



# FREMSKRIVNING AF EMISSIONER

SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC, NH<sub>3</sub>, PM<sub>2,5</sub> og sod

Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 298

2018



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



*[Tom side]*

# FREMSKRIVNING AF EMISSIONER

SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC, NH<sub>3</sub>, PM<sub>2,5</sub> og sod

---

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 298

2018

Ole-Kenneth Nielsen  
Marlene S. Plejdrup  
Morten Winther  
Malene Nielsen  
Katja Hjelgaard  
Mette Hjorth Mikkelsen  
Rikke Albrechtsen  
Marianne Thomsen

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. 298
Titel:	Fremskrivning af emissioner
Undertitel:	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NMVOC, NH <sub>3</sub> , PM <sub>2,5</sub> og sod
Forfatter(e):	Ole-Kenneth Nielsen, Marlene S. Plejdrup, Morten Winther, Malene Nielsen, Katja Hjelgaard, Mette Hjorth Mikkelsen, Rikke Albrektsen, Marianne Thomsen
Institution:	Aarhus Universitet – Institut for Miljøvidenskab
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	<a href="http://dce.au.dk">http://dce.au.dk</a>
Udgivelsesår:	December 2018
Redaktion afsluttet:	November 2018
Faglig kommentering:	Heidi Ravnborg & Christian Lange Fogh, Miljø-, og Fødevareministeriet
Kvalitetssikring, DCE:	Vibeke Vestergaard Nielsen
Sproglig kvalitetssikring:	Ann-Katrine Holme Christoffersen
Finansiel støtte:	Miljøstyrelsen
Bedes citeret:	Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Hjelgaard, K., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R. & Thomsen, M. 2018. Fremskrivning af emissioner. SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NMVOC, NH <sub>3</sub> , PM <sub>2,5</sub> og sod. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 75 s. - Videnskabelig rapport nr. 298 <a href="http://dce2.au.dk/pub/SR298.pdf">http://dce2.au.dk/pub/SR298.pdf</a>
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Denne rapport beskriver emissionsfremskrivninger og scenarieberegninger foretaget i 2018. Der er foretaget emissionsfremskrivninger for svovldioxid, kvælstofoxider, ammoniak, andre flygtige organiske forbindelser end metan, partikler og sod. Rapporten omfatter en basisfremskrivning, en fremskrivning baseret på et alternativt energiscenarie samt scenarier for ammoniak og partikler. Emissionerne er fremskrevet til 2040. Fokus er på resultaterne for 2020 og 2030, da der er krav om reduktionsforpligtigelser, som skal være opfyldt i disse år.
Emneord:	Emissionsfremskrivning, emission, fremskrivning, NECD
Layout:	Ann-Katrine Holme Christoffersen
Foto forside:	Ann-Katrine Holme Christoffersen (mark v/ Risø)
ISBN:	978-87-7156-373-3
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	75
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som <a href="http://dce2.au.dk/pub/SR298.pdf">http://dce2.au.dk/pub/SR298.pdf</a>

# Indhold

<b>Forord</b>	<b>5</b>
<b>Sammenfatning</b>	<b>6</b>
<b>Summary</b>	<b>9</b>
<b>1. Indledning</b>	<b>12</b>
1.1 Forpligtigelser	12
1.2 Historiske emissioner	13
<b>2. Basisfremskrivning</b>	<b>18</b>
2.1 Sammenfatning pr. stof	18
2.2 Stationær forbrænding	22
2.3 Mobil forbrænding - Vejtransport	25
2.4 Mobil forbrænding - Andre mobile kilder	30
2.5 Flygtige emissioner	38
2.6 Industrielle processer og produktanvendelse	42
2.7 Landbrug	44
2.8 Affald	54
<b>3. Alternativt energiscenarie</b>	<b>56</b>
3.1 Sammenligning mellem energifremskrivninger	56
3.2 Resultater	57
<b>4. Scenarier</b>	<b>61</b>
4.1 Partikler	61
4.2 Ammoniak	63
<b>5. Usikkerheder</b>	<b>68</b>
5.1 Kvælstofoxider	69
5.2 Svovldioxid	69
5.3 Ammoniak	69
5.4 Flygtige organiske forbindelser	69
5.5 Partikler	70
5.6 Sod	70
<b>6. Konklusioner</b>	<b>71</b>
<b>Referencer</b>	<b>73</b>

*[Tom side]*

## Forord

Denne rapport beskriver datagrundlaget og antagelserne for fremskrivning af emissioner af svovldioxid (SO<sub>2</sub>), kvælstofoxider (NO<sub>x</sub>), flygtige organiske forbindelser (NMVOC), partikler med en diameter på under 2,5 µm (PM<sub>2.5</sub>) og sod (black carbon, BC). Emissionerne er fremskrevet til 2030, dels i et basis-scenarie 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 som WM (with measures) fremskrivning. I tillæg til denne fremskrivning er der regnet på et alternativt energiscenarie. Denne fremskrivning benævnes WAM (with additional measures) fremskrivning.

Projektet er gennemført på opdrag fra Miljøstyrelsen gennem en aftale mellem DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, ved Aarhus Universitet. Arbejdet er udført af Institut for Miljøvidenskab.

Forfatterne ønsker at takke:

Energistyrelsen (ENS) – specielt Jakob Stenby Lundsager og Morten Bøje Blarke – for at bidrage med energiscenarier og for værdifulde diskussioner gennem projektet.

DTU Transport for at bidrage med viden til fremskrivningen af vejtransport.

G & O Trading ApS – især Anders Weirup, for at bidrage med oplysninger om slagvolumen pr. cylinder for nye diesel motorer i både.

## Sammenfatning

I dette projekt er der foretaget to fremskrivninger samt en række scenarieberegninger. Der er dels foretaget en basisfremskrivning (WM – with measures fremskrivning), som anvender Energistyrelsens basisfremskrivning, dels en WAM (with additional measures) fremskrivning, som er et alternativt energiscenarie, hvor der ikke er anlagt den samme 'frozen policy' tilgang som i basisfremskrivningen.

For partikler (PM<sub>2,5</sub>) og ammoniak (NH<sub>3</sub>) er der beregnet emissionskonsekvenser af en række scenarier. Scenarierne for partikler er udviklet af NIRAS, og NH<sub>3</sub>-scenarierne er udviklet af Københavns Universitet. DCE har beregnet emissionskonsekvenserne af disse scenarier.

Danmark er omfattet af en række forpligtigelser i forhold til opgørelse og rapportering af luftforurening. De vigtigste forpligtigelser stammer fra FN's konvention om langtrækkende grænseoverskridende luftforurening (CLRTAP) samt EU's direktiv om nationale emissionslofter (NECD). Der er i NECD fastsat reduktionsforpligtigelser for svovldioxid (SO<sub>2</sub>), kvælstofoxider (NO<sub>x</sub>), andre flygtige organiske forbindelse end metan (NMVOC), NH<sub>3</sub> og PM<sub>2,5</sub> i 2020 og 2030. Reduktionsforpligtigelsen for 2020 er den samme som under CLRTAP. Nedenstående tabel viser de nuværende forpligtigelser, herunder også reduktionsforpligtigelserne for 2020 og 2030 omregnet til et 'emissionsloft'.

Tabel S.1 Emissionslofter og reduktionsforpligtigelser for Danmark.

	Enhed	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NMVOC	NH <sub>3</sub>	PM <sub>2,5</sub>
Emissionsloft – 2010	Tons	55.000	127.000	85.000	69.000	
Reduktionsforpligtigelse 2020	%	35	56	35	24	33
Reduktionsforpligtigelse 2030	%	59	68	37	24	55
Emissionsniveau – 2005	Tons	26.212	188.117	108.577	88.552	25.636
'Emissionsloft' – 2020	Tons	17.038	82.771	70.575	67.300	17.176
'Emissionsloft' – 2030	Tons	10.747	60.197	68.403	67.300	11.536
Emission – 2016	Tons	10.240	96.550	65.550	75.371	20.549
Fremskrevet emission – 2020, WM	Tons	10.727	78.985	61.713	72.581	18.470
Fremskrevet emission – 2020, WAM	Tons	10.362	76.421	61.604	72.551	18.437
Fremskrevet emission – 2030, WM	Tons	12.217	58.880	58.832	72.038	15.204
Fremskrevet emission – 2030, WAM	Tons	10.531	53.787	58.059	71.888	14.880

Emissionerne af SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og NMVOC fremskrevet til 2020 ses at være under reduktionsmålet. For 2030 er NO<sub>x</sub> og NMVOC fremskrevet til at være under reduktionsmålet. For SO<sub>2</sub> er 2030 emissionen under reduktionsmålet i WAM-fremskrivningen.

Resultaterne for de enkelte stoffer er vist i de nedenstående tabeller sammen med et beregnet reduktionsmål for 2020 og 2030. Reduktionsmålet er beregnet på basis af 2005-emissionerne, som rapporteret til EU og FN d. 15. februar 2018 kombineret med de procentreduktionsmål, der er angivet i NEC-direktivet.



Tabel S.2 Resultater af emissionsfremskrivninger for SO<sub>2</sub>.

SO <sub>2</sub> emission, tons	2020	2025	2030
SO <sub>2</sub> , WM	10.727	11.548	12.217
SO <sub>2</sub> , WAM	10.362	10.576	10.531
Reduktionsmål	17.038		10.747

I begge fremskrivninger er SO<sub>2</sub>-emissionen i 2020 beregnet til at være et godt stykke under reduktionsmålet. Selv med de usikkerheder, der er forbundet med en fremskrivning, så er det med meget høj sandsynlighed, at 2020-målet opnås. For 2030, er SO<sub>2</sub>-emissionen i WM-fremskrivningen et stykke over reduktionsmålet, mens den i WAM-fremskrivningen akkurat er under reduktionsmålet. Med de usikkerheder, der er i fremskrivningen er det ikke muligt at konkludere, at målet med sikkerhed opnås.

Tabel S.3 Resultater af emissionsfremskrivninger for NO<sub>x</sub>.

NO <sub>x</sub> -emission, tons	2020	2025	2030
NO <sub>x</sub> , WM	99.150	89.264	79.633
NO <sub>x</sub> , WAM	96.586	85.353	74.540
NO <sub>x</sub> , WM, ekskl. 3B og 3D	78.985	68.733	58.880
NO <sub>x</sub> , WAM, ekskl. 3B og 3D	76.421	64.823	53.787
Reduktionsmål	82.771		60.197

I både WM- og WAM-fremskrivningen er NO<sub>x</sub>-emissionen fremskrevet til at være under reduktionsmålet for både 2020 og 2030. Der er usikkerheder forbundet med fremskrivningen, i særdeleshed for vejtransport, men for WAM-scenariet vurderes det, at det er meget sandsynligt, at reduktionsmålet opnås.

Tabel S.4 Resultater af emissionsfremskrivninger for NMVOC.

NMVOC emission, tons	2020	2025	2030
NMVOC, WM	100.371	99.869	99.280
NMVOC, WAM	100.262	99.162	98.507
NMVOC, WM, ekskl. 3B og 3D	61.713	60.270	58.832
NMVOC, WAM, ekskl. 3B og 3D	61.604	59.563	58.059
Reduktionsmål	70.575		68.403

I både WM- og WAM-fremskrivningen er den fremskrevne emission i både 2020 og 2030 væsentligt under reduktionsmålet. Det må antages med høj sandsynlighed, at reduktionsmålene i 2020 og 2030 opnås.

Tabel S.5 Resultater af emissionsfremskrivninger og scenarier for NH<sub>3</sub>.

NH <sub>3</sub> emission, tons	2020	2025	2030
NH <sub>3</sub> , WM	72.581	72.589	72.038
NH <sub>3</sub> , WAM	72.551	72.457	71.888
Reduktionsmål	67.300		67.300
Scenarie 1	0	-1.038	-2.046
Scenarie 2	-578	-757	-1.005
Scenarie 3	-995	-992	-961
Scenarie 4	-933	-932	-932
Scenarie 5	-1.003	-1.058	-1.058
Scenarie 6	-1.313	-2.542	-3.271

Både i WM- og WAM-scenariet ligger den fremskrevne NH<sub>3</sub>-emission væsentligt over reduktionsmålene for 2020 og 2030. Der er for landbrug beregnet seks scenarier, som er nærmere beskrevet i kapitel 4. Effekten af de forskellige scenarier svinger i 2020 mellem ingen effekt og op til 1.300 tons NH<sub>3</sub>, mens

effekten i 2030 varierer mellem 900 og 3300 tons NH<sub>3</sub>. Den største effekt opnås for scenarie 6, som omfatter en konsekvensberegning af en fastholdelse af husdyrproduktionen på det nuværende niveau svarende til perioden 2014-2016. Langt størstedelen af emissionen er knyttet til husdyrproduktionen, og derfor vil ændringer, som er direkte relateret til husdyrproduktionen relativt set have en stor betydning.

Tabel S.6 Resultater af emissionsfremskrivninger og scenarier for PM<sub>2,5</sub>.

PM <sub>2,5</sub> emission, tons	2020	2025	2030
PM <sub>2,5</sub> , WM	18.470	16.732	15.204
PM <sub>2,5</sub> , WAM	18.437	16.209	14.880
Reduktionsmål	17.176		11.536
Scenarie 1	-252	-3.185	-2.560
Scenarie 2	-2.456	-1.595	-1.188
Scenarie 3	-873	-621	-403
Scenarie 4, non-road 1	-43	-21	-7
Scenarie 5, non-road 2	-76	-31	-9

Både i WM- og WAM-scenariet ligger den fremskrevne PM<sub>2,5</sub> emission væsentligt over reduktionsmålene for 2020 og 2030. Der er beregnet fem scenarier, som er nærmere beskrevet i kapitel 4. De tre scenarier omhandler brændeovne, mens de sidste to omhandler ikke-vejgående maskiner. Effekten af de forskellige scenarier svinger i 2020 mellem 43 og 2456 tons PM<sub>2,5</sub>. Den største effekt i 2020 opnås for scenarie 2, som er afgift på anvendelse af brændeovne. I 2030 ses den største effekt af trinvis udfasning af brændeovne, som beskrevet i scenarie 1.

## Summary

In this project, two projections have been made, as well as a number of scenario calculations. Firstly, a basic projection (WM - with measures projection) has been made, which uses the Energy Agency's basic projection and secondly a WAM (with additional measures) projection has been made, which is an alternative energy scenario, where the same "frozen policy" approach has not been applied, as in the basic projection.

For particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) and ammonia (NH<sub>3</sub>), emission, impacts are calculated on a number of scenarios. The scenarios for particles have been developed by NIRAS, and the NH<sub>3</sub> scenarios were developed by the University of Copenhagen. DCE has calculated the emission impact of these scenarios.

Denmark is subject to a number of obligations with regard to inventory and reporting of air pollution. The main obligations derive from the United Nations Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP) and the EU NECD Directive. NECD has set the emission reduction obligations for sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), non-volatile organic compounds than methane (NMVOC), NH<sub>3</sub> and PM<sub>2.5</sub> for 2020 and 2030. The reduction obligation for 2020 is the same as under CLRTAP. The table below shows the current commitments, including the reduction commitments for 2020 and 2030 converted into an "emissions ceiling".

Table S.1 Emission ceilings and reduction obligations for Denmark.

	Unit	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NMVOC	NH <sub>3</sub>	PM <sub>2.5</sub>
Emission ceiling – 2010	Tonnes	55,000	127,000	85,000	69,000	
Reduction obligation 2020	%	35	56	35	24	33
Reduction obligation 2030	%	59	68	37	24	55
Emission level – 2005	Tonnes	26,212	188,117	108,577	88,552	25,636
'Emission ceiling' – 2020	Tonnes	17,038	82,771	70,575	67,300	17,176
'Emission ceiling' – 2030	Tonnes	10,747	60,197	68,403	67,300	11,536
Emission – 2016	Tonnes	10,240	96,550	65,550	75,371	20,549
Projected emission – 2020, WM	Tonnes	10,727	78,985	61,713	72,581	18,470
Projected emission – 2020, WAM	Tonnes	10,362	76,421	61,604	72,551	18,437
Projected emission – 2030, WM	Tonnes	12,217	58,880	58,832	72,038	15,204
Projected emission – 2030, WAM	Tonnes	10,531	53,787	58,059	71,888	14,880

Emissions of SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and NMVOC projected to 2020 are considered to be below the reduction target. NO<sub>x</sub> and NMVOC are projected to be below the reduction target for 2030. For SO<sub>2</sub>, the 2030 emission is below the reduction target in the WAM projection.

