvælstofforbindelser (NH_x) og reduktionsprodukter af NO_x (NO_y) ca. 50% hver af den totale kvælstofafsætning. Tidligere beregninger har vist, at danske kilder bidrager til ca. 25% af den atmosfæriske afsætning (dog kan andelen være større tæt på store lokale landbrug).

Tålegrænser for forskellige naturtyper er vist i Tabel 3.5. Helt generelt for Danmark gælder der, at den gennemsnitlige afsætning på over 10 kg N/ha overskrider eller er på niveau med tålegrænsen for visse følsomme naturtyper. Tålegrænsen på 5-10 kg N/ha for visse søer, bl.a. lobeliesøer (kalk- og næringsfattige søer og vandhuller), kalkrige søer og vandhuller med kransnålalger, brunvandede søer og vandhuller samt f.eks. højmoser er således overskredet. Den nedre grænse på 10 kg N/ha for naturtyper som hede, klitter, sure overdrev og skovnaturtyper er også overskredet. Naturtypen enge, som findes i bl.a. enkelte kystnære kommuner har en højere tålegrænse, og denne er ikke overskredet.

Tabel 3.5. Empirisk baserede tålegrænser (kg N/ha/år) for Naturbeskyttelseslovens terrestriske naturtyper samt for klit, løv- og nåleskov baseret på anbefalinger fra FN's Økonomiske Kommission for Europa (UN-ECE), 2004/5 (Harmoniserede tålegrænser taget fra: <http://naturstyrelsen.dk/>).

Naturtype	Tålegrænse interval	Differentiering
Overdrev	10-25	Sure overdrev 10-20, kalkholdige overdrev 15-25
Klit	10-25	Klit 10-20, fugtige klitlavninger 10-25
Hede	10-25	Tør hede 10-20, våd hede 10-25
Fersk eng	15-25	
Strandeng	30-40	
Mose (og kær)	5-25	Højmoser 5-10, hængesæk, tørvelavninger 10-15, fattigkær og hedemoser 10-20, kalkrige moser og væld, rigkær 15-25
Ferskvandsnaturtyper	5-10	Bl.a. lobeliesøer (kalk- og næringsfattige søer og vandhuller), kalkrige søer og vandhuller med kransnålalger, brunvandede søer og vandhuller.
Løvskov	10-20	
Nåleskov	10-20	

3.5 Geografisk fordeling af baggrundsforurening og kvælstofaf sætning i basisfremskrivningen

I bilag 1 og 2 er der vist kort over den geografiske fordeling af en række luftforureninger i 2016, 2020 og 2030 baseret på DEHM beregninger. Bilag 1 viser basisfremskrivningen og bilag 2 det alternative scenarie. Den geografiske fordeling er ens i basisfremskrivning og det alternative scenarie, da der er forudsat samme geografiske fordeling i emissionerne. Dog er niveauerne lidt mindre i det alternative scenarie. Følgende kort er vist i bilag 1 og 2:

- Ozon – årsmiddelkoncentration
- Ozon – maksimal 8 timers løbende middelværdi
- Ozon – Antal overskridelser af værdien 120 µg/m³ på basis af 8 timers løbende middelværdi
- Ozon – maksimal 1 times koncentration
- Ozon – Antal overskridelser af informationsværdien på 180 µg/m³ på basis af 1 times værdier
- Ozon – AOT40. AOT40 er den akkumuleret ozoneksponering af vegetation over en grænse på 40 ppb (=80 µg/m³) beregnet som timeværdier mellem kl. 8 og 20. Er der f.eks. i løbet af en dag målt tre time-middelværdier af ozon, der overstiger 40 ppbv, f.eks. 45, 50 og 55 ppbv, bliver dagens AOT40 = 5 + 10 + 15 = 30 ppbv·timer.
- NO₂ – Årsmiddelkoncentration
- PM_{2,5} – Årsmiddelkoncentration
- PM₁₀ – Årsmiddelkoncentration
- Total kvælstofdeposition (totN).

Ozon

Årsmiddelkoncentrationen af ozon forventes at falde lidt fra 2016 og frem til 2030, men det er især de øvrige indikatorer, som er relateret til de højeste værdier, som reduceres frem til 2030.

NO₂

NO₂ bliver reduceret fra 2016 og frem til 2020 samt videre til 2030.

Partikler

PM_{2,5} og PM₁₀ bliver reduceret fra 2016 og frem til 2020 samt videre til 2030, PM_{2,5} lidt mere end PM₁₀.

Kvælstofdeposition

Kvælstofdepositionen bliver reduceret fra 2016 og frem til 2020 samt videre til 2030 både over land- og farvandsområder.

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 scenariet for yderligere tiltag for energisektoren. Bybaggrundskoncentrationen er beregnet med DEHM/UBM.

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	2020	Forskel 2020/2016	2030	Forskel 2030/2016	2020	Forskel 2020/2016	2030	Forskel 2030/2016
By	Lokalitet som målestation	WM	WM	WM	WM	WAM	WAM	WAM	WAM	WAM
NO ₂										
København	H.C. Ørsted	13.8	11.4	-17%	8.5	-39%	11.2	-19%	8.2	-41%
Odense	Rådhus	12.1	10.2	-16%	7.9	-35%	10.0	-18%	7.5	-38%
Aarhus	Botanisk Have	15.8	13.7	-13%	11.0	-30%	13.7	-13%	10.7	-32%
Aalborg	Østerbro	13.5	11.7	-13%	10.5	-22%	11.4	-16%	10.0	-26%
PM ₁₀										
København	H.C. Ørsted	10.2	9.5	-6%	8.8	-14%	9.4	-8%	8.3	-18%
Odense	Rådhus	11.0	10.2	-7%	9.2	-16%	10.0	-10%	8.7	-21%
Aarhus	Botanisk Have	10.9	10.2	-6%	9.4	-14%	10.0	-8%	8.9	-19%
Aalborg	Østerbro	10.1	9.5	-6%	8.9	-11%	9.3	-8%	8.5	-16%

Det ses, at bybaggrundskoncentrationen for NO₂ falder i basisscenariet i både 2020 og 2030 med hhv. 13-17% og 22-39% i forhold til 2016 for de fire byer. PM₁₀ reduceres tilsvarende med hhv. 6-7% og 11-16% 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 i scenariet med yderligere tiltag er der en yderligere reduktion på nogle få procentpoint i forhold til basisscenariet.

De beregnede NO₂ koncentrationer 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 PM₁₀ undervurderer beregningerne koncentrationerne betydeligt i forhold til målinger, som kun udføres i København med et niveau på 15 µg/m³ (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	2020	Forskel 2020/2016	2030	Forskel 2030/2016	2020	Forskel 2020/2016	2030	Forskel 2030/2016
By	Målestation		WM	WM	WM	WM	WAM	WAM	WAM	WAM
København	H.C. Ørsted	8.1	7.3	-9%	6.5	-19%	7.2	-11%	6.1	-24%
Odense	Rådhus	8.6	7.7	-10%	6.7	-22%	7.5	-13%	6.2	-28%
Aarhus	Botanisk Have	8.2	7.4	-9%	6.6	-20%	7.2	-12%	6.1	-26%
Aalborg	Østerbro	6.9	6.3	-9%	5.7	-18%	6.1	-11%	5.3	-23%

For PM_{2.5} undervurderer beregningerne koncentrationerne betydeligt i forhold til målinger, som udføres i København, Aarhus og Aalborg hhv. 10 µg/m³, 12 µg/m³, og 9 µg/m³ (Ellermann et al., 2017).

Dette er dog forventeligt, bl.a. fordi beregningerne ikke inkluderer bidrag fra sekundært dannede organiske partikler i atmosfæren (SOA). Det ses, at den gennemsnitlige eksponeringsindikator for PM_{2.5} i basisscenariet forventes at blive reduceret i intervallet hhv. 9-10% og 18-22% i 2020 og 2030 i forhold til 2016 for de fire byer. Der opnås en yderligere reduktion på flere procentpoint i bybaggrundskoncentrationerne i scenariet med yderligere tiltag i forhold til basisscenariet.

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.

Forudsætningerne for udvikling i trafikemissioner er vist i Tabel 5.1. Det ses, at NO_x emissionen (i NO₂ enheder) forventes at blive reduceret med omkring 26% fra 2016 til 2020 og 61% fra 2016 til 2030. Partikeludstødningen estimeres til at falde med omkring 44% fra 2016 til 2020 og 81% fra 2016 til 2030.

Tabel 5.1. Udvikling i trafikemissioner som faktor i forhold til 2016.

Brændstof	Køretøjskategori	Forskel 2016 til 2020 som faktor (2020/2016)	
		NO _x	PM udstødning
Diesel	Personbil	0,91	0,60
Benzin	Personbil	0,69	0,93
Diesel	Varebil	0,93	0,47
Benzin	Varebil	0,63	0,77
Diesel	Lastbil < 32t	0,31	0,29
Diesel	Lastbil > 32t	0,22	0,24
Diesel	Rutebus	0,33	0,31
Diesel	Turistbus	0,39	0,30
Total		0,74	0,56

		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

5.2 Udvikling i koncentrationen for 98 gader i København

I Tabel 5.2 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 5.2. Beskrivende statistik for udvikling i koncentrationer for 98 gader i København.