The results for the individual substances are shown in the tables below, together with a calculated reduction target for 2020 and 2030. The reduction target is calculated based on the 2005 emissions as reported to the EU and UN dated 15 February 2018, combined with the percentage reduction targets specified in the NEC Directive.

Table S.2 Results, emission projections for SO<sub>2</sub>.

SO <sub>2</sub> emission, tonnes	2020	2025	2030
SO <sub>2</sub> , WM	10,727	11,548	12,217
SO <sub>2</sub> , WAM	10,362	10,576	10,531
Reduction target	17,038		10,747

In both projections, the 2020 SO<sub>2</sub> emissions are estimated to be well below the reduction target. Even with the uncertainties associated with a projection, it is highly probable that the 2020 target will be met. For 2030, the SO<sub>2</sub> emission in the WM projection is slightly above the reduction target, while in the WAM projection, it is just below the reduction target. With the uncertainties in the projection, it is not possible to conclude with any certainty that the target will be met.

Table S.3 Results, emission projections for NO<sub>x</sub>.

NO <sub>x</sub> emission, tonnes	2020	2025	2030
NO <sub>x</sub> , WM	99,150	89,264	79,633
NO <sub>x</sub> , WAM	96,586	85,353	74,540
NO <sub>x</sub> , WM, excl. 3B and 3D	78,985	68,733	58,880
NO <sub>x</sub> , WAM, excl. 3B and 3D	76,421	64,823	53,787
Reduction target	82,771		60,197

In both the WM and WAM projections, the NO<sub>x</sub> emission is projected to be below the reduction target for both 2020 and 2030. There are uncertainties associated with the projection, especially for road transport, but for the WAM scenario, it is estimated that the reduction target is very likely to be met.

Table S.4 Results, emission projections for NMVOC.

NMVOC emission, tonnes	2020	2025	2030
NMVOC, WM	100,371	99,869	99,280
NMVOC, WAM	100,262	99,162	98,507
NMVOC, WM, excl. 3B and 3D	61,713	60,270	58,832
NMVOC, WAM, excl. 3B and 3D	61,604	59,563	58,059
Reduction target	70,575		68,403

The projected emissions for both 2020 and 2030 are significantly below the reduction target in both the WM and WAM projections. It is likely that the reduction targets in 2020 and 2030 will be achieved.

Table S.5 Results, emission projections and scenarios for NH<sub>3</sub>.

NH <sub>3</sub> emission, tonnes	2020	2025	2030
NH <sub>3</sub> , WM	72,581	72,589	72,038
NH <sub>3</sub> , WAM	72,551	72,457	71,888
Reduction target	67,300		67,300
Scenario 1	0	-1,038	-2,046
Scenario 2	-578	-757	-1,005
Scenario 3	-995	-992	-961
Scenario 4	-933	-932	-932
Scenario 5	-1,003	-1,058	-1,058
Scenario 6	-1,313	-2,542	-3,271

In both scenarios (WM and WAM), the projected NH<sub>3</sub> emission is significantly above the reduction targets for 2020 and 2030. There are six scenarios for agriculture, which are described in more detail in Chapter 4. For 2020, the effect of the different scenarios fluctuates between no effect and up to 1,300 tonnes

of NH<sub>3</sub>, while the effect in 2030 varies between 900-3300 tonnes of NH<sub>3</sub>. The largest effect is achieved for scenario 6, which includes an impact analysis of a retention of the livestock production at the current level, corresponding to the period 2014-2016. The vast majority of the emissions are linked to the livestock production, and therefore, changes that are directly related to the livestock production, will have a relatively large impact.

Table S.6 Results, emission projections and scenarios for PM<sub>2.5</sub>.

PM <sub>2.5</sub> emission, tonnes	2020	2025	2030
PM <sub>2.5</sub> , WM	18,470	16,732	15,204
PM <sub>2.5</sub> , WAM	18,437	16,209	14,880
Reduction target	17,176		11,536
Scenario 1	-252	-3,185	-2,560
Scenario 2	-2,456	-1,595	-1,188
Scenario 3	-873	-621	-403
Scenario 4, non-road 1	-43	-21	-7
Scenario 5, non-road 2	-76	-31	-9

The projected PM<sub>2.5</sub> emission is significantly above the reduction targets for 2020 and 2030 in both the WM and WAM scenarios. There are five scenarios, which are described in more detail in Chapter 4. The three scenarios concern wood-burning stoves, while the last two concern non-road machines. The effect of the different scenarios fluctuates between 43 and 2456 tonnes PM<sub>2.5</sub> in 2020. The biggest effect in 2020 is achieved for scenario 2, which concerns tax on the use of wood burning stoves. The biggest effect of a gradual phase-out of wood-burning stoves is seen in 2030, as described in scenario 1.



# 1. Indledning

I projektet 'Projection models 2010' (Illerup et al., 2002) blev der udviklet en række modeller med det specifikke formål at fremskrive emissioner af svovldioxid (SO<sub>2</sub>), kvælstofoxider (NO<sub>x</sub>), flygtige organiske forbindelse (NMVOC) og ammoniak (NH<sub>3</sub>) til 2010. Modellerne blev videreudviklet i et projekt i 2008 til også at omfatte partikler (Illerup et al., 2008) og fremskrivningsperioden blev udvidet til 2030. Yderligere udvikling til at omfatte flere kilder samt at medtage sod (BC) i fremskrivningen har fundet sted gennem projekter i 2011 (Nielsen et al., 2012), 2013 (Nielsen et al., 2013) og 2017 (Nielsen et al., 2017).

Dette projekt har opdateret fremskrivningsmodellerne med de seneste opdateringer for både aktivitetsdata og emissionsfaktorer siden den seneste fremskrivning.

Fremskrivningerne dækker alle antropogene emissionskilder, der er inkluderet i den danske emissionsopgørelse. Beregningsmetoderne for fremskrivningerne er konsistente med de metoder, der anvendes i emissionsopgørelsen, og de er derfor ikke beskrevet i detaljer i denne rapport. Der henvises til Nielsen et al. (2018) for en detaljeret beskrivelse af beregningsmetoderne anvendt i emissionsopgørelsen. Datagrundlaget anvendt i fremskrivningen, de anvendte antagelser samt eventuelle afvigelser fra den historiske opgørelsesmetodik er beskrevet under sektorafsnittene, se Kapitel 2.2-2.8.

## 1.1 Forpligtigelser

Luftforurening er reguleret af en række protokoller under konventionen om langtrækkende grænseoverskridende luftforurening (CLRTAP), hvor Gøteborgprotokollen er en af dem. Formålet med Gøteborgprotokollen er at reducere emissionerne af SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC og NH<sub>3</sub> for at nedbringe overskridelser af tålegrænser for forsurening, eutrofiering og effekterne af fotokemisk luftforurening (ozon). I Gøteborgprotokollen for 1999 blev der for hvert land vedtaget et emissionsloft for 2010 baseret på målsætninger for at reducere overskridelse af tålegrænser for økosystemer i Europa. Dette var i modsætning til tidligere protokoller, hvor forpligtigelsen gik på at reducere emissionen i forhold til et basisår, men uden en angivelse af hvor stor en reduktion, der skulle opnås.

I 2012 blev Gøteborgprotokollen opdateret til at omfatte emissionsreduktionsforpligtigelser gældende fra 2020 og fremefter. Derudover blev der indført reduktionsmålsætninger for PM<sub>2,5</sub>. I den reviderede Gøteborgprotokol er reduktionsforpligtigelserne udtrykt som procentvise reduktioner i forhold til emissionen i 2005 for de enkelte stoffer.

Emissionsloftet for 2010 blev desuden indført i europæisk lov med Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2001/81/EF af 23. oktober 2001 om nationale emissionslofter for visse luftforurenende stoffer (NEC-direktivet). I 2016 blev et revideret direktiv vedtaget, som gennemførte reduktionsforpligtigelserne for 2020 vedtaget under Gøteborgprotokollen (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). Dette direktiv fastsætter også emissionsreduktionsforpligtigelser for 2030.

Emissionslofterne for 2010 er vist i Tabel 1.1, som også viser reduktionsforpligtelserne for 2020 og 2030 omregnet til et 'emissionsloft'.

Tabel 1.1 Emissionslofter og reduktionsforpligtelser for Danmark.

	Enhed	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NMVOG	NH <sub>3</sub>	PM <sub>2,5</sub>
Emissionsloft – 2010*	Tons	55.000	127.000	85.000	69.000	
Reduktionsforpligtelse 2020	%	35	56	35	24	33
Reduktionsforpligtelse 2030	%	59	68	37	24	55
Emissionsniveau – 2005	Tons	26.212	188.117	108.577	88.552	25.636
'Emissionsloft' – 2020	Tons	17.038	82.771	70.575	67.300	17.176
'Emissionsloft' – 2030	Tons	10.747	60.197	68.403	67.300	11.536
Emission – 2016**	Tons	10.240	96.550	65.550	75.371	20.549

\*Danmark har fået godkendt justeringer til emissionerne af NMVOG og NH<sub>3</sub>. For flere oplysninger se Nielsen et al. (2018).

\*\*Emissionerne for 2016 er vist uden emissionerne for husdyrhold og landbrugsjorde (NFR kategorierne 3B og 3D). NO<sub>x</sub>- og NMVOG-emissioner for husdyrhold og landbrugsjorde er ikke omfattet af reduktionsforpligtelser i NEC-direktivet.

Danmark er forpligtet til at rapportere fremskrivninger for de stoffer, der er omfattet af reduktionsforpligtelser.

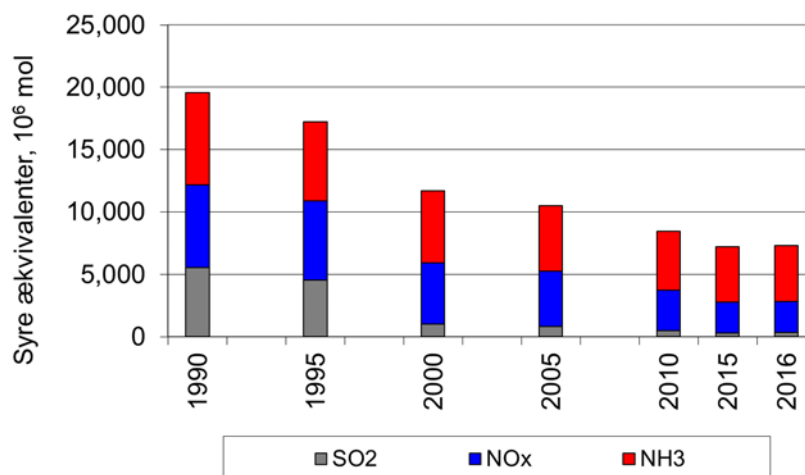
Det seneste historiske år ved udarbejdelsen af denne fremskrivning var 2016. Emissioner præsenteret i denne rapport er derfor baseret på historiske data frem til 2016, mens data for 2017 og fremefter er fremskrevne.

## 1.2 Historiske emissioner

De danske emissionsopgørelser følger de internationalt vedtagne retningslinjer, herunder de tekniske retningslinjer i EMEP/EEA Guidebook (EEA, 2016). Emissionsopgørelserne er baseret på SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution) klassificeringen af sektorer. Baseret på denne detaljerede kategorisering er det muligt at aggregere til det vedtagne rapporteringsformat NFR (nomenclature for reporting). Data er rapporteret til EU og FN, og den seneste emissionsopgørelse er dokumenteret i Nielsen et al. (2018).

### 1.2.1 Forsurende gasser

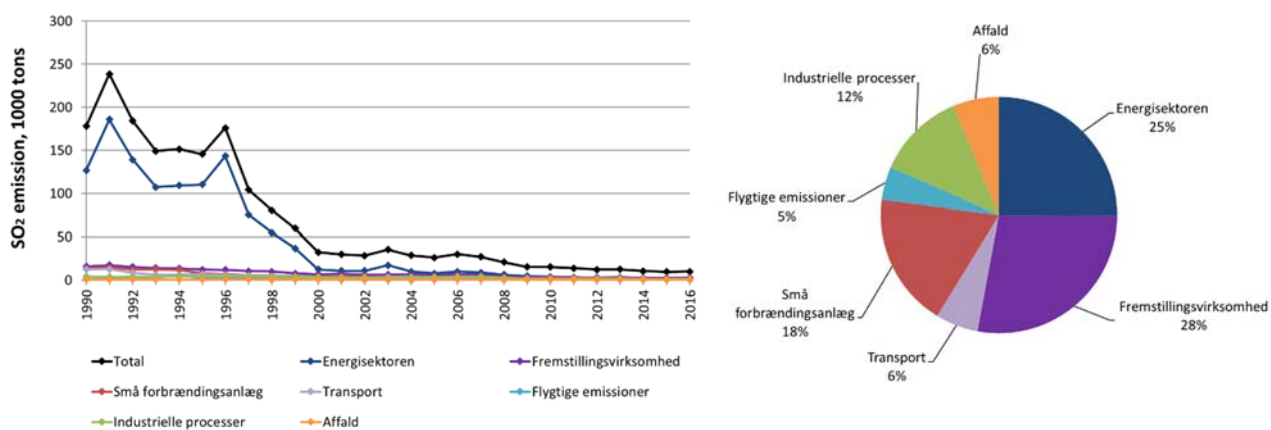
Figur 1.1 viser den danske emission af forsurende gasser udtrykt i syreækvivalenter. I 1990 var betydningen af de tre forsurende gasser udtrykt i syreækvivalenter stort set lige store. I 2016 er det vigtigste forsurende stof i Danmark ammoniak og de relative bidrag fra SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og NH<sub>3</sub> er henholdsvis 4 %, 35 % and 61 %. Når det kommer til langtransport af luftforurening er SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> dog stadig de vigtigste stoffer.



Figur 1.1 Emissioner af NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> and SO<sub>2</sub> i syreækvivalenter.

### SO<sub>2</sub>

Hovedparten af SO<sub>2</sub> emissionen stammer fra forbrænding af fossile brændstoffer (især kul og olie). Fra 1990 til 2016 er emissionen faldet med 94,2 %. Den store reduktion i udledningen skyldes installation af røggasafsvovling på kraft- og kraftvarmeverker samt lavere grænseværdier for svovlindhold i flydende brændsler. På trods af den store reduktion fra kraftværkssektoren, så udgør denne sektor fortsat 25 % af emissionen. SO<sub>2</sub>-emissioner fra fremstillingsvirksomhed er blevet den største kilde i løbet af de seneste år. Små forbrændingsanlæg (f.eks. brændeovne, brænde kedler, halmfyr, oliefyr og naturgasfyr) og industrielle processer bidrage også væsentligt til SO<sub>2</sub>-emissionen. Siden år 2000 har emissionerne af SO<sub>2</sub> været på et markant lavere niveau end i de 10 forudgående år. SO<sub>2</sub>-emissionen er dog fortsat med at falde og fra 2000 til 2016 faldt SO<sub>2</sub>-emissionen med 69 %. Siden 2005 er emissionen faldet med 61 %.