		Basis 2016			2020 WM			2020 WAM			2030 WM			2030 WAM		
		Gade	Byb.	Reg.	Gade	Byb.	Reg.	Gade	Byb.	Reg.	Gade	Byb.	Reg.	Gade	Byb.	Reg.
Gns.	NO ₂	29	14	5	24	11	4	24	11	4	15	9	4	15	8	3
Maks.	NO ₂	47	16	5	38	13	4	38	13	4	24	10	4	23	9	4
Min.	NO ₂	18	12	5	16	10	4	16	10	4	11	8	3	11	8	3
Gns.	PM _{2,5}	13	11	9	11	9	8	11	9	8	10	8	7	9	8	7
Maks.	PM _{2,5}	15	11	10	13	10	8	13	9	8	12	8	7	11	8	7
Min.	PM _{2,5}	11	11	9	10	9	8	10	9	8	9	8	7	8	7	7
Gns.	PM ₁₀	21	15	13	19	14	12	19	14	12	18	13	11	17	12	10
Maks.	PM ₁₀	28	16	14	26	14	12	26	14	12	25	13	11	24	12	11
Min.	PM ₁₀	18	15	13	16	14	11	16	13	11	15	12	10	14	12	10

For NO₂ falder den gennemsnitlige gadekonzentration for de 98 gader i København fra 29 µg/m³ i 2016 til 24 µg/m³ i 2020 og videre til 15 µg/m³ i 2030 i basisscenariet. Der er kun marginal forskel mellem basisscenariet og det alternative scenarie, da baggrundskoncentrationerne kun er lidt mindre i det alternative scenarie i forhold til basisscenariet, som det også blev vist i kapitel 3. Reduktionerne i gadekonzentrationerne er derfor primært drevet af reduktionen i emissionen fra trafikken i den pågældende gade.

For PM_{2,5} falder den gennemsnitlige gadekonzentration fra 13 µg/m³ i 2016 til 11 µg/m³ i 2020 og videre til 10 µg/m³ i 2030 i basisscenariet.

For PM₁₀ falder den gennemsnitlige gadekonzentration fra 21 µg/m³ i 2016 til 19 µg/m³ i 2020 og videre til 18 µg/m³ i 2030 i basisscenariet.

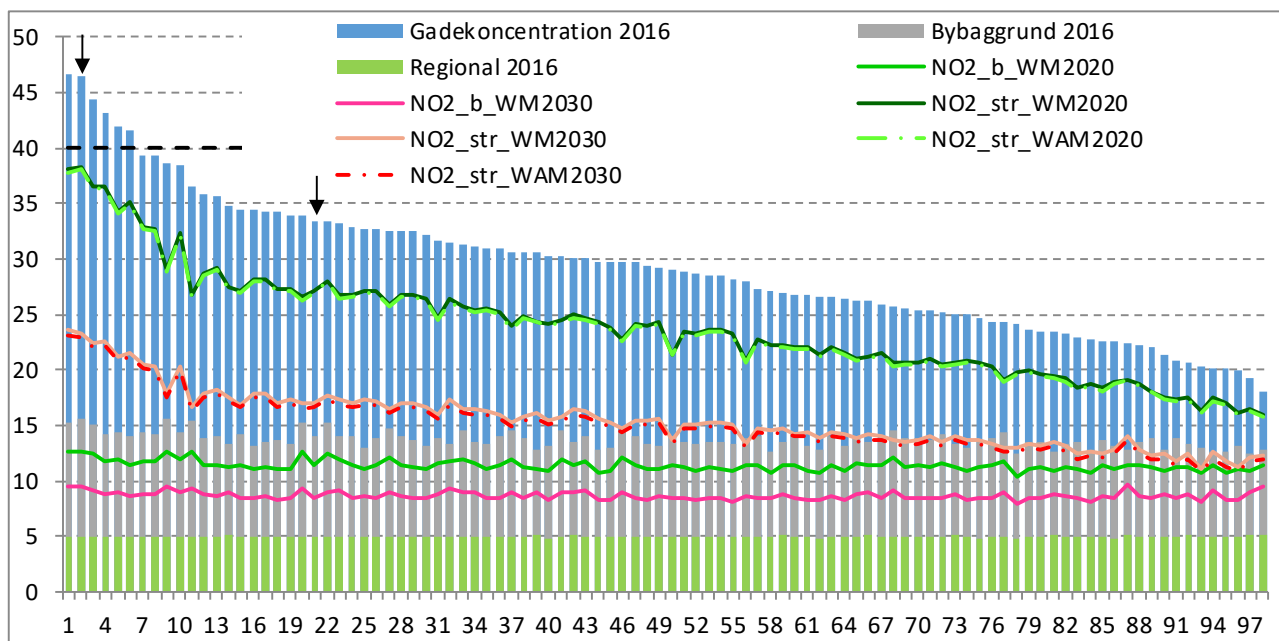
Tilsvarende for PM_{2,5} og PM₁₀ gælder, at der er marginal forskel mellem basisscenariet og det alternative scenarie. Den procentvise reduktion er ikke så stor som for NO₂, da det kun er partikeludstødningen, som reduceres, og ikke-udstødningen i form af vejslid, dækslid og bremseslid, som udgør en langt større del end udstødningsdelen, er uændret.

5.3 Udvikling i gadekonzentration for de enkelte gader

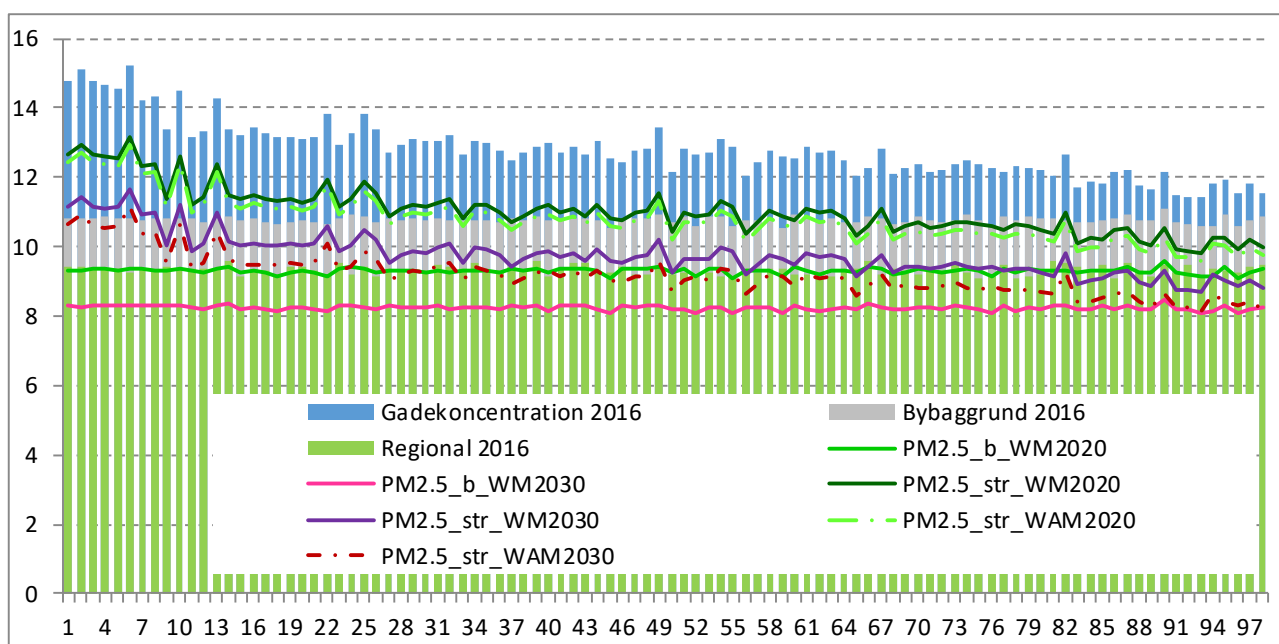
Udviklingen i gadekonzentration for de enkelte gader i København er vist i nedenstående figurer. Figurene viser gadekonzentrationen i 2016 som søjlediagram for den enkelte vej, samt bidraget fra regional baggrund og bybaggrund. For 2020 og 2030 er vist basisscenarier ("WM") og det alternative scenarie ("WAM") som kurver. "str" indikerer gadekonzentration og "b" baggrundskoncentration.

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

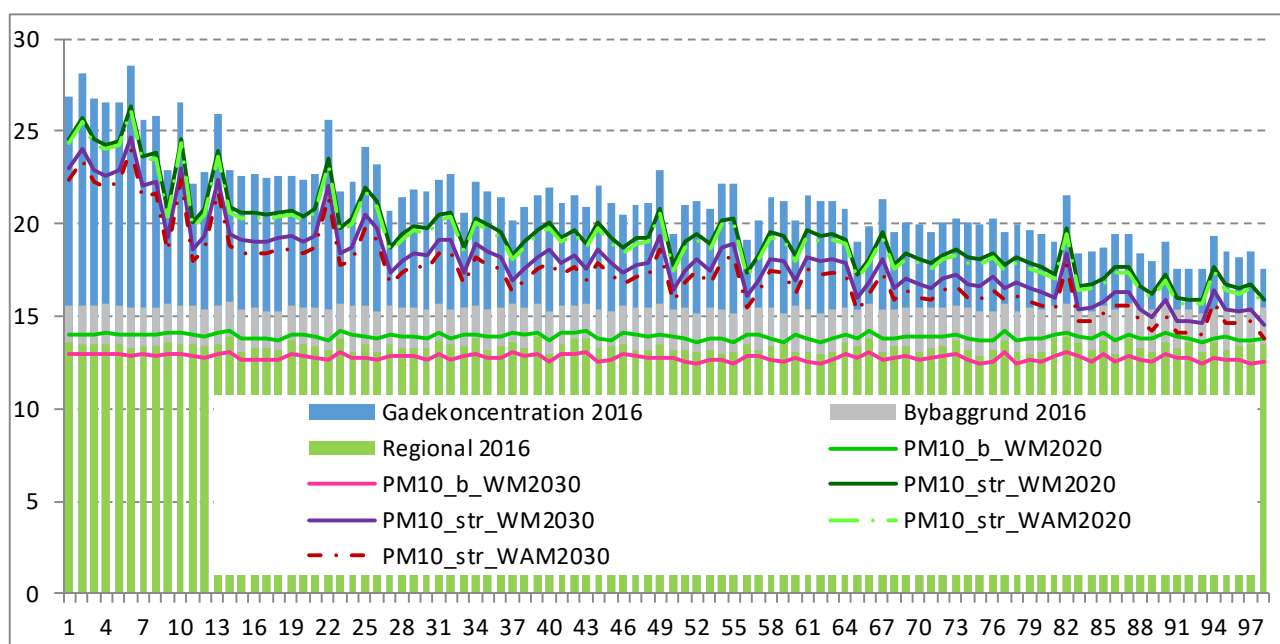
Gaderne er rangordnet efter beregnede NO₂ gadekonzentrationer i 2016, hvor den højeste er 1 og den laveste 98 (**Figur 5.1**). For PM_{2,5} (**Figur 5.2**) og PM₁₀ (**Figur 5.3**) er rækkefølgen af gaderne den samme som for NO₂.