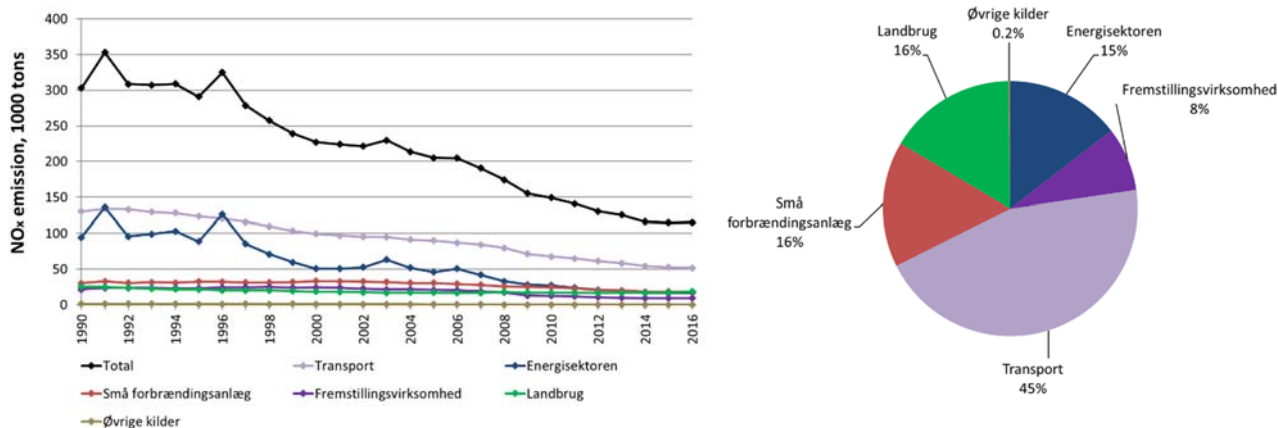


Figur 1.2 SO<sub>2</sub>-emissioner. Fordeling på hovedsektorer (2016) og tidsserien for 1990 til 2016.

### NO<sub>x</sub>

De største kilder til NO<sub>x</sub>-emission er transportsektoren, små forbrændingsanlæg, landbrug og energisektoren. Transportsektoren er den største enkeltkilde og udgjorde i 2016 45 % af den samlede NO<sub>x</sub>-emission. Det største bidrag kommer fra vejtransport med mindre bidrag fra luftfart, søfart og jernbaner. For små forbrændingsanlæg, så er de vigtigste kilder forbrænding af træ, olie og naturgas i husholdninger. NO<sub>x</sub>-emissionen fra energisektoren er faldet markant fra 1990 til 2016 med samlet 82 %, mens reduktionen i den samlede emission kun har været på 62 %. Faldet i NO<sub>x</sub>-emission fra energisektoren skyldes installation af lav-NO<sub>x</sub>-brændere og DeNO<sub>x</sub>-anlæg til rensning af

røggas. Emissionerne fra transportsektoren er faldet med 60 %, som en konsekvens af krav om katalysator og stadig strengere emissionskrav til nye biler. Landbrug er også en væsentlig kilde, og emissionen stammer hovedsageligt fra udbringning af handelsgødning og husdyrgødning på marker. Emissionen fra landbrug er kun faldet med 26 % fra 1990 til 2016. Siden 2005 er emissionen faldet med 49 %.

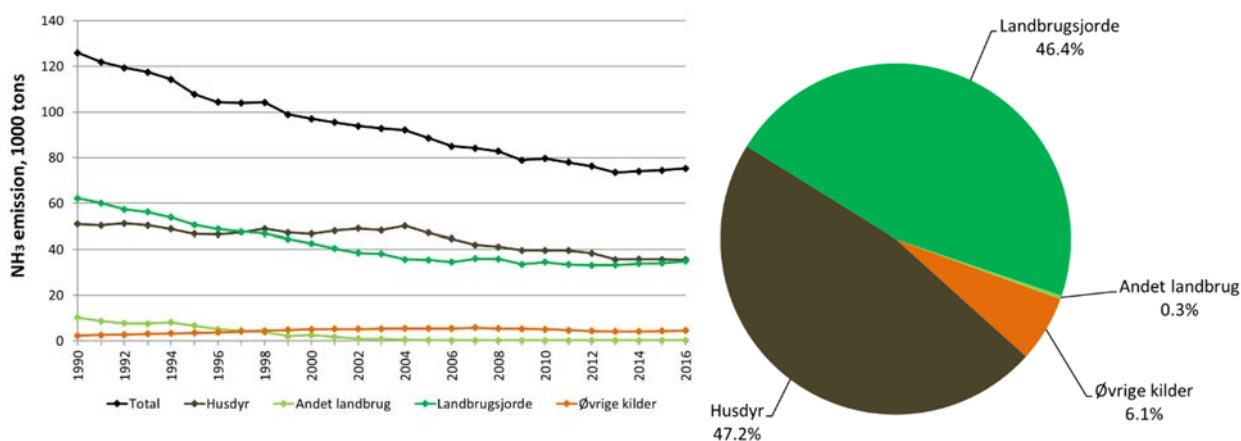


Figur 1.3 NO<sub>x</sub> emissioner. Fordeling på hovedsektorer (2016) og tidsserien for 1990 til 2016.

### NH<sub>3</sub>

Langt hovedparten af NH<sub>3</sub>-emissionen kommer fra landbruget. Mindre bidrag til den samlede emission kommer fra stationær forbrænding (især biomasse forbrænding i små anlæg), mobil forbrænding (især vejtransport) og affaldshåndtering (især kompostering). Bidraget fra vejtransport steg i begyndelsen af 1990'erne med indfasningen af katalysatorer, siden 2002 har emissionerne dog igen været faldende som følge af mere effektive katalysatorer. Størstedelen af emissionen stammer fra husdyr og håndtering af husdyrgødning (47 %), og de største udledninger af NH<sub>3</sub> finder sted i forbindelse med håndtering af husdyrgødning i stald og lager. For landbrugsjorde, som udgjorde 46 % i 2016, er de vigtigste kilder udbringning af handelsgødning og husdyrgødning samt emissioner fra voksende afgrøder.

Den samlede emission af NH<sub>3</sub> faldt fra 1990 til 2016 med 40 %. Reduktionen har især været drevet af vandmiljøplaner, som har medført en række virkemidler for at reducere udvaskningen af kvælstof. Disse virkemidler har bl.a. fokuseret på bedre udnyttelse af kvælstoffet i husdyrgødning, lovgivning omkring udbringningstidspunkter og metoder, regler for efterafgrøder mv. Siden 2005 er emissionen faldet med 15 %.

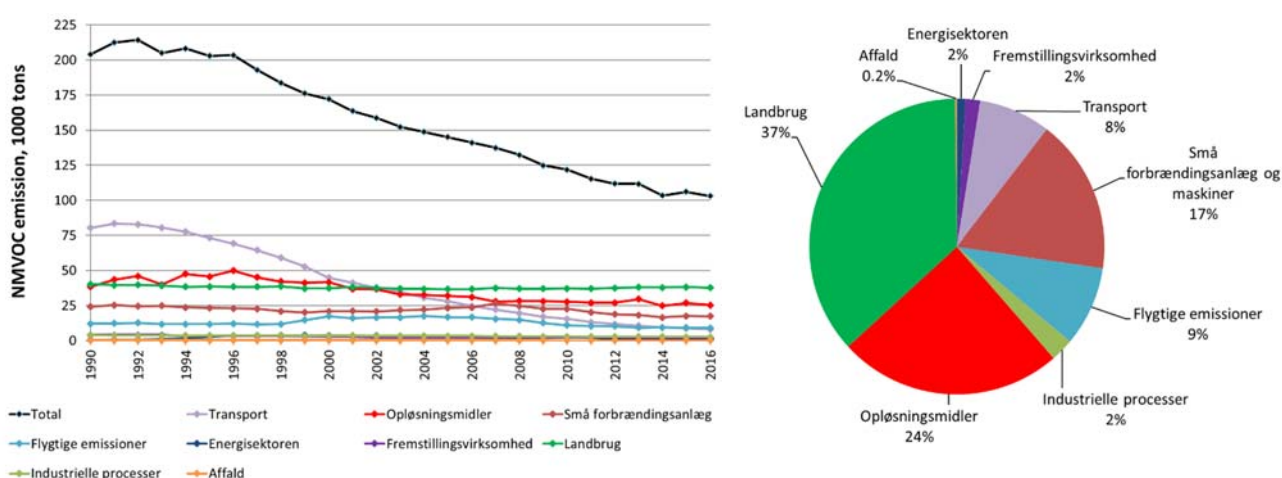


Figur 1.4 NH<sub>3</sub>-emissioner. Fordeling på hovedsektorer (2016) og tidsserien for 1990 til 2016.

## 1.2.2 Andre luftforurenende stoffer

### NMVOG

Emissioner af NMVOG stammer fra mange forskellige kilder og kan opdeles i to hovedgrupper: Ufuldstændig forbrænding og fordampning. De vigtigste kilder til forbrændingsemissioner er vejtransport, ikke-vejgående maskiner og redskaber samt små forbrændingsanlæg i husholdninger. Emissionerne fra transport og maskiner har været faldende, mens emissionen fra små forbrændingsanlæg har været stigende pga. et stigende træforbrug særligt i perioden 2000-2008. Fordampningsemissionerne kommer hovedsageligt fra landbrug, anvendelse af opløsningsmidler og flygtige emissioner (udvinding, transport, lagring og raffinering af olie og gas). Den samlede emission er faldet med 49 % fra 1990 til 2016, drevet af introduktion af katalysatorer, og stadig strengere emissionsgrænseværdier i vejtransport og for andre mobile kilder. Emissionen fra anvendelse af opløsningsmidler er også faldet væsentligt pga. lovgivningsmæssig regulering. Siden 2005 er emissionen faldet med 40 %.



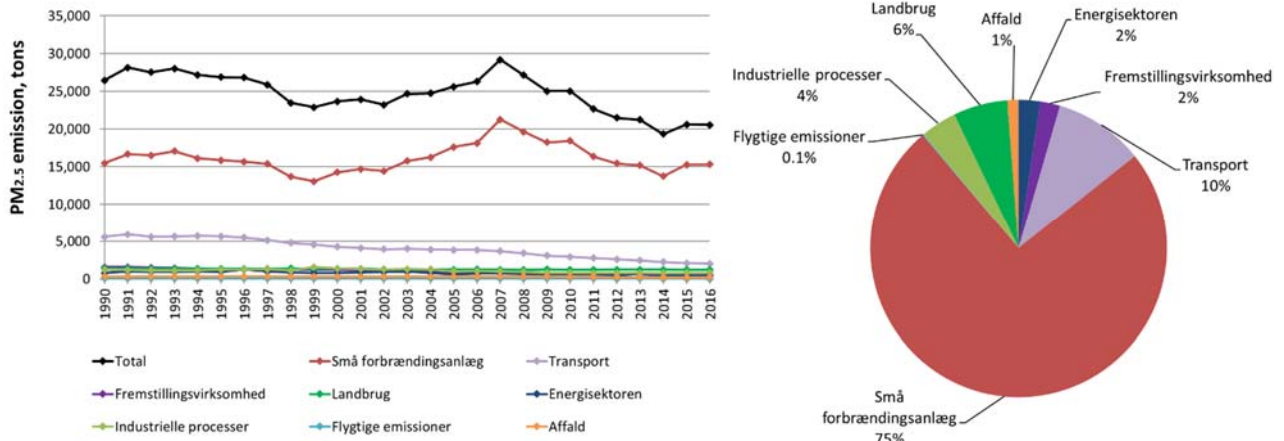
Figur 1.5 NMVOG-emissioner. Fordeling på hovedsektorer (2016) og tidsserien for 1990 til 2016.

### Partikler

Opgørelsen af partikelemissioner omfatter den totale partikelmængde (TSP – Total Suspended Particulates), partikler med en aerodynamisk diameter under  $10 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) og partikler med en aerodynamisk diameter under  $2,5 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5}$ ).

Langt hovedparten af  $\text{PM}_{2,5}$ -emissionen kommer fra små forbrændingsanlæg, mens mindre bidrag kommer fra vejtransport og andre mobile kilder. For vejtransport er emissionerne fra udstødning reduceret markant og i en sådan grad, at partikler fra slid på dæk, bremses og vejbelægning nu udgør mere end halvdelen af  $\text{PM}_{2,5}$ -emissionen fra vejtransport. Emissionen har fluktueret gennem tidsserien som et resultat af en stigende tendens for nogle sektorer (især små forbrændingsanlæg) og en faldende tendens fra især transportsektoren. Samlet set er emissionen af  $\text{PM}_{2,5}$  faldet med 22 % fra 1990 til 2016. Siden 2005 er emissionen faldet med 20 %.

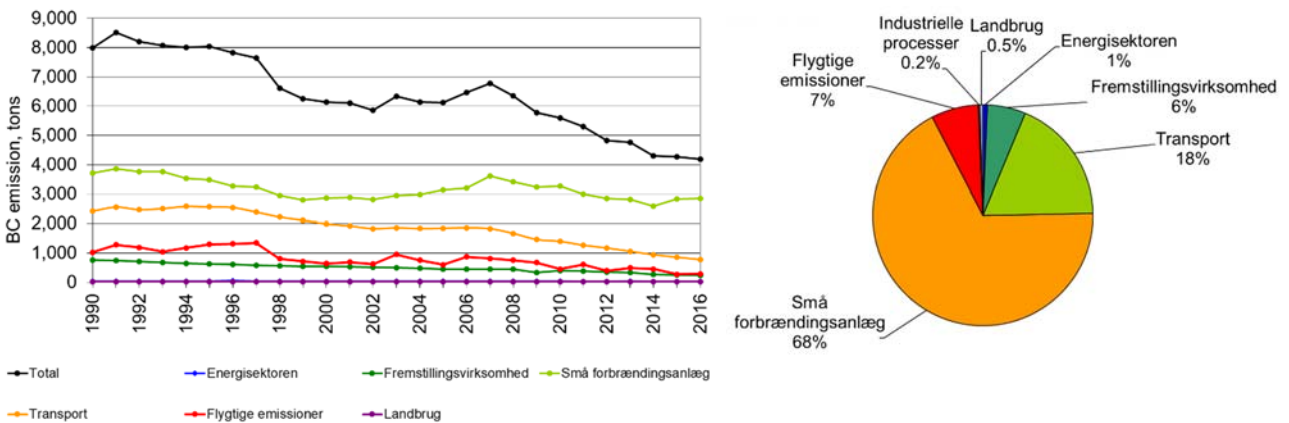




Figur 1.6 PM<sub>2.5</sub>-emissioner. Fordeling på hovedsektorer (2016) og tidsserien for 1990 til 2016.

### Sod

Udviklingen i BC-emission følger i et vist omfang emissionerne fra PM<sub>2.5</sub>. Transportsektoren fylder mere i det samlede emissionsbillede end for PM<sub>2.5</sub>, og er den sektor, der har oplevet det største fald i emissionen med introduktion af partikelfiltre til dieselmotorer. Samlet set er emissionen faldet med 47 % siden 1990. Siden 2005 er emissionen faldet med 32 %.



Figur 1.7 BC-emissioner. Fordeling på hovedsektorer (2016) og tidsserien for 1990 til 2016.

## 2. Basisfremskrivning

I dette kapitel sammenfattes resultaterne af basisfremskrivningen. Kapitel 2.1 beskriver overordnet resultaterne opdelt på forureningskomponenter, mens kapitel 2.2-2.8 beskriver basisfremskrivningen pr. sektor.

### 2.1 Sammenfatning pr. stof

Emissionerne for det seneste historiske år (2016) er vist i Tabel 2.1 sammen med de fremskrevne emissioner for 2020, 2025 og 2030. Resultaterne af basisfremskrivningen viser, at der for alle forureningskomponenter med undtagelse af SO<sub>2</sub> sker et fald i emissionerne fra det seneste historiske år (2016) til 2020 og yderligere fald mellem 2020 og 2030. For SO<sub>2</sub> er emissionerne fremskrevet til at stige både fra 2016 til 2020 og i endnu højere grad mellem 2020 og 2030. Flere detaljer om udviklingen for hver enkelt forureningskomponent er angivet i de følgende afsnit.

Tabel 2.1 Historiske emissioner for 2016 og fremskrevne emissioner for 2020, 2025 og 2030.

Tons	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub> ex. 3B og 3D	NO <sub>x</sub> ex. 3B og 3D	NMVOC ex. 3B og 3D	NMVOC ex. 3B og 3D	NH <sub>3</sub>	PM <sub>2,5</sub>	BC
2016	10240	115153	96550	103074	65550	75371	20549	4196
2020	10727	99150	78985	100371	61713	72581	18470	3508
2025	11548	89264	68733	99869	60270	72589	16732	3192
2030	12217	79633	58880	99280	58832	72038	15204	3020

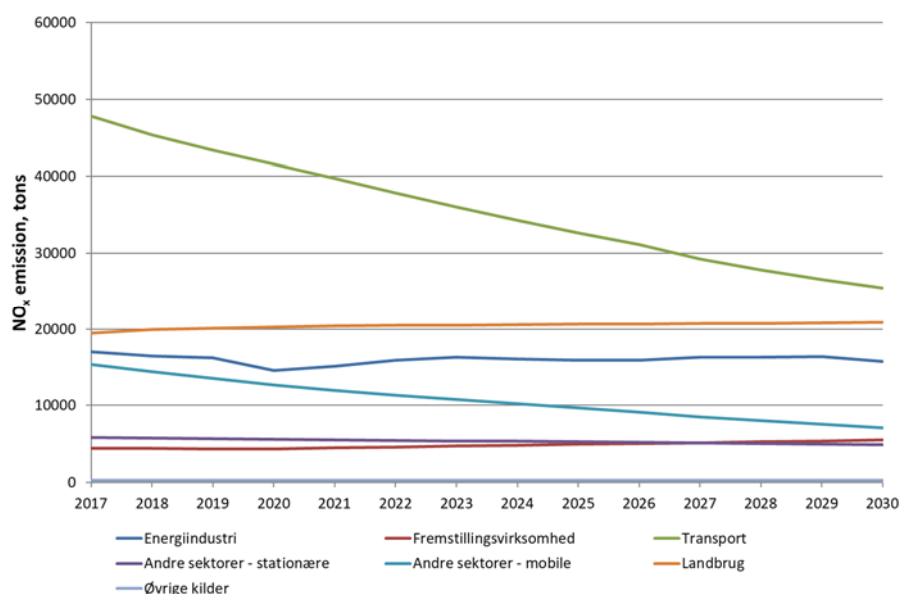
NO<sub>x</sub>- og NMVOC-emissioner fra husdyrhold (NFR kategori 3B) og landbrugsjorde (NFR kategori 3D) er ikke omfattet af reduktionsforpligtigelserne i NEC-direktivet. Derfor er resultaterne for NO<sub>x</sub> og NMVOC fra fremskrivningen præsenteret både med og uden disse to sektorer.

#### 2.1.1 Kvælstofoxider

De største kilder til NO<sub>x</sub>-emissionen i 2016 er transport, landbrug, energisektoren samt ikke-vejpgående maskiner og redskaber. Disse sektorer stod for henholdsvis 45 %, 16 %, 15 % og 14 % af den samlede NO<sub>x</sub>-emission i 2016.

NO<sub>x</sub>-emissioner fra husdyrhold og landbrugsjorde er ikke omfattet af reduktionsforpligtigelserne i NEC direktivet.

NO<sub>x</sub>-emissionen er fremskrevet til at falde med 14 % (31 %) fra 2016 til 2020 (2030), når emissionerne fra landbrug medtages. Hvis emissionerne fra landbrug ekskluderes, så er reduktionen på henholdsvis 19 % og 40 %. De største reduktioner ses for vejtransport og ikke-vejpgående maskiner pga. indfasning af Euro-normer med lavere emissionsgrænseværdier. I 2020 er der også et stort fald i emissionen fra udvinding af olie og gas, da produktionen omkring 2020 forventes at være markant lavere pga. reovering af felter til udvinding af gas og olie i Nordsøen.

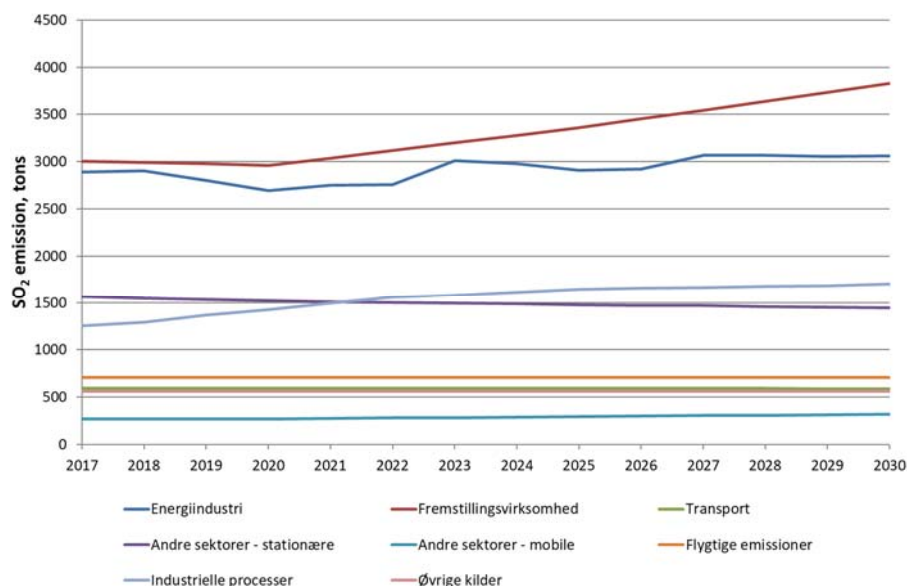


Figur 2.1 Basisfremskrivning af NO<sub>x</sub>.

### 2.1.2 Svovldioxid

De største kilder til SO<sub>2</sub>-emission er fremstillingsvirksomhed og energisektoren, som står for henholdsvis 28 % og 25 % af emissionen i 2016. Andre væsentlige bidrag kommer fra små forbrændingsanlæg primært i husholdninger (16 %) og industrielle processer (12 %).

SO<sub>2</sub>-emissionen er fremskrevet til at stige med 5 % (19 %) fra 2016 til 2020 (2030). De største stigninger ses for energisektoren, fremstillingsvirksomhed og industrielle processer. Det skyldes et højere forbrug af kul i energisektoren og i fremstillingsvirksomhed samt en forventet stigning i procesemissionerne fra produktion af tegl og ekspanderede lerprodukter.



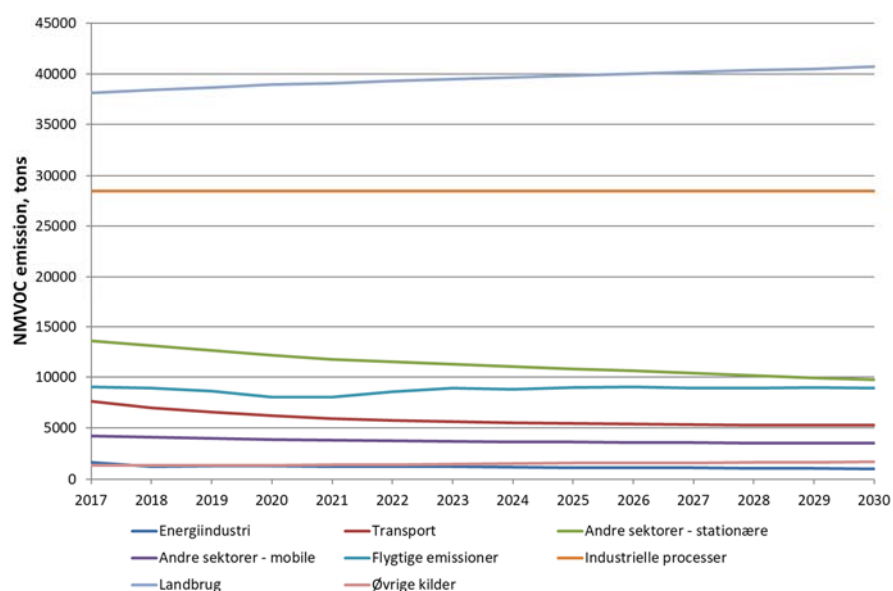
Figur 2.2 Basisfremskrivning af SO<sub>2</sub>.

### 2.1.3 Flygtige organiske forbindelser

De største kilder til NMVOC-emissionen er landbrug, industrielle processer, små forbrændingsanlæg og olie/gas sektoren. Disse sektorer står i 2016 for henholdsvis 37 %, 27 %, 13 % og 9 %.

NMVOC-emissioner fra husdyrhold og landbrugsjorde er ikke omfattet af reduktionsforpligtelserne i NEC-direktivet.

NMVOC-emissionen er fremskrevet til at falde med 2 % (4 %) fra 2014 til 2020 (2030), når emissionerne fra landbrug medtages. Hvis emissionerne fra landbrug ekskluderes er reduktionen på henholdsvis 5 % og 10 %. De største reduktioner forventes i vejtransport og husholdninger. Reduktionen i vejtransport skyldes implementeringen af nye Euro-normer, og den gradvise udskiftning af bilparken. For husholdninger skyldes reduktionen udskiftningen af ældre brændeovne med nye brændeovnsteknologier.

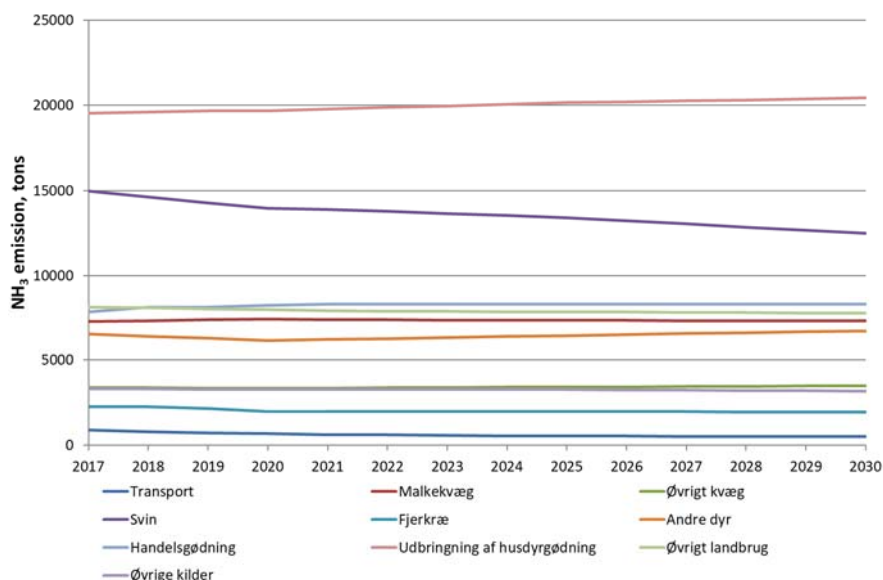


Figur 2.3 Basisfremskrivning af NMVOC.

#### 2.1.4 Ammoniak

De største kilder til  $\text{NH}_3$ -emissionen er udbringning af husdyrgødning, svineproduktion, kvægproduktion og handelsgødning. Disse sektorer står i 2016 for henholdsvis 26 %, 20 %, 14 % og 11 %.

$\text{NH}_3$ -emissionen er fremskrevet til at falde med 2 % (3 %) fra 2014 til 2020 (2030). De største reduktioner forventes for husdyrhold som følge af implementering af emissionsreducerende miljøteknologi i en større del af husdyrproduktionen. Emissionen fra handelsgødning og udbringning af husdyrgødning er fremskrevet til at stige pga. udbringning af en større mængde kvælstof udbragt.

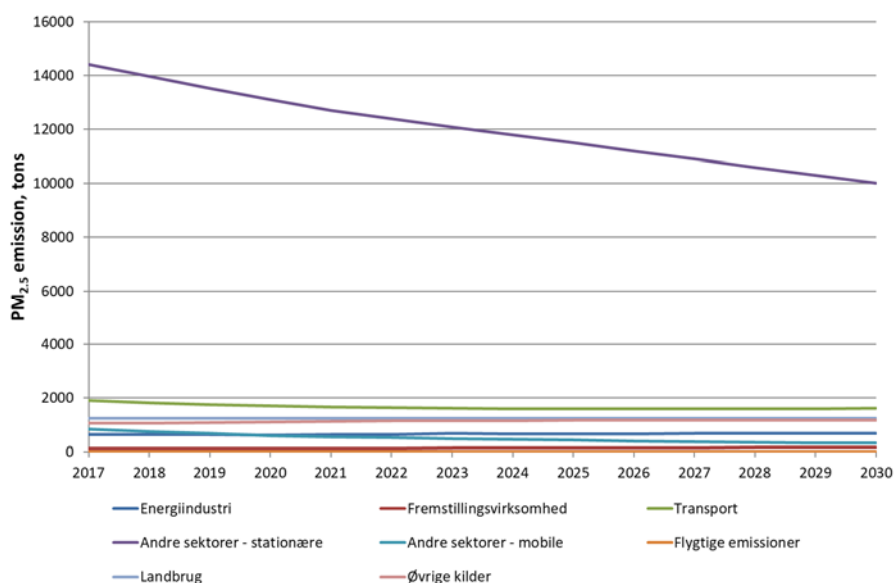


Figur 2.4 Basismfremskrivning af NH<sub>3</sub>.

### 2.1.5 Partikler

Den dominerende kilde til PM<sub>2,5</sub>-emissioner er små forbrændingsanlæg, hovedsageligt træfyrring i husholdninger. Husholdninger udgør 66 % af PM<sub>2,5</sub>-emissionen i 2016. Andre vigtige kilder er vejtransport, andre mobile kilder og landbrug, som udgør henholdsvis 8 %, 6 % og 5 %.

PM<sub>2,5</sub>-emissionen er fremskrevet til at falde med 10 % (26 %) fra 2016 til 2020 (2030). Hovedårsagen er en reduktion i emissionen fra husholdninger, pga. udskiftning af gamle brændeovne med nye brændeovnsteknologier med lavere emissioner.



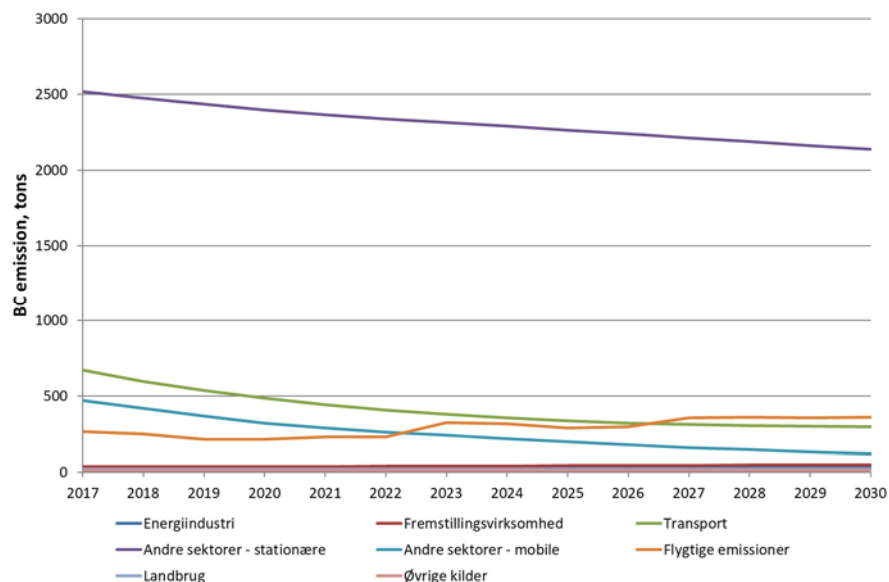
Figur 2.5 Basismfremskrivning af PM<sub>2,5</sub>.