Figur 5.1. NO₂ koncentration i $\mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 2020 og videre til 2030 falder det relative bidrag fra trafikken til gadekoncentrationen med tiden. Bybaggrundskoncentrationen reduceres også frem til 2020 og videre til 2030.

For NO₂ falder gadekoncentrationer for de 98 gader i København fra 2016 til 2020 og videre til i 2030 i basisscenariet. Der er kun marginal forskel mellem basisscenariet og det alternative scenarie, da baggrundskoncentrationerne kun er marginalt mindre i basisscenariet i forhold til det alternative scenarie. Reduktionerne i gadekoncentrationerne er derfor drevet af reduktionen i emissionen fra trafikken. Der er dog 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).

Det ses, at trafikken i de enkelte gader giver et relativt lille bidrag til gadekoncentrationen i sammenligning med NO₂, da det regionale bidrag for PM_{2,5} er meget stort.

Gadekoncentrationen for $PM_{2,5}$ for de 98 gader i København falder fra 2016 til 2020 og videre til i 2030 i basisscenariet, som en kombination af at partikeludstødningen fra trafikken falder, men også at bybaggrundskoncentrationen reduceres med omkring $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fra 2020 til 2030. Der er kun lidt mindre gadekoncentrationer i det alternative scenarie i 2020 og i 2030 i forhold til basisscenariet.

For PM_{10} ses et tilsvarende billede som for $PM_{2,5}$, dog er det regionale bidrag knap så dominerende, og trafikens bidrag er større, da trafikens ikke-udstødningsdel spiller en større rolle for gadekoncentrationerne for PM_{10} end for $PM_{2,5}$. Grænseværdien på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM_{10} som årsmiddelværdi er ikke overskredet i 2016.

6. Udvikling i helbredseffekter

I dette kapitel beskrives udviklingen i beregnede helbredseffekter af luftkvaliteten i basisscenariet og scenariet med yderligere tiltag. Beregningerne er foretaget med EVA-systemet med samme forudsætninger som i Det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet for 2016 (Ellermann et al., 2017). Det vil sige, version 4 af EVA-systemet med tilhørende dosis-respons funktioner for PM_{2,5}, O₃ og SO₂ beregnet med DEHM/UBM. Der arbejdes pt. på at opdatere dosis-respons funktioner ud fra den seneste viden samt at inkludere helbredseffekter af NO₂.

I Tabel 6.1 er opsummeret helbredseffekter beregnet med EVA-systemet for 2016, og for basisscenariet (WM) og det alternative scenarie for energisektoren (WAM) for 2020 og 2030.

Tabel 6.1. Helbredseffekter beregnet med EVA-systemet.

Helbredseffekt	enhed	2020		2020		2030	
		2016	basis (WM)	(WAM)	(WAM)	basis (WM)	(WAM)
Kronisk bronkitis	tilfælde	3060	2770	2690	2520	2340	
Dage med nedsat aktivitet (sygedage)	dage	3130000	2830000	2750000	2560000	2390000	
Hospitalsindlæggelser for luftvejslidelser	tilfælde	158	143	140	130	121	
Hospitalsindlæggelser for cerebro-vaskulære lidelser	tilfælde	381	345	336	313	290	
Tilfælde af hjertesvigt	tilfælde	354	326	320	332	314	
Lungecancer	tilfælde	468	424	413	386	358	
Brug af bronkodilatorer blandt børn	doser	78500	71100	69100	63100	58500	
Brug af bronkodilatorer blandt voksne	doser	599000	542000	527000	493000	457000	
Episoder med hoste blandt børn	dage	271000	245000	239000	218000	202000	
Episoder med hoste blandt voksne	dage	616000	558000	543000	508000	470000	
Episoder med nedre luftvejssymptomer blandt børn	dage	105000	94700	92200	84200	78000	
Episoder med nedre luftvejssymptomer blandt voksne	dage	222000	201000	196000	183000	170000	
Akutte dødsfald SO ₂	tilfælde	6	6	6	6	6	
Akutte dødsfald O ₃	tilfælde	111	113	113	106	105	
Kroniske tabte leveår (YOLL)	År	33100	29900	29100	27600	25500	
Total antal kroniske dødsfald	tilfælde	3240	2940	2870	2710	2520	
Dødsfald blandt spædbørn	tilfælde	3	3	3	3	3	
Totale for tidlige dødsfald (kroniske og akutte)		3360	3062	2992	2825	2634	

I EVA-systemet omfatter sygelighed som følge af luftforurening tilfælde af kronisk bronkitis, hjertesvigt, lungecancer, hospitalsindlæggelser i forbindelse med luftvejslidelser samt hjerneblødninger og blodpropper i hjernen, og dage med hoste og luftvejssymptomer samt sygedage og brug af bronkodilator i forbindelse med luftvejslidelser som fx astma og KOL.

Dødsfald beregnes i EVA-systemet ud fra langtidseksposering for luftforurening (kroniske dødsfald) og ud fra korttidseksposering af forhøjede koncentrationer (akutte dødsfald). Summen heraf er antallet af for tidlige dødsfald. Et for tidligt dødsfald svarer til omkring 10 tabte leveår.

De kroniske dødsfald er langt den største gruppe forårsaget af langtidseksponering for PM_{2,5} mens antal akutte dødsfald pga. korttidseksponering for O₃ og SO₂ udgør under 4% af de samlede antal for tidlige dødsfald.

I 2016 er der omkring 3.350 for tidlige dødsfald pga. al luftforurening fra både danske og udenlandske emissionskilder. I basisscenariet falder dette til omkring 3.050 i 2020 og yderligere til omkring 2.800 i 2030 dvs. et fald på hhv. 9% og 16%. I det alternative scenarie for energisektoren er reduktionen større end i basisscenariet med omkring 3.000 for tidlige dødsfald i 2020 og 2.600 i 2030 dvs. en reduktion på hhv. 11% og 22%.

Reduktionerne i antallet af for tidlige døde skyldes primært lidt lavere PM_{2,5} koncentrationer pga. reduktion i danske og udenlandske emissioner af direkte emitterede partikler samt stoffer, som bidrager til dannelse af sekundære partikler i atmosfæren.

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, J. H. Christensen, M. S. Andersen, J. Bønløkke, T. Sigsgaard, C. Geels, A. Gross, A. B. Hansen, K. M. Hansen, G. B. Hedegaard, E. Kaas and L. M. Frohn (2011a): Assessment of Health-Cost Externalities of Air Pollution at the National Level using the EVA Model System. CEEH Scientific Report No 3, Centre for Energy, Environment and Health Report series, March 2011, p. 98.

Brandt, J., J. D. Silver, J. H. Christensen, M. S. Andersen, J. H. Bønløkke, T. Sigsgaard, C. Geels, A. Gross, A. B. Hansen, K. M. Hansen, G. B. Hedegaard, E. Kaas and L. M. Frohn (2011b): EVA- en metode til kvantificering af sundhedseffekter og eksterne omkostninger. Temanummer om helbredseffekter af vedvarende energi. Sundhedsstyrelsens Rådgivende Videnskabelige Udvalg for Miljø og Sundhed. *Formidlingsblad* 17. årgang, suppl. 1, okt. 2011, pp 3-10.

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.

Brandt, J., Silver, J. D., Christensen, J. H., Andersen, M. S., Bønløkke, J. H., Sigsgaard, T., Geels, C., Gross, A., Hansen, A. B., Hansen, K. M., Hedegaard, G. B., Kaas, E., and Frohn, L. M. (2013a): Assessment of past, present and future health-cost externalities of air pollution in Europe and the contribution from international ship traffic using the EVA model system, *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 7747-7764, <https://doi.org/10.5194/acp-13-7747-2013>.

Brandt, J., Silver, J. D., Christensen, J. H., Andersen, M. S., Bønløkke, J. H., Sigsgaard, T., Geels, C., Gross, A., Hansen, A. B., Hansen, K. M., Hedegaard, G. B., Kaas, E., and Frohn, L. M. (2013b): Contribution from the ten major emission sectors in Europe and Denmark to the health-cost externalities of air pollution using the EVA model system – an integrated modelling approach, *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 7725-7746, <https://doi.org/10.5194/acp-13-7725-2013>.

Brandt, J., Jensen, S.S., Andersen, M.S., Plejdrup, M.S., Nielsen, O.K. (2016a): Helbredseffekter og helbredsomkostninger fra emissionssektorer i Danmark. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 47 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 182. <http://dce2.au.dk/pub/SR182.pdf>

Brandt, J., Andersen, M. S., Bønløkke, J. H., Christensen, J. H., Ellermann, T., Hansen, K. M., Hertel, O., Im, U., Jensen, A., Jensen, S. S., Ketzel, M., Nielsen, O.-K., Plejdrup, M. S., Sigsgaard, T., Geels, C. (2016b): Helbredseffekter og eksterne omkostninger fra luftforurening i Danmark over 37 år (1979-2015). Miljø og sundhed, 22. årgang, nr. 1, september 2016.

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>

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.

Geels, C, Hertel, O, Madsen, PV, Frohn, LM, Gyldenkerne, S, Frydendall, J, Christensen, J, Hvidberg, M, Ambelas Skjøth, C & Ellermann, T 2006, Atmosfærisk kvælstofbelastning af udvalgte naturområder i Frederiksborg Amt. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. Faglig rapport fra DMU, vol. 601.

Jensen, S.S. & Winther, M. (2018): Effektvurdering af skærpede miljøzoner i København for emission og luftkvalitet. DCE-notat. 21. maj 2018.

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 -

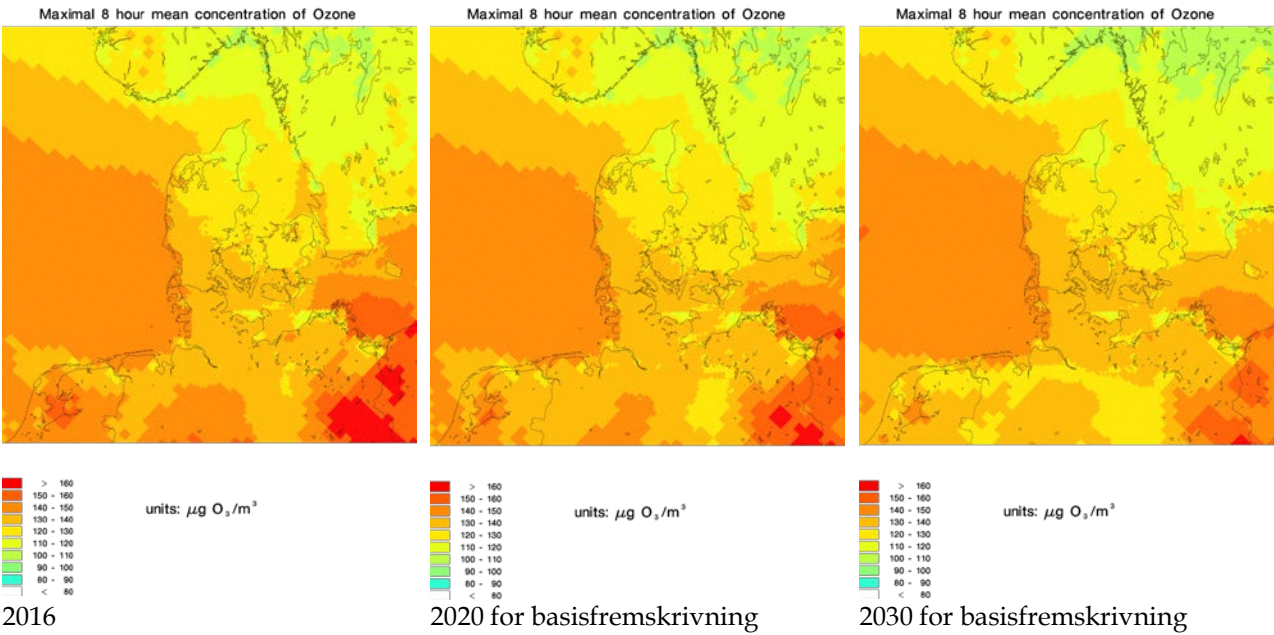
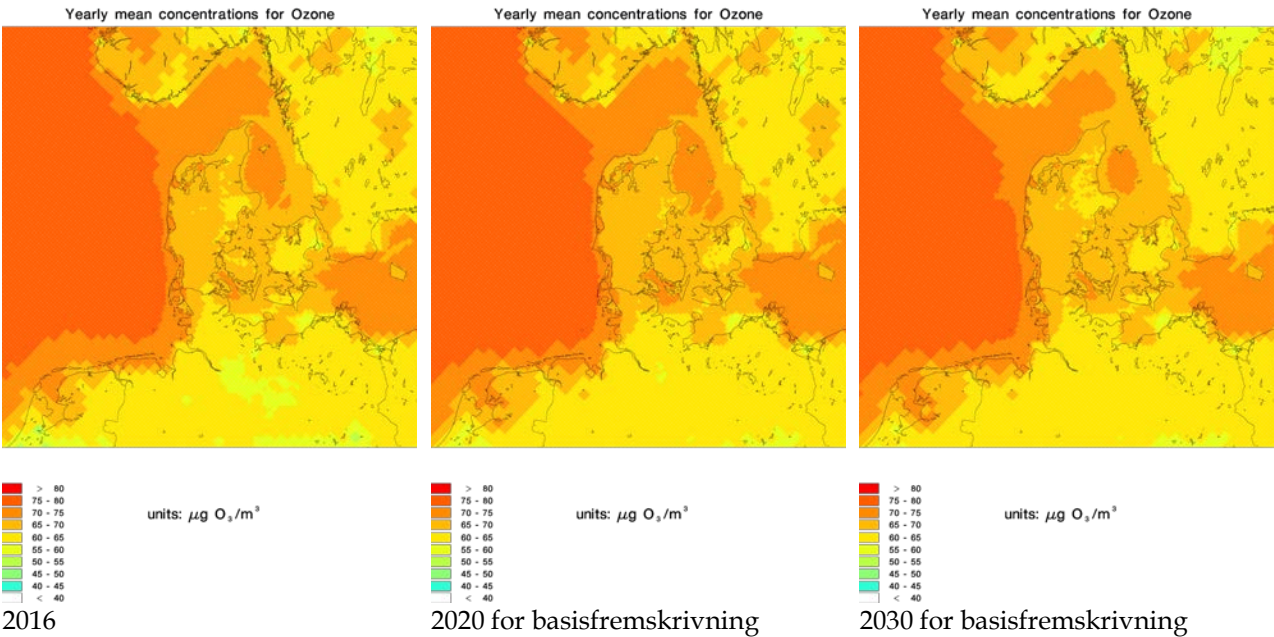
Nationalt Center for Miljø og Energi, 75 s. - Videnskabelig rapport nr. 298
<http://dce2.au.dk/pub/SR298.pdf>

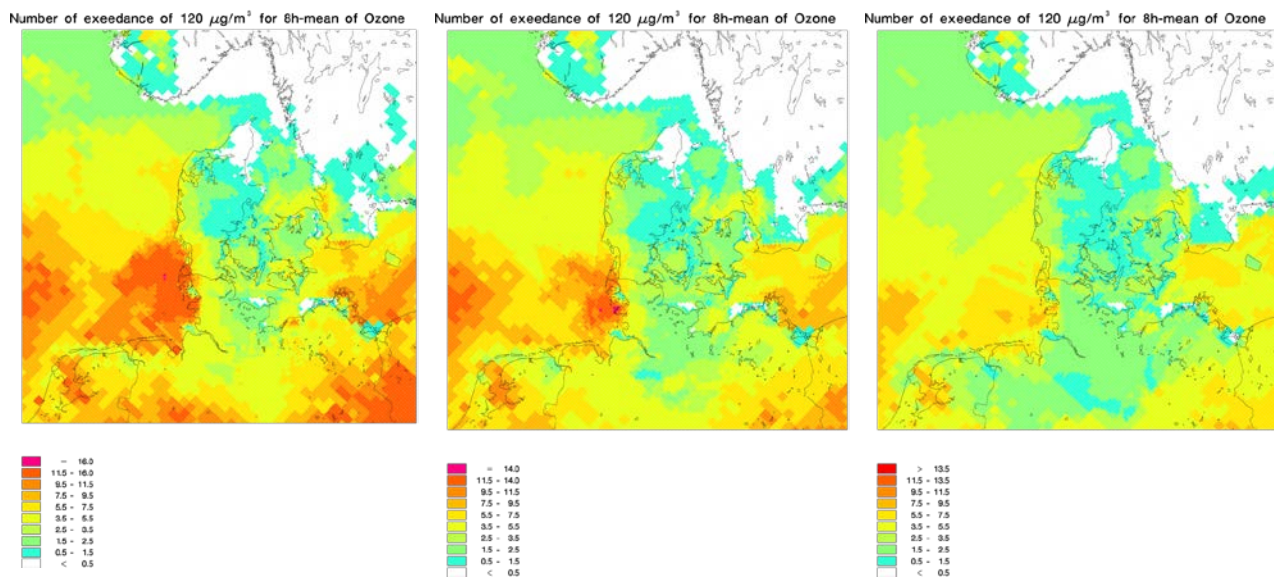
Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Nielsen, M., Gyldenkerne, S., Fauser, P., Albrechtsen, R., Hjelgaard, K.H., Bruun, H.G. & Thomsen, M. (2018b): Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE. Emission inventories from the base year of the protocols to year 2016. Aarhus 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>

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 og kvælstofdeposition i basisfremskrivning