### 2.1.6 Sod

Den dominerende kilde til sod (black carbon, BC) emissionen er små forbrændingsanlæg i husholdninger. I 2016 stod denne sektor for 53 % af den samlede emission. Andre vigtige kilder er vejtransport, forbrændingsemissioner fra landbrug og flygtige emissioner med henholdsvis 16 %, 12 % og 7 %.



Sodemissionen er fremskrevet til at falde med 16 % (28 %) fra 2016 til 2020 (2030). De største fald forventes for vejtransport, husholdninger og ikke-vejgående maskiner i landbruget. For vejtransport og maskiner skyldes reduktionen strammere emissionskrav for partikler i nye teknologier og gradvis udfasning af køretøjer og maskiner. For brændeovne i husholdninger sker der også en udskiftning af ældre teknologier med nye teknologier med lavere emissionsfaktorer.



Figur 2.6 Basisfremskrivning af BC.

## 2.2 Stationær forbrænding

### 2.2.1 Datagrundlag

Der anvendes brændselsforbrug fra Energistyrelsens basisfremskrivning (ENS, 2018a). For nogle sektorer er der brændselsforbrug til både stationære og mobile kilder. Splittet mellem mobilt og stationært forbrug bestemmes af de modeller, der anvendes til at beregne brændselsforbruget til maskiner og redskaber, se kapitel 2.4. Dette betyder, at der kan være forskel på fordelingen i brændselsforbruget mellem sektorer sammenlignet med energifremskrivningen. Det samlede brændselsforbrug fastholdes som angivet i energifremskrivningen. Denne fremgangsmåde er konsistent med udarbejdelsen af de historiske emissionsopgørelser.

### 2.2.2 Antagelser

#### Emissionsfaktorer

For arealkilder (alt andet end store punktkilder, dvs. hovedsageligt kraftvarmeværker) anvendes generelt samme emissionsfaktorer som i de historiske opgørelser for 2016, se Nielsen et al. (2018) kapitel 3.2. Energifremskrivningen er ikke som de historiske data opdelt på teknologier. I nogle tilfælde er der derfor beregnet en middelværdi for forskellige teknologier baseret på teknologifordelingen i 2016. I disse beregninger er der endvidere taget hensyn til hvilke anlæg, der indregnes som punktkilder i fremskrivningen.

Endvidere indgår:

- Grænseværdi fra Store Fyr, bekendtgørelse nr. 162 af 16/02/2015

- Evaluation of the NO<sub>x</sub>-emissions of the Danish population of gas boilers below 120 kW, Project report, October 2014, DGC
- Evaluation of the NO<sub>x</sub>-emissions of the Danish population of gas boilers above 120 kW, Project report, October 2015, DGC

For punktkilder anvendes anlægsspecifikke emissionsfaktorer for 2016 suppleret med generelle emissionsfaktorer for 2016 samt anlægsspecifikke fremskrivningsdata.

For NO<sub>x</sub> indgår miljøgodkendelser for anlæggene. For kraftværkerne indgår fremskrivninger af NO<sub>x</sub> rapporteret af Vattenfall og Dong Energy i 2013 (Hvidbjerg, 2013; Jørgensen, 2013).

### Træfyring i husholdninger

For træfyring i husholdninger er der foretaget en række antagelser for at modellere den fremtidige udvikling. Antagelserne er fastlagt i dialog mellem DCE, Miljøstyrelsen/Miljø- og Fødevareministeriet og branchen.

Det er antaget, at der i fremskrivningsperioden udskiftes 20.000 brændeovne pr. år, og at 90 % af nysalget er svanemærkede ovne med en emissionsfaktor svarende til 3 g partikler pr. kg træ. Det er antaget, at hele nysalget er udskiftninger, dvs. at der er regnet med et konstant antal brændeovne. Dette er konsistent med de antagelser, der er foretaget i emissionsopgørelsen.

Resultatet af emissionsfremskrivningen for især partikler, men også for NMVOC er i høj grad afhængig af de antagelser, der foretages angående udskiftningsrater, men også i forhold til tilvejebringelse af ny viden, f.eks. om det samlede antal af forskellige typer af træfyrianslæg.

I forbindelse med nye data fra Skorstensfejerlauget i 2017 samt en mere omfattende undersøgelse af træforbruget i Danmark blev modellen for opgørelse af emissioner fra træfyring revideret. Dette involverede både antallet af ovne/kedler, enhedsforbruget samt en ændring af modellen, så levetiden for brændekedler blev sat til 30 år, hvilket er den anslåede levetid baseret på oplysninger fra branchen. Disse ændringer har også medført, at der er ændringer i fremskrivningen. Nedenstående tabel viser betydningen af modelændringerne (både ændrede antagelser og bedre data) for PM<sub>2,5</sub>-emissionen fra træfyring i husholdninger i henholdsvis 2020 og 2030. Der er i sammenligningen anvendt det samme træforbrug (ENS, 2018a), således at ændringen udelukkende afspejler ændringer i datagrundlaget ud over træforbruget og antagelserne.

Tabel 2.2 Sammenligning mellem 2017 og 2018 fremskrivningen.

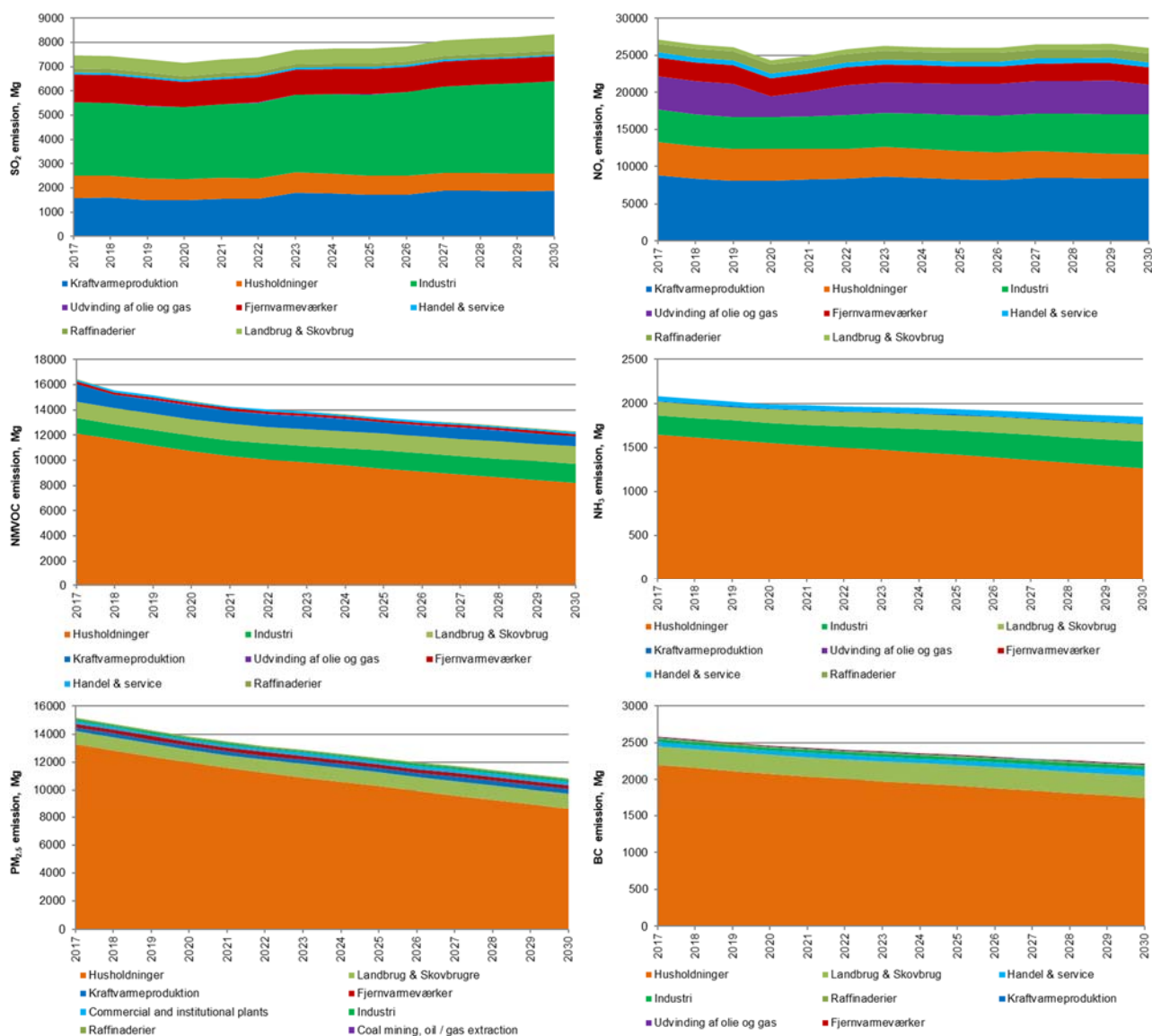
PM <sub>2,5</sub> , tons	2005	2020	2030
2017 fremskrivning	15389	10574	6605
2018 fremskrivning	13742	10661	7403

Det ses, at ændringerne i antagelser og datagrundlag har en mindre indflydelse på emissionen i 2020, mens indflydelsen på emissionen for 2030 er noget større med ca. 800 tons. Ændringerne havde også indflydelse på emissionsopgørelsen for historiske år, således faldt emissionen i 2005 med ca. 1.600 tons.

Der er planlagt yderligere forbedringer til modellen for træfyring i husholdninger i løbet af 2019.

## 2.2.3 Resultater

Figuren nedenfor viser de fremskrevne emissioner for perioden 2017 til 2030. Det ses, at for NMVOC, NH<sub>3</sub>, PM<sub>2,5</sub> og BC fra stationær forbrænding, så er husholdninger klart den største kilder, mens det for SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> er et mere blandet billede.



Figur 2.7 Basisfremskrivning for stationær forbrænding.

For SO<sub>2</sub> ses det, at industri og kraftvarmeproduktion er de vigtigste kilder. Samtidig er der for begge disse kilder en stigende trend i emissionen. Dette skyldes, at der i basisfremskrivningen er et stigende forbrug af kul i kraftværker og i industrien, hvilket medfører stigende SO<sub>2</sub>-emissioner. Samlet er SO<sub>2</sub>-emissionen fremskrevet til at stige med 878 tons svarende til 11,8 % fra 2017 til 2030.

For NO<sub>x</sub> ses det, at der er store bidrag til den samlede emission fra kraftvarmepværker, husholdninger, industri og udvinding af olie og gas. Emissionen fra industri er fremskrevet til at stige væsentligt i perioden pga. stigende brændselsforbrug, mens der er mindre fald i emissionen fra kraftvarmeproduktion og udvinding af olie og gas. Emissionen fra husholdninger falder væsentligt, hvilket især skyldes et markant lavere fremskrevet naturgasforbrug i

2030 sammenlignet med 2017. Samlet er NO<sub>x</sub>-emissionen fremskrevet til at falde med 1.129 tons svarende til 4,2 % fra 2017 til 2030.

For NMVOC ses det, at emissionen er domineret af husholdninger, hvilket især er brændeovne og brænde kedler. Emissionen fra husholdninger er fremskrevet til at falde markant fra 2017 til 2030. Dette skyldes indfasningen af nyere brændeovne, som er mere effektive, og dermed har en lavere udledning af NMVOC. For nogle af de andre sektorer, som f.eks. industri er der en stigende emission pga. en fremskrevet stigning i brændselsforbruget. Reduktionen fra husholdninger sammenholdt med en næsten konstant udvikling for de øvrige sektorer betyder samlet, at husholdningers andel af den samlede emission falder fra 74 % i 2017 til 67 % i 2030. Samlet er NMVOC-emissionen fremskrevet til at falde med 4.154 tons svarende til 25,3 % fra 2017 til 2030.

For NH<sub>3</sub> ses det, at der er meget få sektorer, der bidrager til emissionen. Dette skyldes, at der kun er emissionsfaktorer for biomasse og affald, hvilket betyder, at der for nogle sektorer, som f.eks. raffinaderier og udvinding af olie og gas ikke estimeres NH<sub>3</sub>-emissioner. Emissionen af NH<sub>3</sub> fra stationær forbrænding er meget lille sammenlignet med den totale emission, da langt hovedparten af NH<sub>3</sub>-emissionen kommer fra landbrug. Den langt største kilde er husholdninger efterfulgt af industri og landbrug/skovbrug. Emissionen fra de fleste sektorer stiger pga. et stigende forbrug af biomasse. For husholdninger betyder udskiftningen af gamle ovne med nye og mere effektive ovne, at emissionen falder selvom træforbruget er stort set uændret. Samlet er NH<sub>3</sub>-emissionen fremskrevet til at falde med 234 tons svarende til 11,2 % fra 2017 til 2030.

For PM<sub>2,5</sub> ses det, at emissionen er domineret af husholdninger, som står for langt hovedparten af emissionerne og som dikterer trenden i udledningerne. Udskiftningen af gamle brændeovne med nyere og mere effektive ovne slår voldsomt igennem på udviklingen af PM<sub>2,5</sub>-emissionen. Husholdninger fortsætter dog gennem hele perioden med at være den dominerende kilde, således falder husholdningernes andel af emissionen kun fra 88 % i 2017 til 80 % i 2030. Samlet er PM<sub>2,5</sub>-emissionen fremskrevet til at falde med 4.309 tons svarende til 28,4 % fra 2017 til 2030.

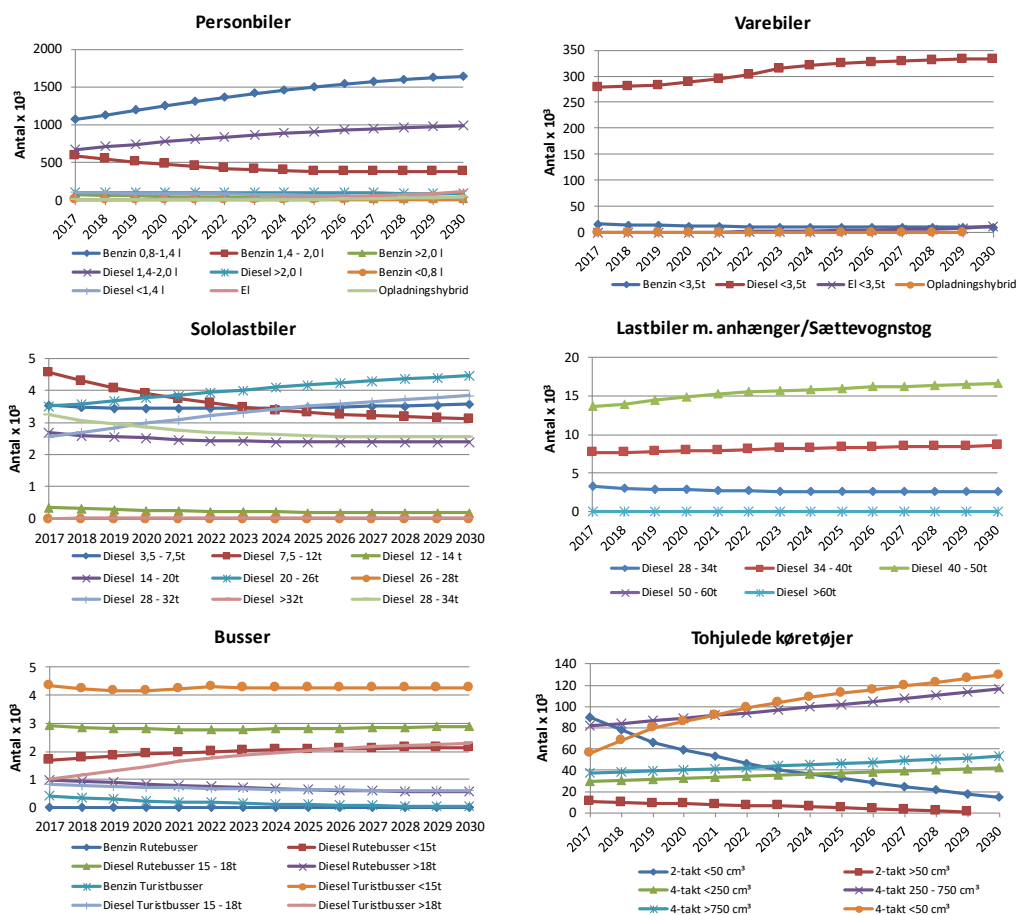
For BC ses overordnet det samme billede som for PM<sub>2,5</sub>. Dog har udskiftningen af gamle brændeovne med nye ikke helt så stor effekt for BC som for PM<sub>2,5</sub>. Samlet er BC-emissionen fremskrevet til at falde med 368 tons svarende til 14,3 % fra 2017 til 2030.