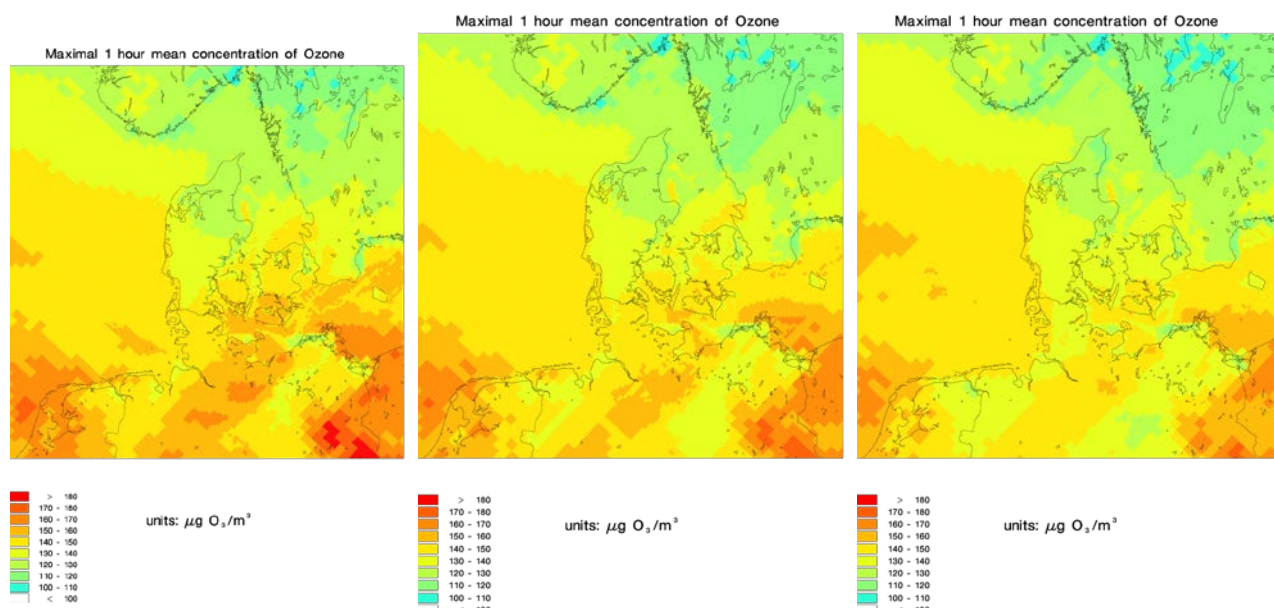




2016

2020 for basisfremskrivning

2030 for basisfremskrivning

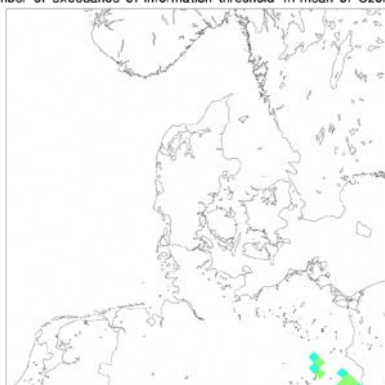


2016

2020 for basisfremskrivning

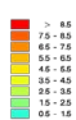
2030 for basisfremskrivning

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



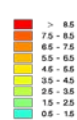
2016

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



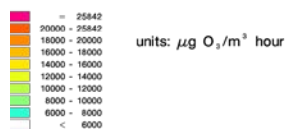
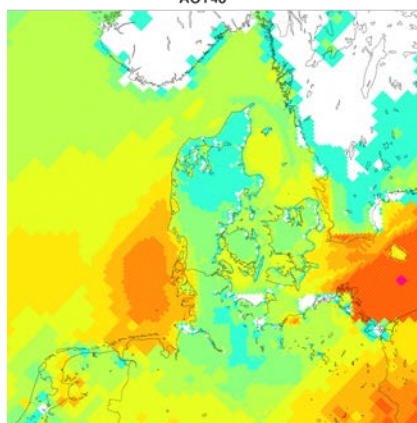
2020 for basisfremskrivning

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



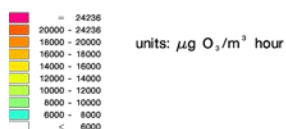
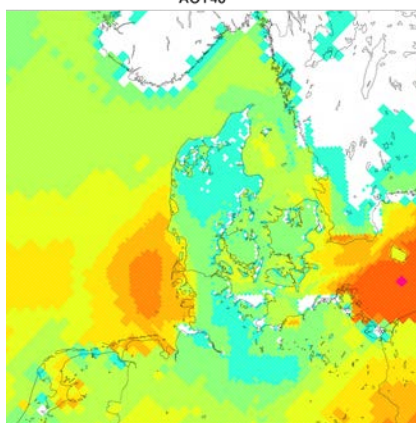
2030 for basisfremskrivning

AOT40



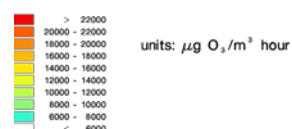
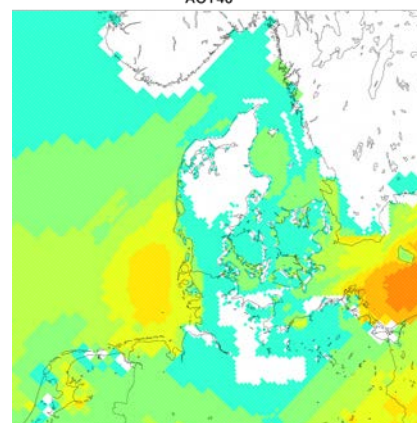
2016

AOT40

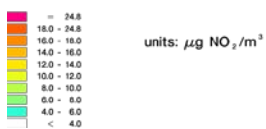
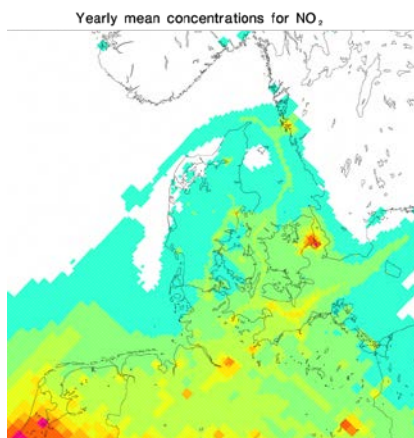


2020 for basisfremskrivning

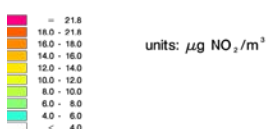
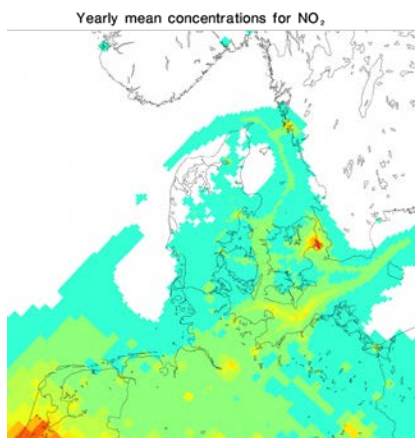
AOT40



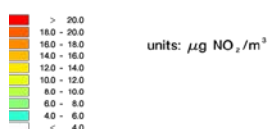
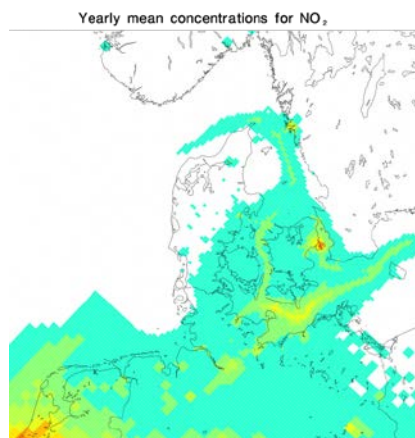
2030 for basisfremskrivning



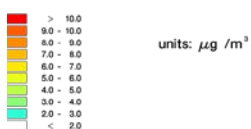
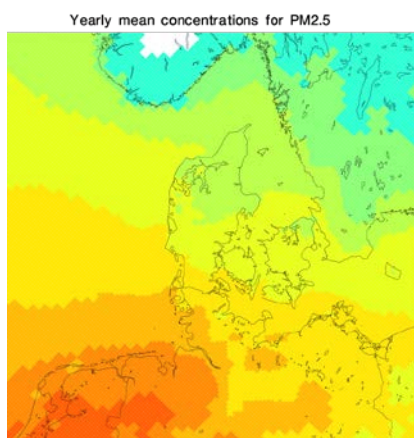
2016



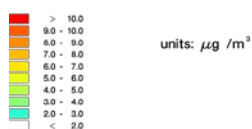
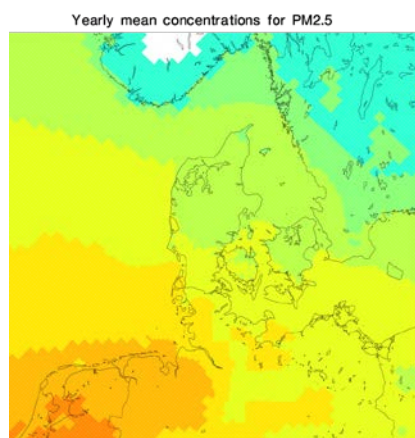
2020 for basisfremskrivning



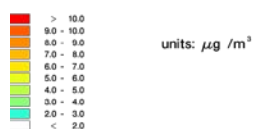
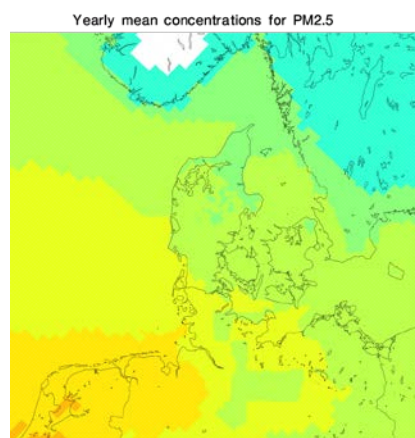
2030 for basisfremskrivning



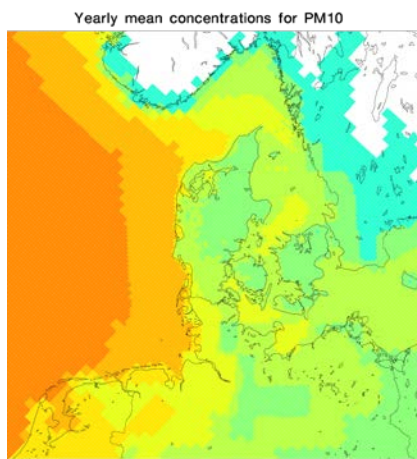
2016



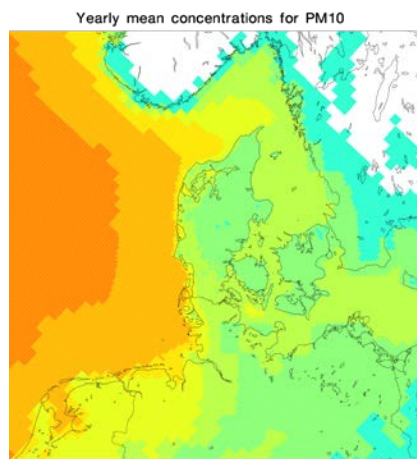
2020 for basisfremskrivning



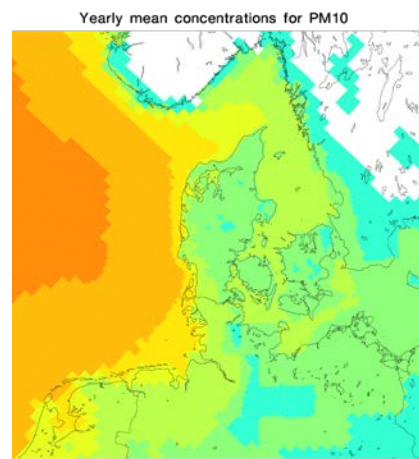
2030 for basisfremskrivning



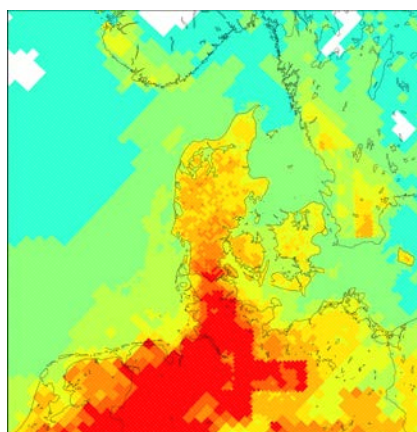
2016



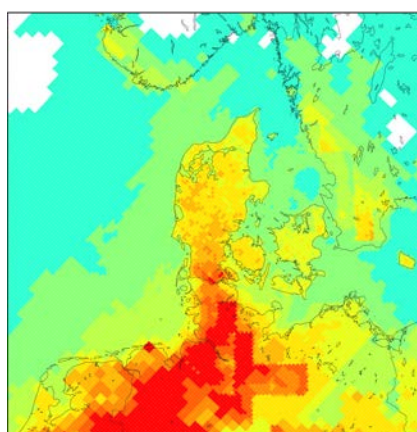
2020 for basisfremskrivning



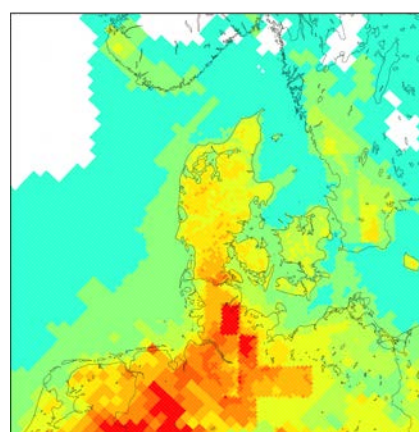
2030 for basisfremskrivning



2016 Kvælstofafsætning

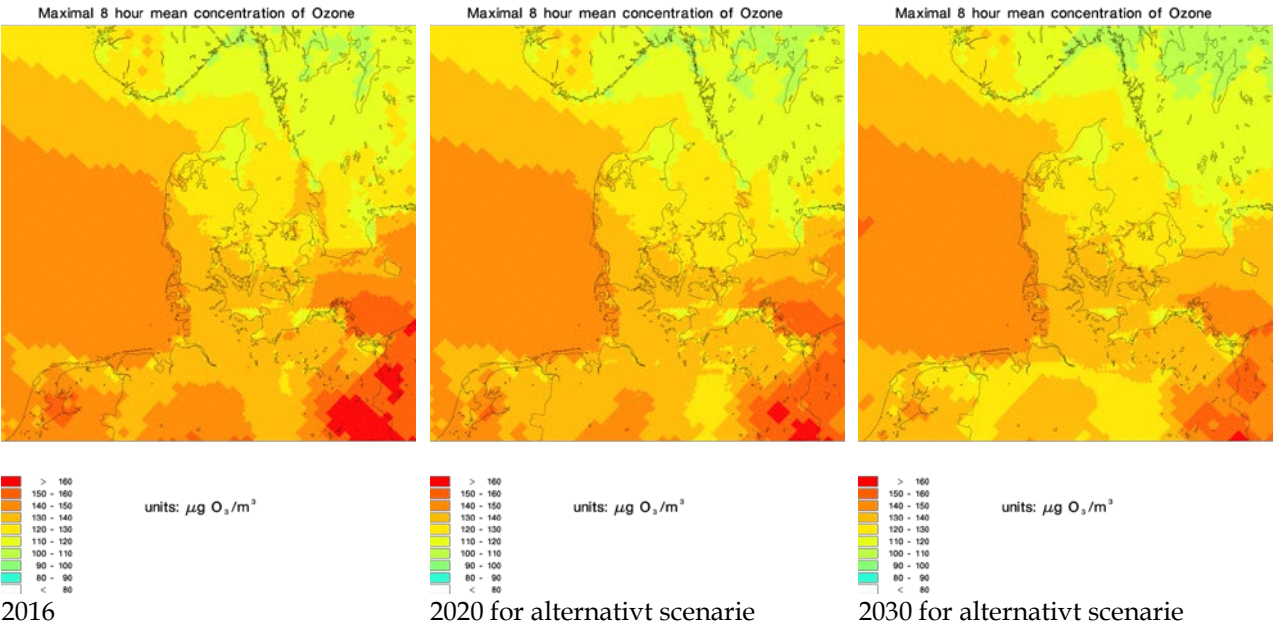
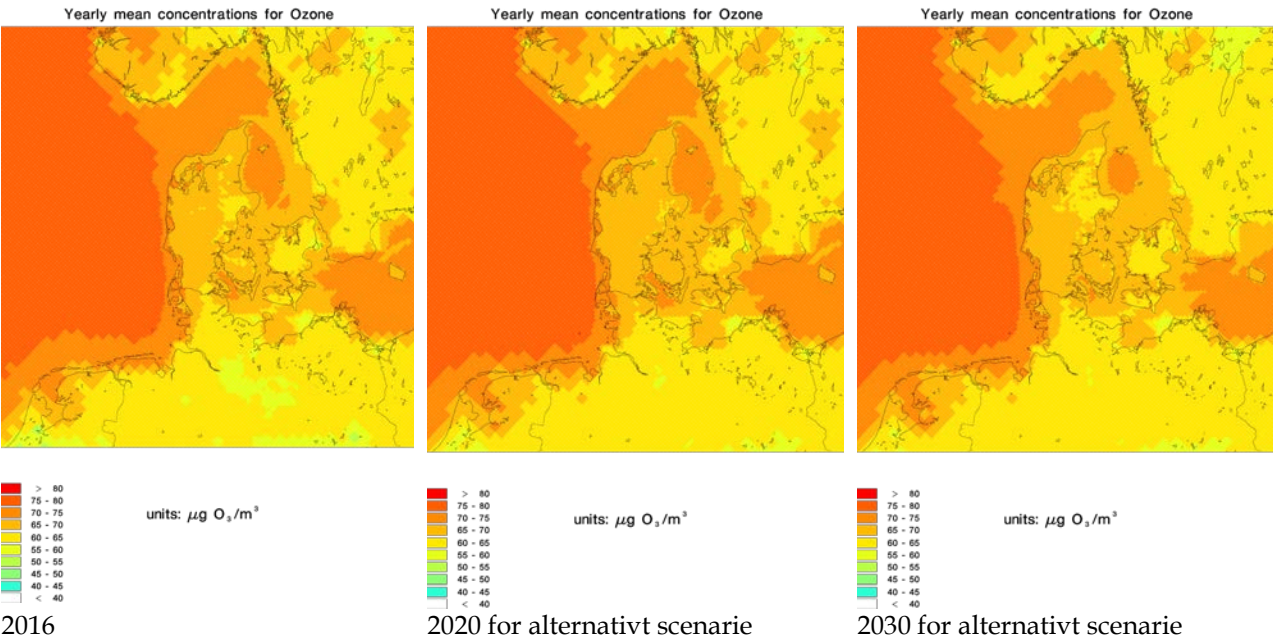


2020 for basisfremskrivning

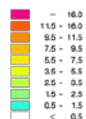
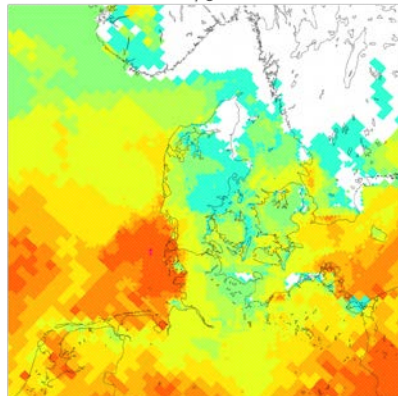


2030 for basisfremskrivning

Bilag 2 Kort over regionale koncentrationer og kvælstofdeposition i alternativt scenarie

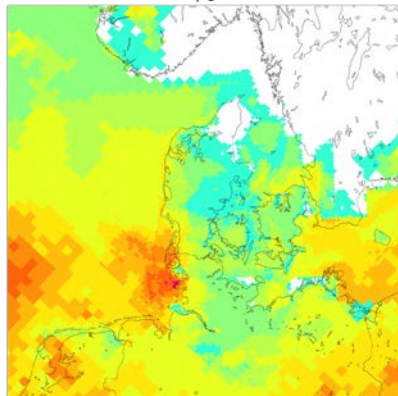


Number of exceedance of $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for 8h-mean of Ozone



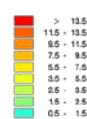
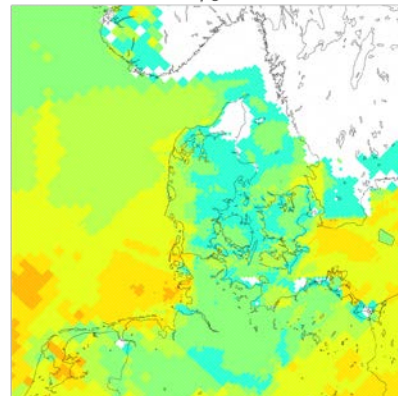
2016

Number of exceedance of $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for 8h-mean of Ozone



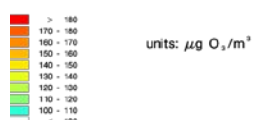
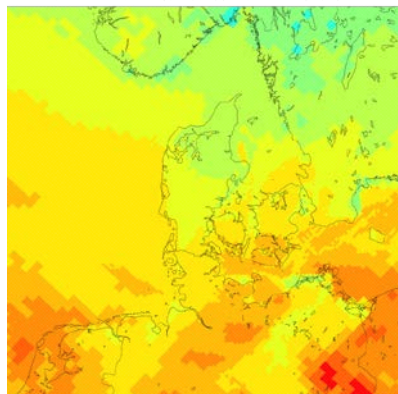
2020 for alternativt scenario

Number of exceedance of $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for 8h-mean of Ozone