## **2.3 Mobil forbrænding - Vejtransport**

### **2.3.1 Datagrundlag**

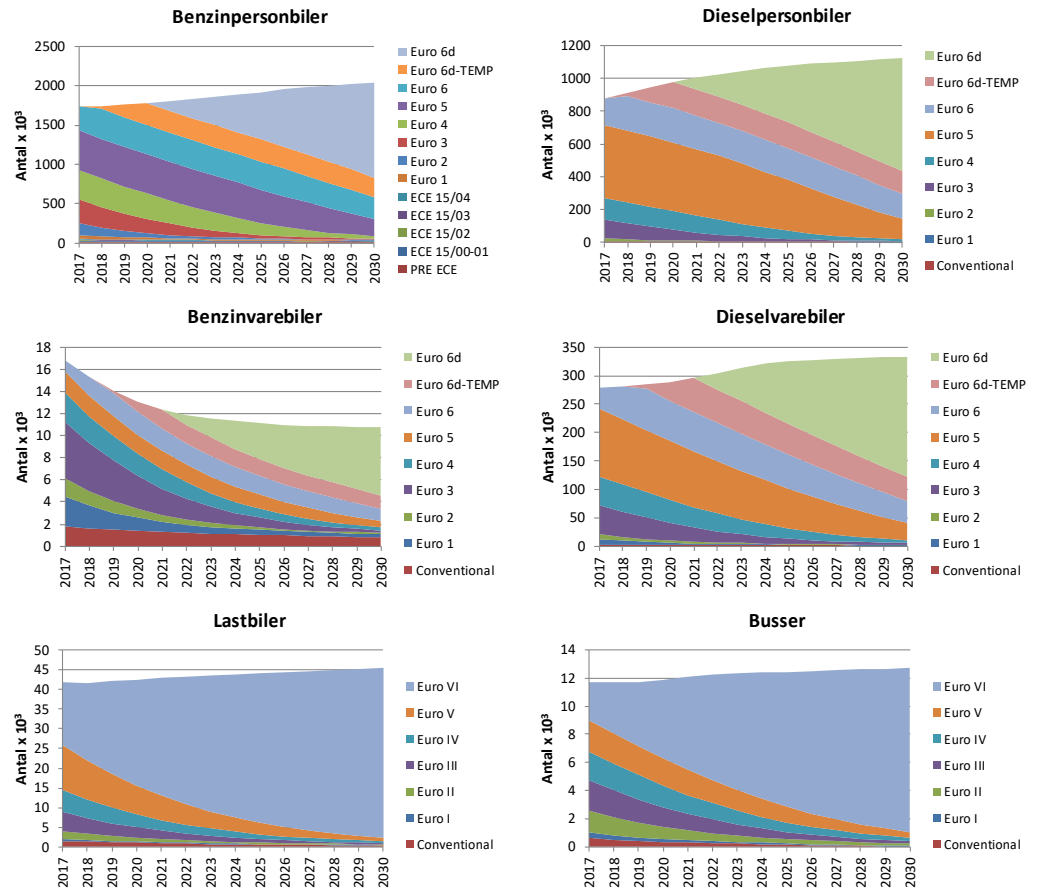
Prognosedata for trafik og bestand leveres af DTU Transport i et format, der svarer til den europæiske emissionsmodel COPERT 5 (Computer Programme to calculate the Emissions from Road Transport). En detaljeret beskrivelse af COPERT modellens forskellige køretøjsinddelinger og beregningsmetode er givet i bl.a. EEA (2016) og Winther (2018). For en nærmere beskrivelse af de anvendte trafik- og bestandsdata henvises til Jensen (2017).

Figur 2.8 viser bestandsudviklingen fra 2017-2030 opdelt efter drivmiddel og størrelseskategorier for personbiler, varebiler, sololastbiler, lastbiler med anhænger/sættevognstog og tohjulede køretøjer.

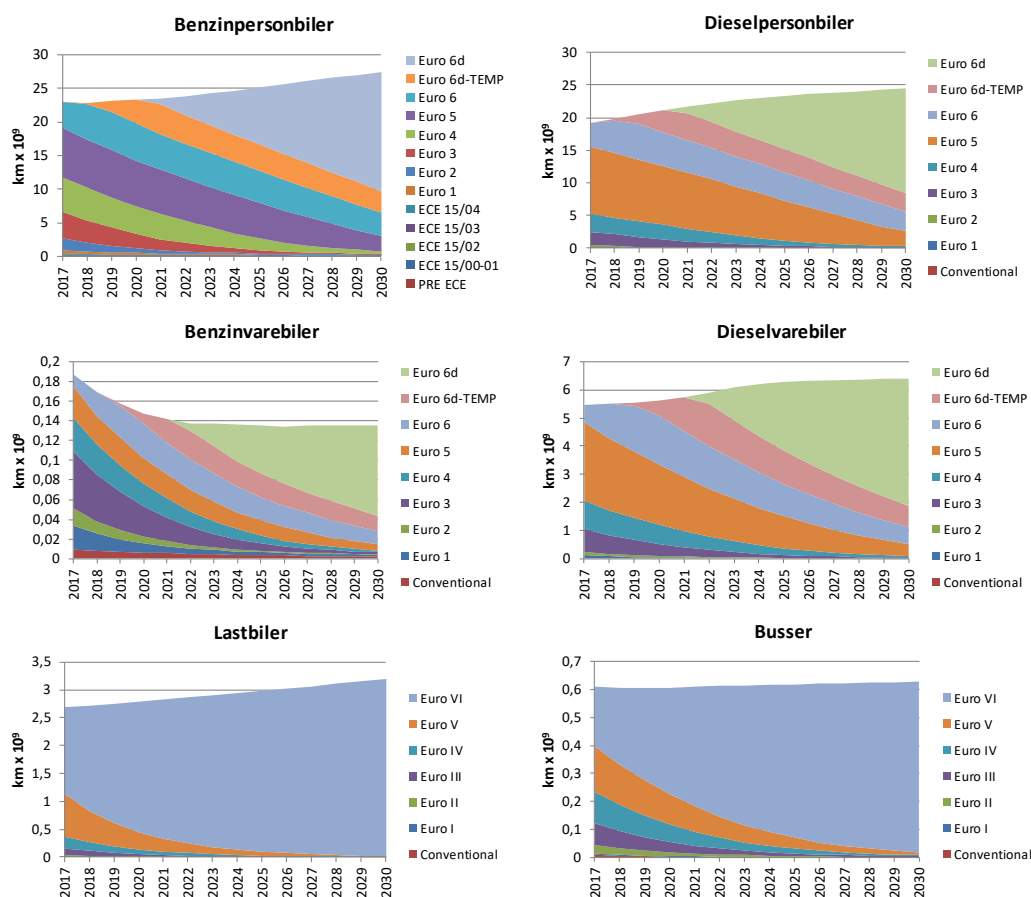


Figur 2.8 Antallet af køretøjer opdelt efter drivmiddel og størrelseskategorier fra 2017-2030. Kilde: Road fleet data 2018, fremskrivningsmodel/2018/GHG.

Figur 2.9 og 2.10 viser hhv. bestanden og trafikarbejdet (samlede kørte km) opdelt efter Euro-norm for personbiler og varebiler (benzin- og diesel) samt lastbiler og busser (diesel). Figurerne viser tydeligt, hvordan de skærpede euronormer gradvist får større og større andele af bestanden og trafikarbejdet i løbet af prognoseperioden. En nærmere beskrivelse af Euro-normerne med bl.a. ikrafttrædelsesdatoer og implementeringsår i modellen, er vist i Nielsen et al. (2018) og Winther (2018).



Figur 2.9 Antallet af køretøjer opdelt efter Euro-norm for personbiler og varebiler (benzin- og diesel) samt lastbiler og busser (diesel) fra 2017-2030.



Figur 2.10 Det samlede antal kørte km opdelt efter Euro-norm for personbiler og varebiler (benzin- og diesel) samt lastbiler og busser (diesel) fra 2017-2030.

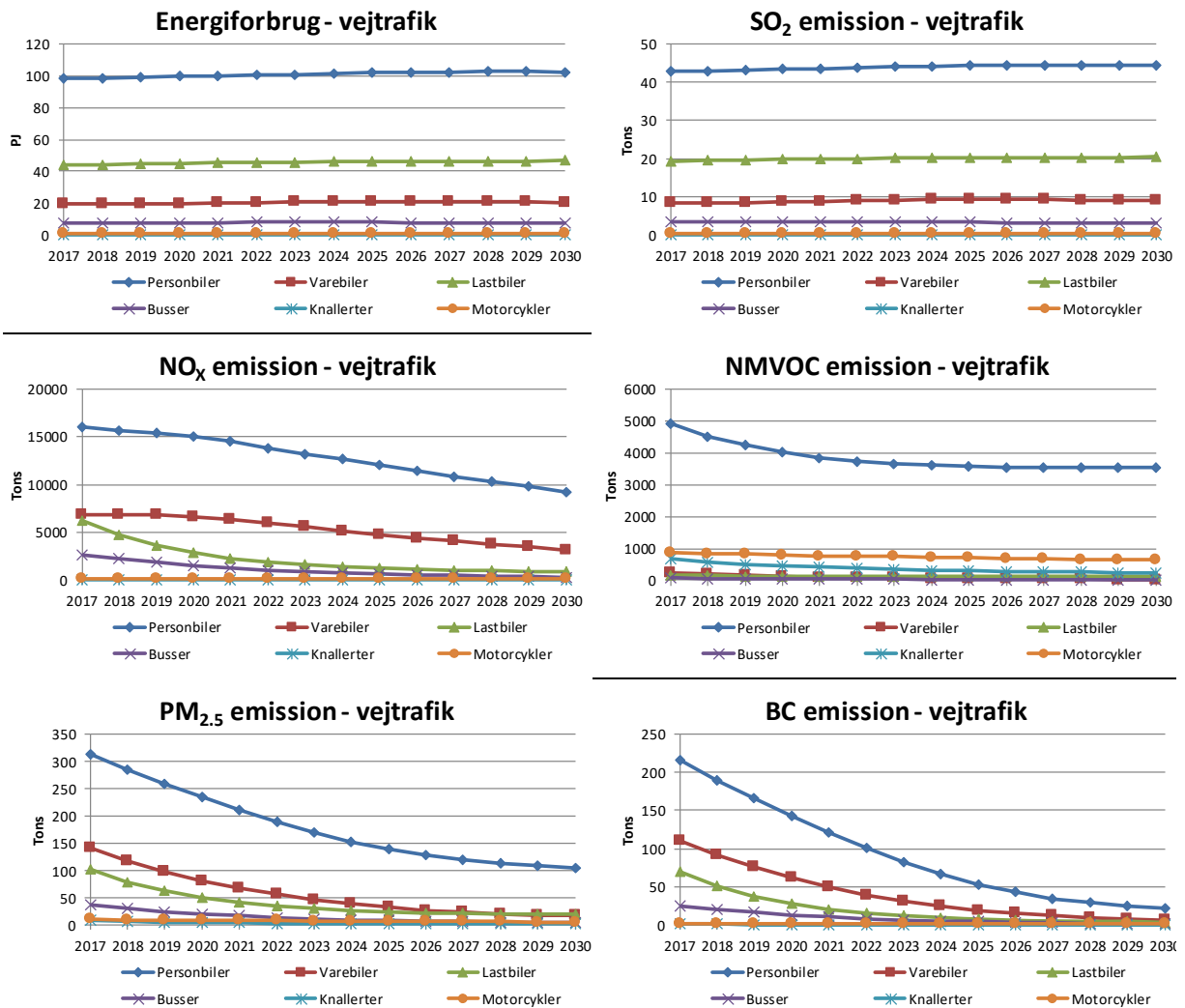
Emissions- og energiforbrugsfaktorer kommer fra COPERT 5-modellen og er nærmere beskrevet i bl.a. Winther (2018).

### 2.3.2 Antagelser

Emissionerne for vejtrafik beregnes med en intern DCE-model, der benytter samme køretøjsinddeling og modelberegningstype som COPERT 5 modellen. I DCE-modellen beregnes emissionerne for køretøjer med driftsvarme motorer, under koldstart og som følge af benzinfordampning. Modellen tager også højde for de forøgede emissioner som følge af katalysatorlid for benzinkøretøjer. I modellen opgøres en brændstofbalance, der skalerer modellens bottom-up beregnede energiforbrug og emissioner med forholdet mellem modelforbruget og salget af brændstof i Energistyrelsens energiprognose. Beregningsmetoden er som tidligere nævnt nærmere beskrevet i EMEP/EEA (2017) og Winther (2018).

### 2.3.3 Resultater

Figur 2.11 viser prognoseudviklingen i energiforbrug og emissioner pr. køretøjskategori fra 2017-2030.



Figur 2.11 Energiforbrug, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, NMVOC, PM<sub>2.5</sub> og BC emissioner for vejtrafik 2017-2030.

Vejtrafikens samlede energiforbrug og SO<sub>2</sub>-emissioner er omtrent uændrede i prognoseperioden fra 2017-2030 (Figur 2.11). Personbiler har det største energiforbrug, fulgt af lastbiler, varebiler, busser, motorcykler og knallerter. Svovlindholdet i benzin og diesel ligger konstant på 10 ppm, og udviklingen i SO<sub>2</sub>-emissionen for vejtrafik følger derfor udviklingen i energiforbruget i prognoseperioden.

Den største del af NMVOC-emissionerne (Figur 2.11) kommer fra benzinpersonbiler. Emissionerne forventes at falde med 34 % fra 2017-2030 pga. af indførelsen af gradvist mere effektive katalysatorer for benzinbiler.

PM<sub>2.5</sub>- og BC-emissionerne (kun udstødning) forventes at falde med hhv. 75 % og 92 % fra 2017-2030 især pga. brugen af partikelfiltre for Euro 5-personbiler og varebiler samt Euro VI-lastbiler og busser. De største emissionsbidrag kommer fra personbiler, fulgt af varebiler, lastbiler og busser. Emissionsreduktionerne i prognoseperioden er størst for BC, fordi partikelfiltre meget effektivt renser udstødningen for sod.

For NO<sub>x</sub> forventes et fald i den samlede vejtrafikemission på 57 % fra 2017-2030. For lastbiler og busser beregnes store emissionsfald på hhv. 85 % og 88 % fra 2017-2030 pga. indfasningen af nye køretøjer med motorer, der i praksis udleder mindre og mindre NO<sub>x</sub> fra Euro III og frem. For personbiler og



varebiler bliver de beregnede emissionsfald noget mindre (hhv. 42 % og 54 %), hovedsageligt pga. de velkendte problemer med overskridelse af NO<sub>x</sub>-emissionsgrænseværdierne for lette dieselmotorer i den virkelige trafik. Siden den forrige emissionsprognose (Nielsen et al., 2017) er nye COPERT 5-emissionsfaktorer indbygget i emissionsmodellen for lette dieselmotorer, der skal overholde de nye Euro 6d-TEMP og Euro 6d-normer.

## **2.4 Mobil forbrænding – Andre mobile kilder**

Andre mobile kilder i emissionsfremskrivningerne udgøres af aktiviteter inden for national søfart, national flytrafik, jernbane og øvrige kilder (militær og fritidsfartøjer) samt ikke-vejgående aktiviteter inden for landbrug, industri, husholdninger og handel og service.

### **2.4.1 Datagrundlag**

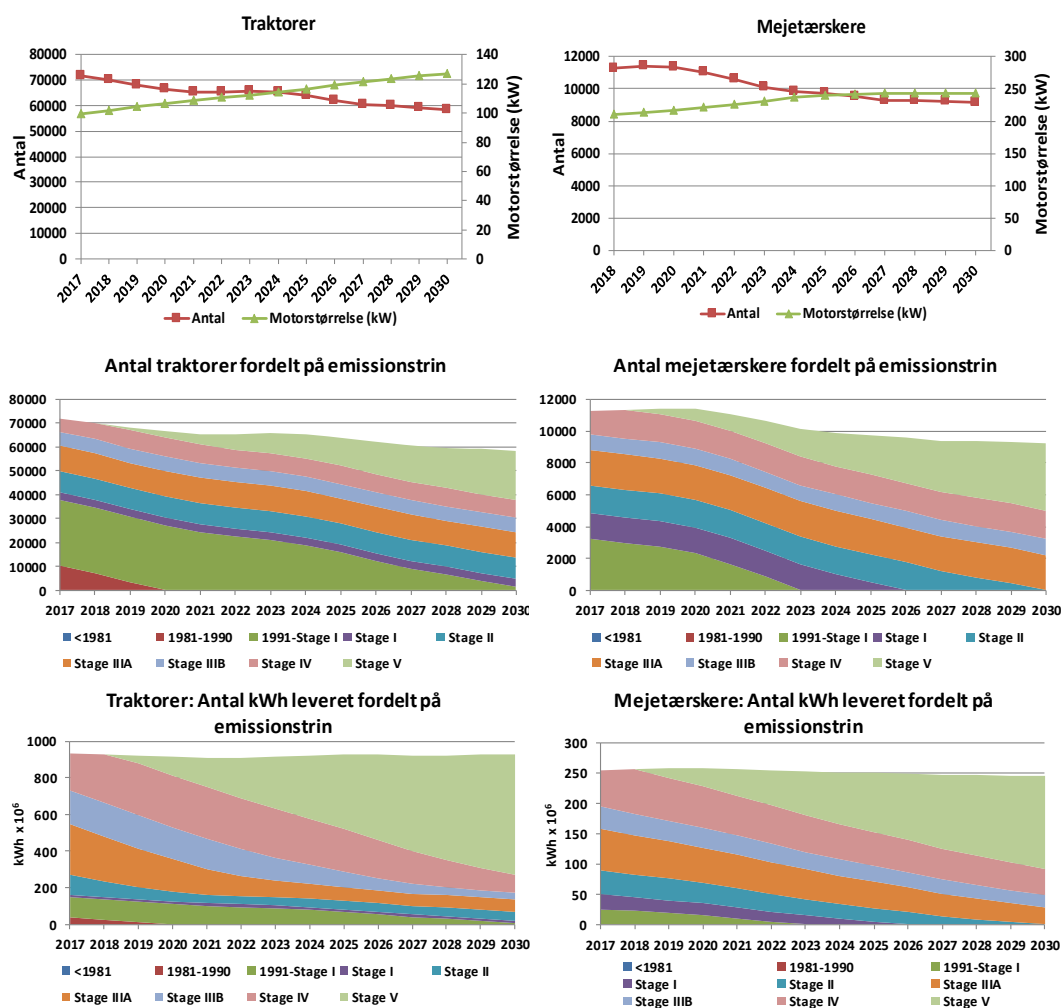
#### **Landbrug**

Langt hovedparten af landbrugets mobile energiforbrug og emissioner kommer fra brugen af traktorer og mejetærskere. I DCE's non-road-model er traktorer og mejetærskere underopdelt i et stort antal motorstørrelser (se f.eks. Winther, 2018) svarende til grupperingen af det årlige nysalg, der oplyses af brancheorganisationen Maskinhandlerne (2017). Bestandene er fremskrevet ved at bruge gennemsnittet af de fire seneste års nysalg som nysalg i fremskrivningsårene, og derudover antage levetider på hhv. 30 år og 25 år for traktorer og mejetærskere (Winther og Nielsen, 2006).

Figur 2.12 viser fremskrivningen af det samlede antal traktorer og mejetærskere samt gennemsnitlige motorstørrelser fra 2017-2030, som benyttes i emissionsberegningerne inden for landbrug. Landbruget har i mange år registreret et fald i det samlede antal traktorer og mejetærskere og omvendt en gradvis forøgelse af maskinernes motorstørrelser. Med de benyttede prognoseantagelser om nysalg og levetider ses tendensen mod færre maskiner med større motorer at fortsætte i prognoseperioden.

Antallet af traktorer og mejetærskere og i alt leverede kWh er også vist fordelt på emissionstrin i Figur 2.12. De leverede kWh for nye emissionstrin fases hurtigere ind i prognosen end deres bestandsantal (Figur 2.13), fordi nye maskiner bruges mere pr. år end ældre maskiner.

Motorstørrelser og lastfaktorer samt antallet af årlige driftstimer pr. maskintype som funktion af motoralder kommer fra Winther og Nielsen (2006).



Figur 2.12 Antallet af traktorer og mejetærskere, gennemsnitlige motorstørrelser samt antal og leverede kWh fordelt på emissionstrin fra 2017-2030.

## Industri

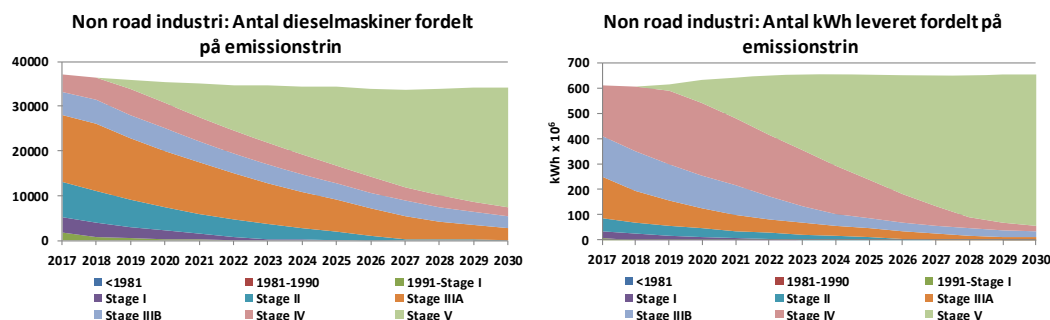
De største bidrag til energiforbrug og emissioner inden for ikke-vejgående industri beregnes overordnet set for forskellige dieseldrevne entreprenørmaskiner såsom grave- og læssemaskiner, dumpere og gaffeltrucks.

IDCE's non-road-model er entreprenørmaskiner og gaffeltrucks underopdelt i et stort antal motorstørrelser (se f.eks. Winther, 2018) svarende til grupperingen af årlige data for nysalg. Bestandene er fremskrevet ved at bruge gennemsnittet af de fire seneste års nysalg som nysalg i fremskrivningsårene.

De historiske salgsdata, der bruges ved dannelsen af den fremtidige bestand, er oplyst af brancheforeningen Maskinhandlerne og brancheforeningen IFAG. Overlevelseskurver for entreprenørmaskiner som funktion af motoralder er opstillet i dialog med entreprenørbranchen (Sjøgren 2016; Mikkelsen 2016) på basis af data fra IFEU (2014).

For de vigtigste typer af dieseldrevne entreprenørmaskiner og gaffeltrucks er den samlede fremskrevne bestand og antallet af leverede kWh vist i figur 4.6 for 2017-2030 fordelt på emissionstrin. De leverede kWh for nye emissionstrin fases hurtigere ind i prognosen, fordi nye maskiner bruges mere pr. år end ældre maskiner.

Motorstørrelser og lastfaktorer samt antallet af årlige driftstimer pr. maskintype som funktion af motoralder er opstillet i dialog med entreprenørbranchen (Sjøgren 2016; Mikkelsen 2016) på basis af data fra IFEU (2014).



Figur 2.13 Antallet af dieseldrevne non-ikke-vejgående (vigtige typer) og leverede kWh inden for industri fra 2017-2030 fordelt på emissionstrin.

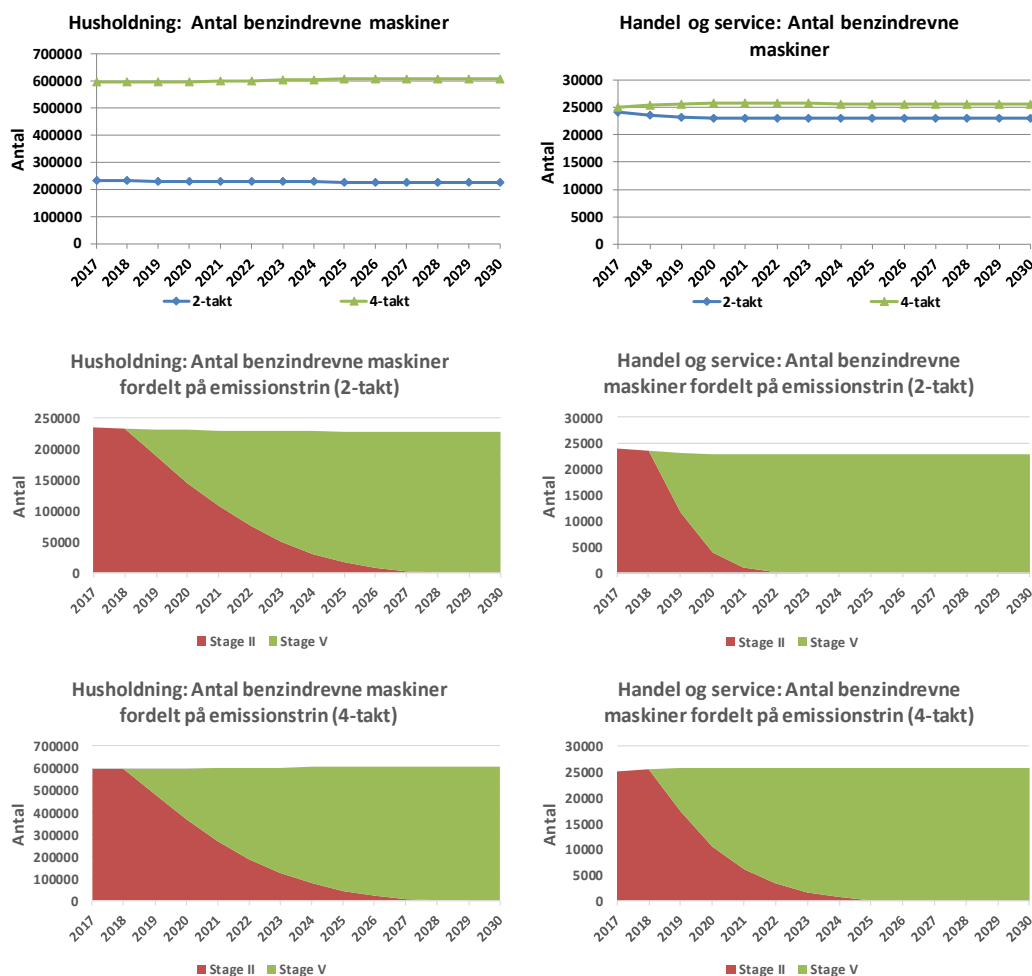
### Benzinmateriel i husholdninger og handel/service

De arbejdsredskaber og maskiner, der benyttes inden for husholdninger og handel/service-sektoren, er altovervejende benzindrevne have- og parkmaskiner såsom riders (havetraktorer), plæneklippere, buskryddere, trimmere, hækkeklippere og motorsave.

Som inputdata til DCE's non-road-model, bruges det årlige nysalg pr. maskintype tilsendt af Leverandørforeningen for Transportabelt Elværktøj og Havebrugsmaskiner (LTEH). Bestanden er herefter fremskrevet i modellen ved at bruge gennemsnittet af de seneste fem års nysalg som nysalg i prognoserne samt overlevelseskurver for maskinerne som funktion af motoralder. Overlevelseskurverne som funktion af motoralder er opstillet i dialog med LTEH (Nielsen og Schösser, 2016) på basis af data fra IFEU (2014).

For de ovenfor nævnte benzindrevne arbejdsredskaber, er den totale fremskrevne bestand vist i figur 4.7 fordelt på 2-takt/4-takt-motorer inden for hhv. husholdninger og handel og service.

Bestanden er også vist fordelt på emissionstrin for 2017-2030 i figur 2.14 fordelt på 2-takt/4-takt-motorer inden for hhv. husholdninger og handel og service. Den hurtigste indfasning af Stage V-maskiner sker inden for handel/service, pga. de generelt kortere levetider for det professionelle have- og parkudstyr, set i forhold til maskinerne, der bruges i de private husholdninger.

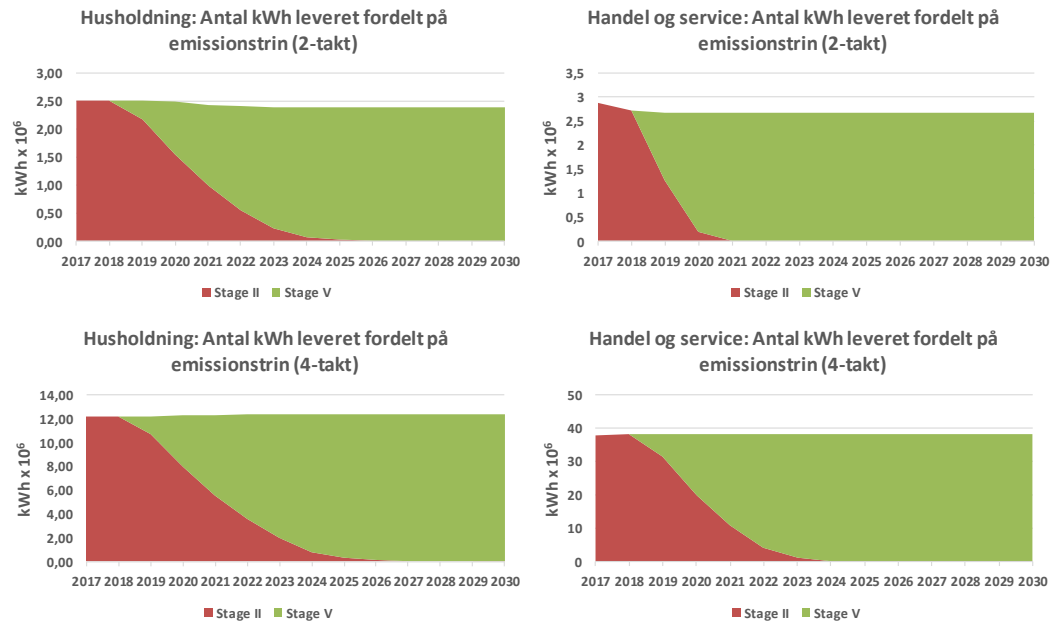


Figur 2.14 Antallet af benzindrevne arbejdsredskaber (vigtige typer) fra 2017-2030, fordelt på 2-takt/4-takt-motorer og emissionstrin inden for hhv. husholdninger og handel og service.

Figur 2.15 viser det samlede antal leverede kWh fordelt på emissionstrin for 2017-2030 fordelt på 2-takt/4-takt motorer inden for hhv. husholdninger og handel og service.

På trods af et meget mindre antal maskiner inden for handel/service sammenlignet med bestanden i husholdninger (Figur 2.14), er det samlede antal kWh næsten ens for 2-takt-motorer og over tre gange højere for 4-takt-motorer (Figur 2.15). Dette skyldes, at de årlige driftstimer pr. maskine er meget højere for professionelt have- og parkudstyr ift. udstyr, der bruges af private, at professionelle maskiner generelt er større (kW) end private maskiner.