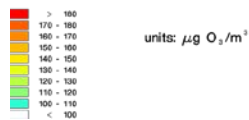
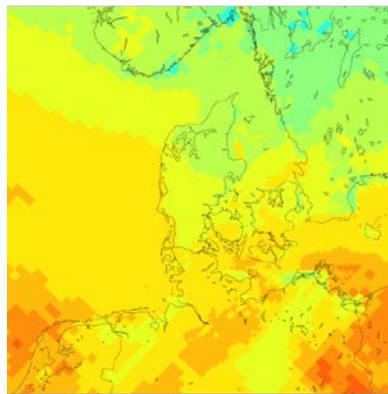
2030 for alternativt scenario

Maximal 1 hour mean concentration of Ozone



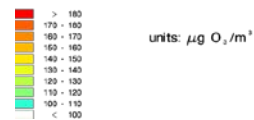
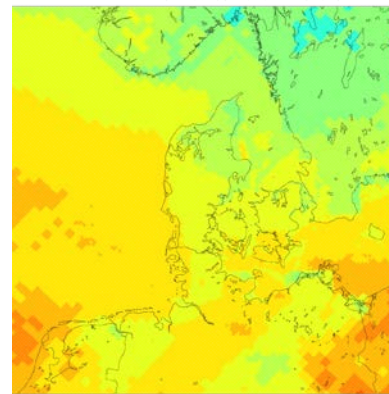
2016

Maximal 1 hour mean concentration of Ozone

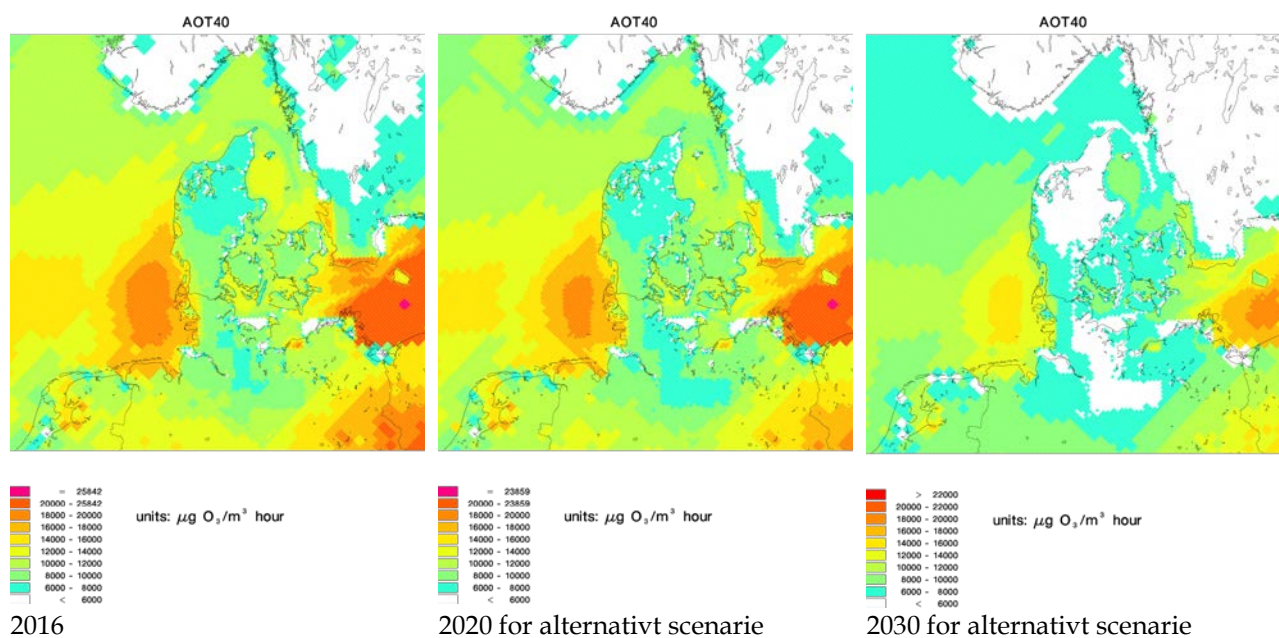
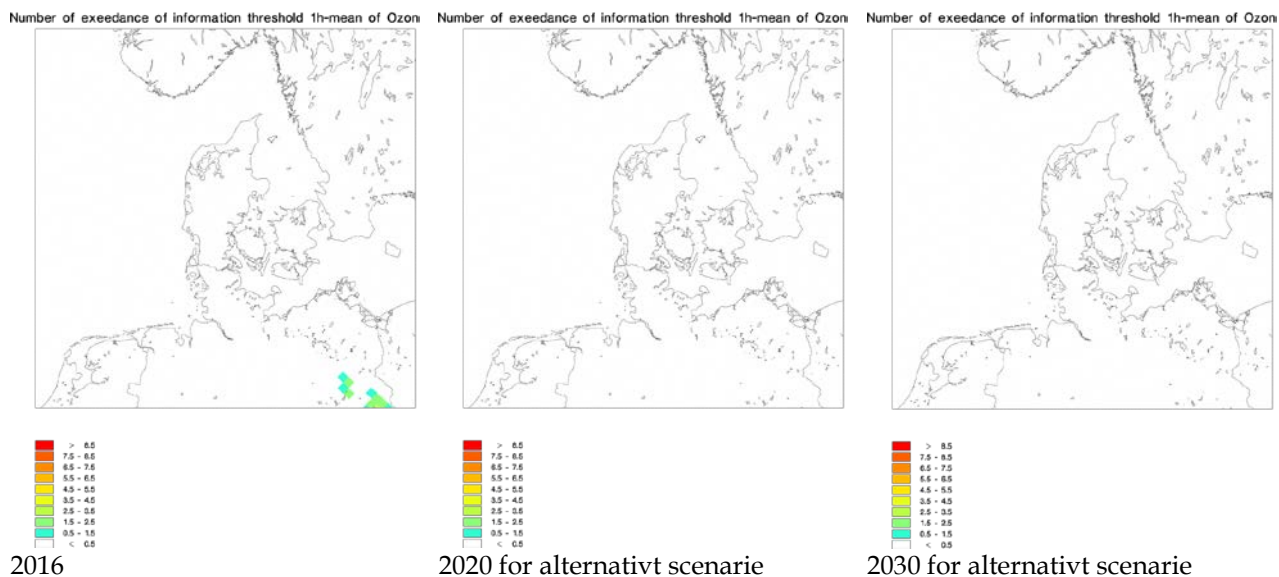


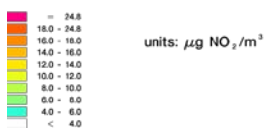
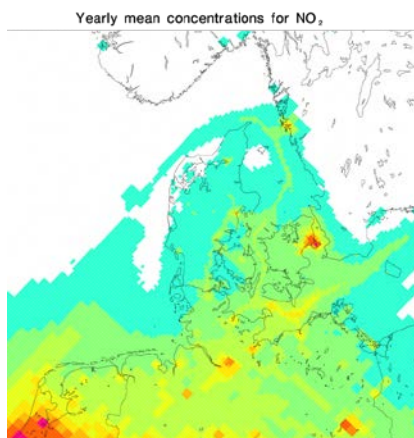
2020 for alternativt scenario

Maximal 1 hour mean concentration of Ozone

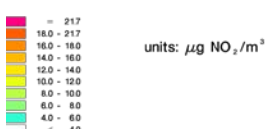
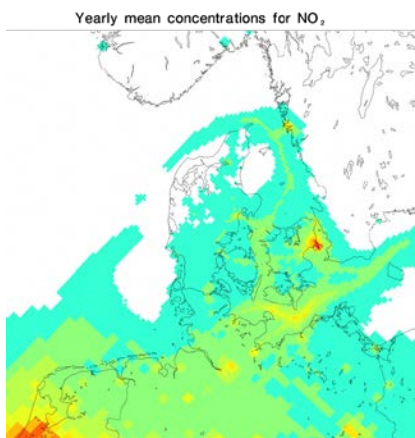


2030 for alternativt scenario

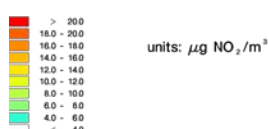
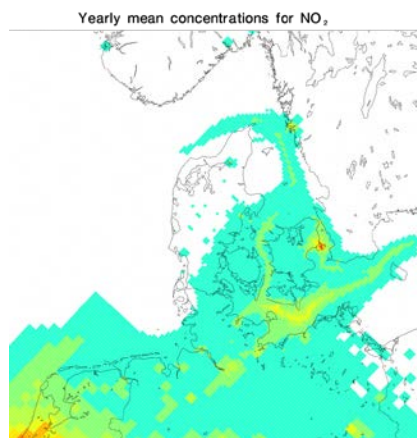




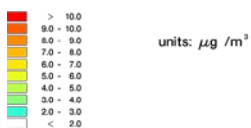
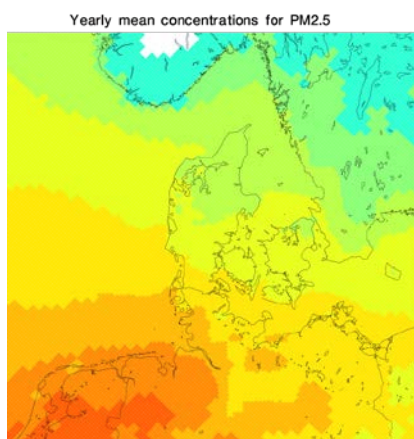
2016



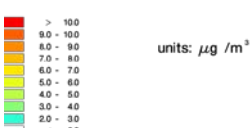
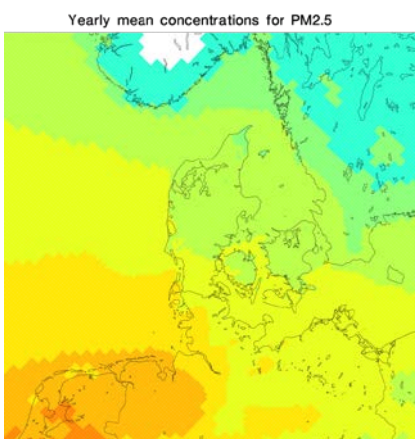
2020 for alternativt scenario



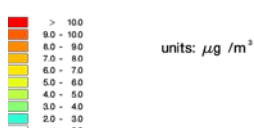
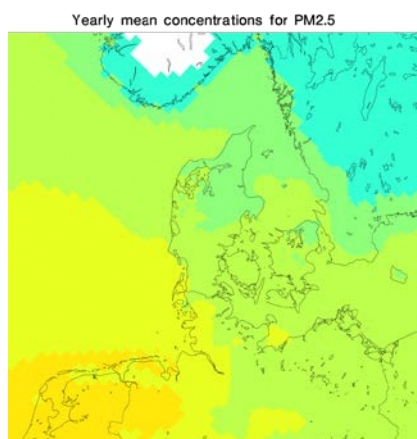
2030 for alternativt scenario



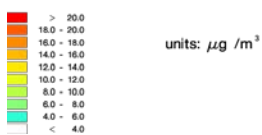
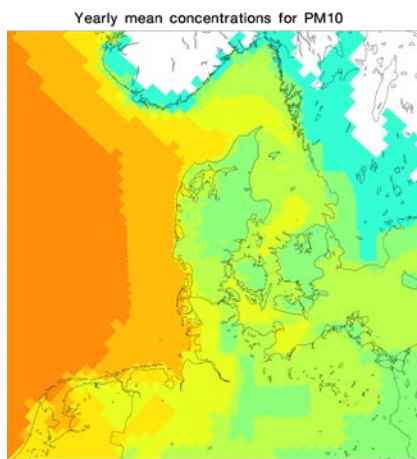
2016



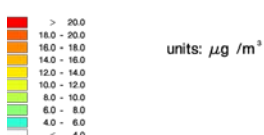
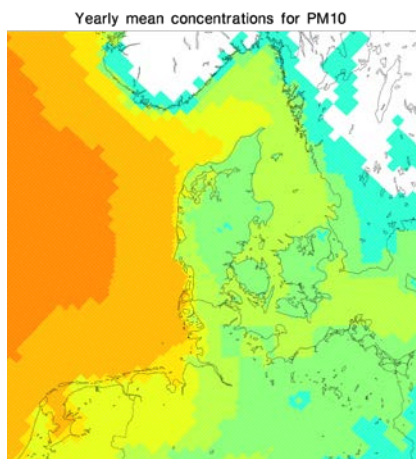
2020 for alternativt scenario



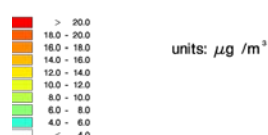
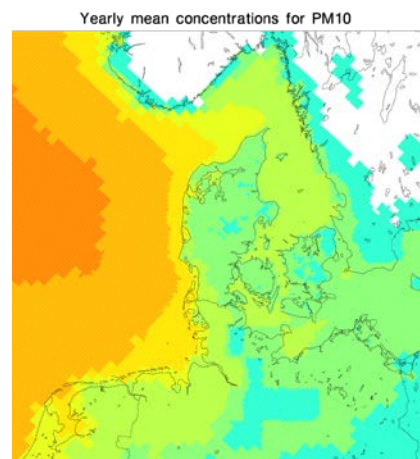
2030 for alternativt scenario



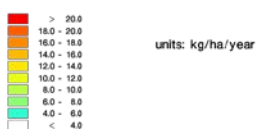
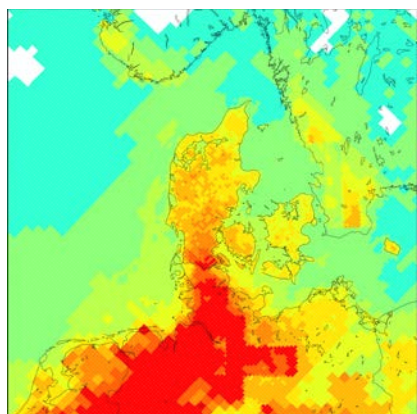
2016



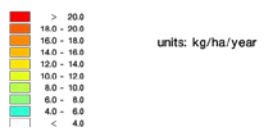
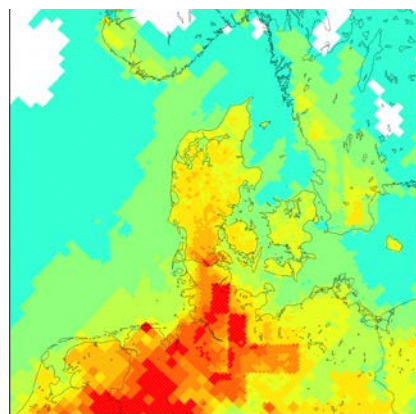
2020 for alternativt scenarie



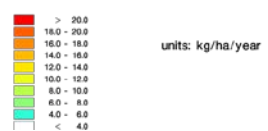
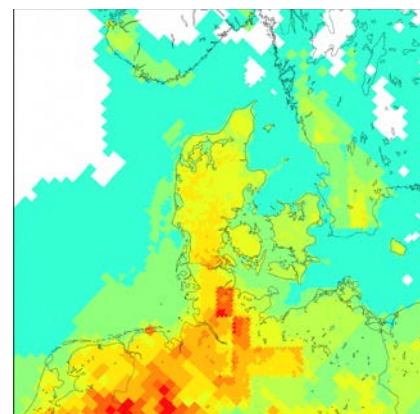
2030 for alternativt scenarie



2016 Kvælstofafsætning



2020 for alternativt scenarie



2030 for alternativt scenarie

Bilag 3 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		

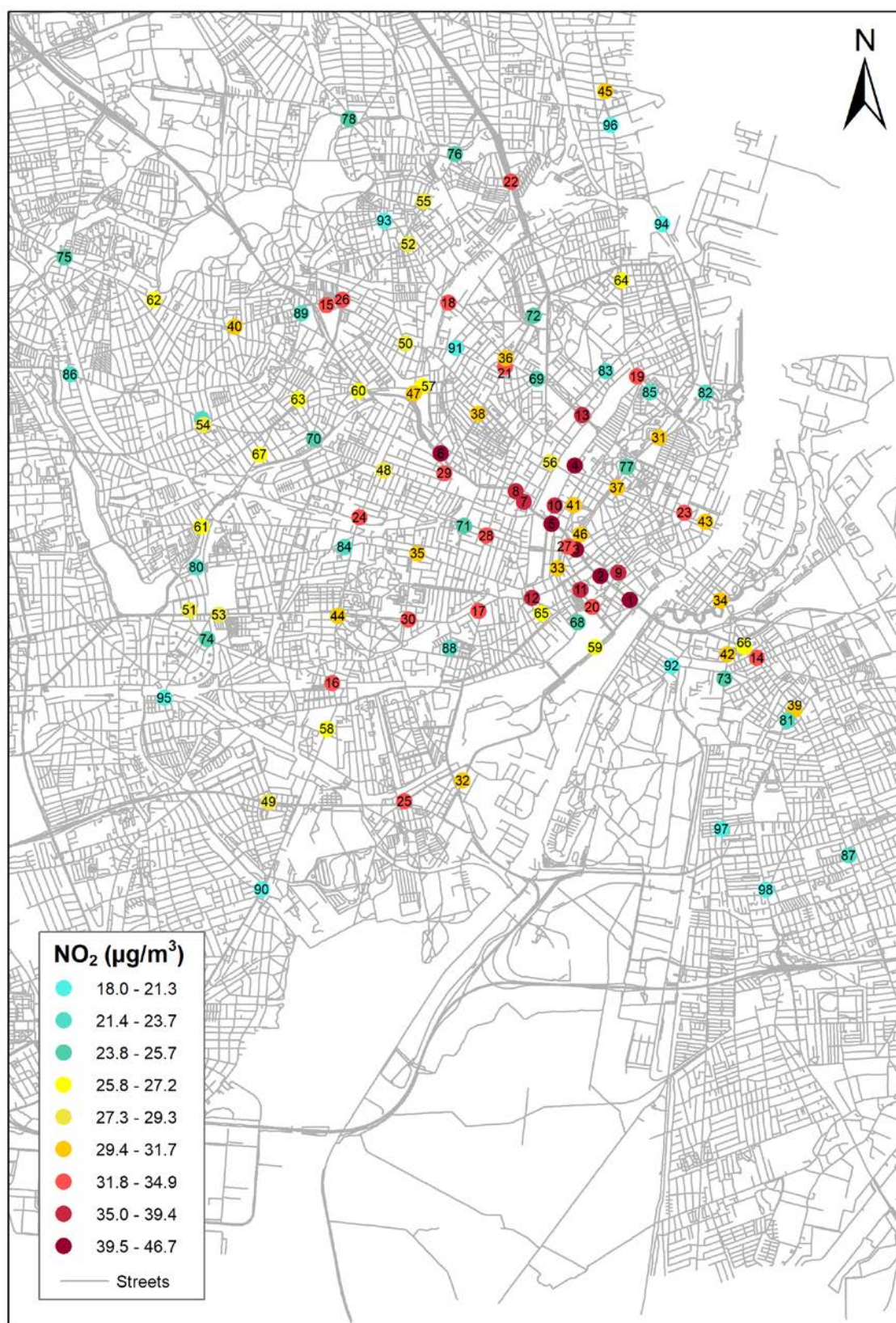


Figure 1. Map showing the locations of the selected streets in Copenhagen and the annual mean concentrations of NO₂ for 2016 together with the rank number visualised on top of the calculation point. The contribution from traffic in the street canyons is based on the street canyon model OSPM®. The urban 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>

UDVIKLING I LUFTKVALITET OG HELBREDSEFFEKTER FOR 2020 OG 2030 I RELATION TIL NATIONALT PROGRAM FOR REDUKTION AF LUFTFORURENING (NAPCP)

Rapporten beskriver den forventede udvikling i luftkvaliteten og tilhørende helbredseffekter som følge af basisfremskrivning af emissioner og for et scenarie med yderligere tiltag for energisektoren. Endvidere beskrives udviklingen i afsætning af kvælstof til land- og vandområder. Basisåret er 2016 og scenarieårene er 2020 og 2030, og resultaterne er baseret på luftkvalitetsberegninger (DEHM, UBM, OSPM) og integreret modellering af helbredseffekter (EVA).