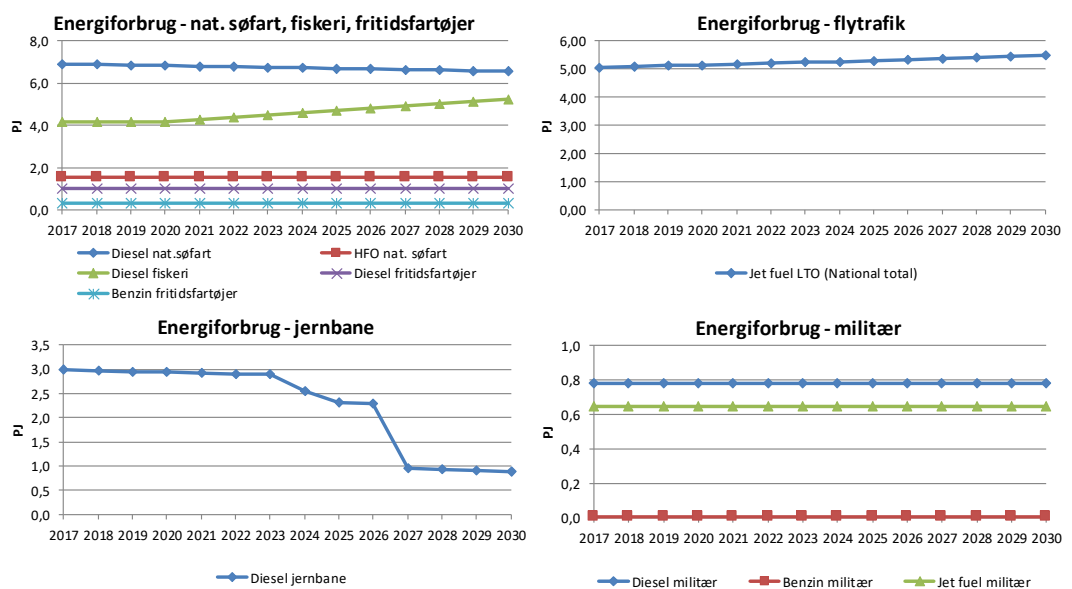
Derudover fases Stage V-maskinernes leverede kWh hurtigere ind i prognosen (Figur 2.15) end bestanden (Figur 2.14), fordi nye maskiner bruges mere pr. år end ældre maskiner. Motorstørrelser og lastfaktorer samt antallet af årlige driftstimer pr. maskintype som funktion af motoralder er opstillet i dialog med LTEH (Nielsen og Schösser, 2016) på basis af data fra IFEU (2014).



Figur 2.15 Antal leverede kWh for benzindrevne arbejdsredskaber (vigtige typer) fra 2017-2030, fordelt på 2-takt-/4-takt-motorer og emissionstrin inden for hhv. husholdninger og handel og service.

### National søfart, fiskeri og fritidsfartøjer

Energiforbruget for national søfart (diesel og tung olie) udgøres af summen af delbidragene for sektorerne "national søtransport" og "Grønland/Færøerne maritime" i Energistyrelsens energiproggnose. For fiskeri bruges diesel-forbruget fra Energistyrelsens energiproggnose fratrukket det bottom-up beregnede dieselforbrug for fritidsfartøjer beregnet med DCE's interne emissionsmodel. For fritidsfartøjer beregnes et bottom-up benzinforgbrug, der fratrækkes vejtrafikkens benzinforgbrug for at bevare den nationale energibalance. De anvendte energiforgbrug i prognosen for national søfart, fiskeri og fritidsfartøjer er vist i figur 2.16.



Figur 2.16 Energiforgbruget for national søfart, fiskeri og fritidsfartøjer, flytrafik, jernbane og militær fra 2017-2030.

### **National flytrafik**

Energiforbruget for hhv. indenrigs og udenrigs flytrafik kommer fra Energistyrelsens energiprognose og bruges som input i DCE's flyemissionsmodel. Modellen opdeler prognoseforbrugene yderligere i LTO (Landing and Take Off: Flyaktivitet under 3.000 fod) og cruise (flyaktivitet over 3.000 fod) ud fra flytrafikkens energifordeling for det seneste historiske år.

Dernæst henregnes summen af energiforbruget for LTO i prognoseårene til national flytrafik i henhold til UNECE LRTAP-konventionens rapporteringsregler (Figur 2.16).

Brændstofrelaterede emissionsfaktorer for LTO og cruise afledes af DCE modellens beregnede brændstofforbrug og emissioner for det seneste historiske år.

En mere detaljeret beskrivelse af DCE's flyemissionsmodel mht. flyaktivitetsdata, repræsentative flytyper og energi- og emissionsfaktorer kan ses i Winther (2018).

### **Jernbaner**

Dieselforbruget for jernbane vist i figur 2.16 kommer fra Energistyrelsens energiprognose og brændstofrelaterede emissionsfaktorer er oplyst af DSB (Mølgaard, 2017) for det fremtidige materiel.

### **Militær**

Diesel- og benzinformbruget for landbaseret materiel samt jet fuel til militærets flyaktiviteter kommer fra Energistyrelsens energiprognose (Figur 2.16).

## **2.4.2 Antagelser**

### **Ikke-vejgående maskiner i landbrug, skovbrug, industri, husholdninger og handel/service**

De årlige energiforbrug og emissioner for ikke-vejgående maskiner inden for landbrug, skovbrug, industri, husholdninger og handel/service beregnes for hvert lag i DCE's emissionsmodel som produktet af antal maskiner, motorstørrelse (kW), motorlastfaktor (%), antallet af driftstimer pr. år og energiforbrug/emissionsfaktorer (g/kWh). Emissionsberegningerne tager yderligere hensyn til motorslid (forværrelse) og varierende motordrift.

En nærmere beskrivelse af maskintyper, de anvendte motorlastfaktorer (%), antal driftstimer pr. år og energiforbrug/emissionsfaktorer (g/kWh) for ikke-vejgående maskiner kan ses i Winther (2018).

Det bottom-up beregnede benzinformbruget for ikke-vejgående maskinerne fra trækkes vejtrafikkens benzinformbrug for at bevare den nationale energibalance.

### **National søfart, fiskeri og fritidsfartøjer**

DCE beregner årligt energiforbruget og emissionerne for hver enkelt færge i Danmark som produktet af antal dobbeltture pr. år, motorstørrelse (kW), motorlastfaktor (%), sejltid pr. dobbelttur og energiforbrug/emissionsfaktorer (g/kWh). Motorbyggeåret kendes for de enkelte færges i modellen, og bruges til at vælge energiforbrug og emissionsfaktorer som funktion af motorbyggeår. Ud over motorbyggeår tager emissionsberegningerne også højde for effekten af varierende motorbelastning.

Til brug for prognoseberegningerne i DCE's model antages den fremtidige færgetrafik (antallet af dobbeltture pr. færgerute) at være uændret pga. manglende prognosedata for færgetrafikken. Derudover antages motorskift i færgerne efter 30 år, hvorudfra fremtidige faktorer for energiforbrug og emissioner udvælges til beregningerne.

Energiforbruget for øvrig national søfart beregnes i prognosen som residualforbruget pr. brændselstype, når færgernes bottom-up beregnede energiforbrug er fratrukket samlet national søfart. Emissionsfaktorerne for øvrig national søfart vælges pr. brændselstype som rullende 30-års gennemsnit (gennemsnitlig motorlevetid) for det enkelte prognoseår.

Energiforbruget for fiskeri beregnes i prognosen som residualforbruget for diesel, når fritidsfartøjernes bottom-up beregnede dieselforbrug er fratrukket Energistyrelsens prognosetal for fiskeri. Emissionsfaktorerne for fiskeri vælges som rullende 20-års gennemsnit (gennemsnitlig motorlevetid) for det enkelte prognoseår.

En mere detaljeret beskrivelse af DCE's skibsemissionsmodel mht. færgeruter (antal dobbeltture pr. år, sejltider), færgespecifikke data (motorstørrelser, motorbyggeår, motorlastfaktorer), gennemsnitlige motorlevetider og energi- og emissionsfaktorer kan ses i Winther (2008, 2018).

#### **National flytrafik**

DCE fordeler årligt for Energistyrelsen jet fuel salget i Danmark i hhv. indenrigs og udenrigs flytrafik, på basis af antallet af ture pr. flytype, start- og ankomstlufthavn, repræsentative flytyper og sammenhørende energiforbrugsfaktorer.

DCE-modellen fordeler energiforbruget for indenrigs og udenrigs flytrafik i hhv. LTO og cruise for det seneste historiske år, og bruger fordelingen til at samle Energistyrelsens prognoseforbrug i hhv. LTO (national total) og cruise (international total) i henhold til UNECE LRTAP-konventionens rapporteringsregler. Seneste historiske år bruges som fordelingsnøgle pga. manglende prognosedata for flytrafik.

Brændselsrelaterede emissionsfaktorer for hhv. LTO og cruise beregnes også for seneste historiske år i DCE-modellen, og emissionerne beregnes herefter som produktet af de årlige energiforbrug og brændselsrelaterede emissionsfaktorer.

En mere detaljeret beskrivelse af DCE's flyemissionsmodel mht. flyaktivitetsdata, repræsentative flytyper og energi- og emissionsfaktorer kan ses i Winther (2018).

#### **Jernbaner**

Emissionerne for jernbaner beregnes som produktet af Energistyrelsens prognoseforbrug og brændstofrelaterede emissionsfaktorer oplyst af DSB (Mølgård, 2017) for det fremtidige materiel.

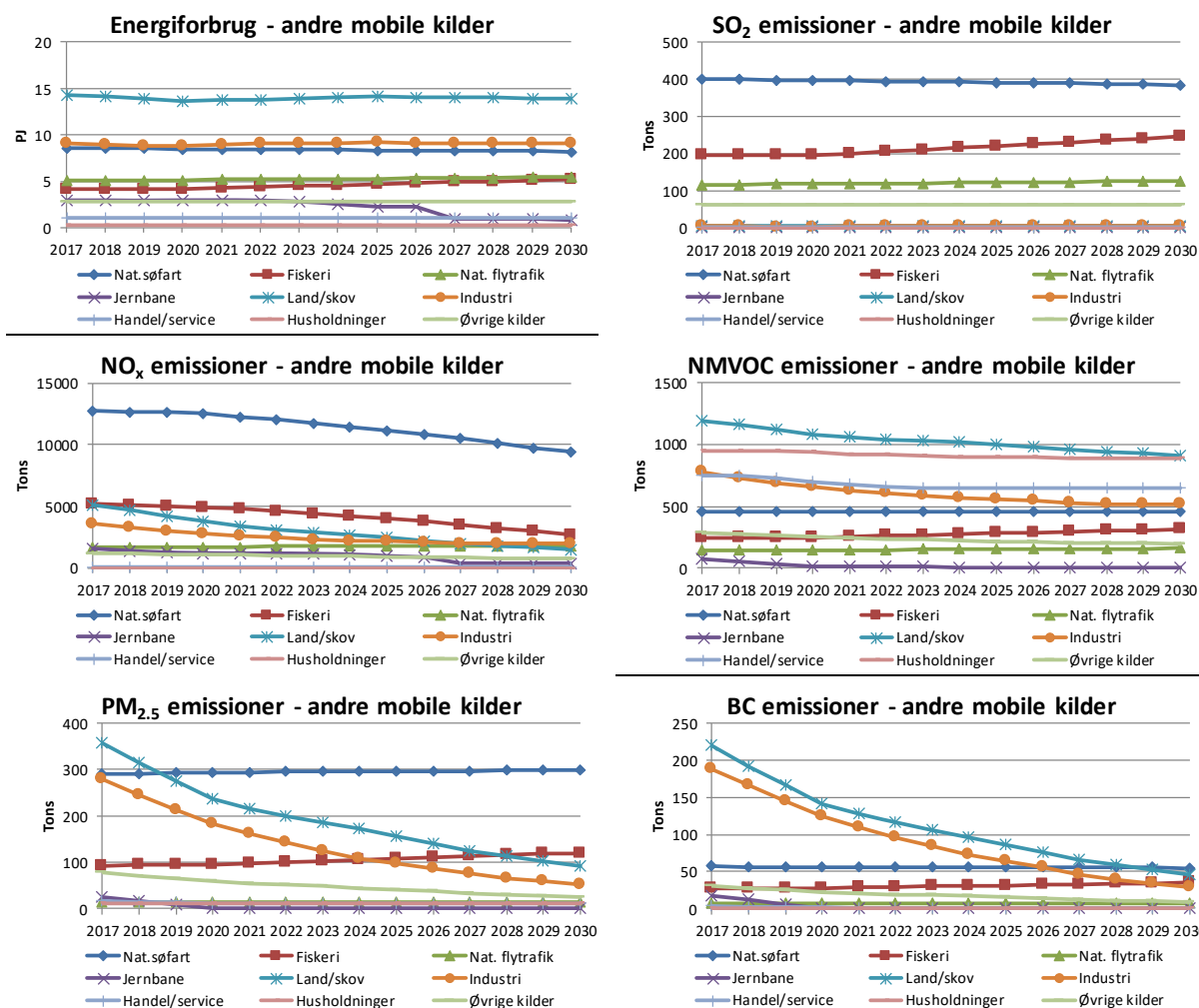
#### **Militær**

Emissionerne for militær beregnes som produktet af Energistyrelsens prognoseforbrug og brændstofrelaterede emissionsfaktorer. For landbaseret mate-

riel (benzin og diesel) bruges gennemsnitlige brændstofrelaterede emissionsfaktorer afledt fra vejtrafikkens prognoseresultater og for jet fuel bruges emissionsfaktorer fra EMEP/EEA (2017).

### 2.4.3 Resultater

Resultaterne af basisfremskrivningen for mobile kilder er vist i figur 2.17.



Figur 2.17 Energiforbrug, NO<sub>x</sub>-, SO<sub>2</sub>-, NMVOC-, PM<sub>2.5</sub>- og BC-emissioner for andre mobile kilder 2017-2030.

For andre mobile kilder falder det samlede energiforbrug med 3 % fra 2017-2030. SO<sub>2</sub>-emissionerne stiger med 6 % i samme periode pga. en stigning i energiforbruget for fiskeri, der benytter marin diesel med en relativ høj svovlprocent. For andre mobile kilder falder NO<sub>x</sub>-, NMVOC-, PM<sub>2.5</sub>- og BC-emissionerne med hhv. 40 %, 15 %, 45 % og 67 % fra 2017-2030.

Landbrug/skovbrug har det største energiforbrug i fremskrivningerne, fulgt af national søfart, industri, national flytrafik (LTO) og fiskeri. For jernbane, husholdninger, handel og service samt øvrige kilder (militær og fritidsfartøjer) beregnes noget mindre energiforbrug i fremskrivningerne.

Størsteparten af SO<sub>2</sub>-emissionerne kommer fra national søtransport og fiskeri i fremskrivningerne. Det gælder dog, at reduktionen i svovlprocenten for tung olie, der bruges inden for svovlemissionskontrolområderne i Nordsøen og Østersøen (SECA: Sulfur Emission Control Area), medførte et meget stort SO<sub>2</sub>-emissionsfald for national søtransport i 2015.



Landbrug/skovbrug er den største emissionskilde for NMVOC. De samlede emissioner består af en lang række enkeltbidrag, hvor dieseldrevne traktorer og benzindrevne kædesave og ATV'er er blandt de største kilder. Store NMVOC-emissionsbidrag beregnes også for husholdninger samt handel og service, hvor benzindrevne maskiner er de primære emissionskilder, og for dieseldrevne maskiner inden for industri.

For landbrug/skovbrug og industri falder NMVOC-emissionen især pga. indfasningen af gradvist renere motorteknologier for dieselmotorer i prognoseperioden (jf. figur 2.12 og 2.13). For husholdninger samt handel og service falder NMVOC-emissionen især fra benzinmotorer pga. indfasningen af stage V-motorer (Figur 2.14) med lavere NMVOC-udledning.

For PM<sub>2,5</sub> er landbrug/skovbrug den største emissionskilde i starten af prognoseperioden, fulgt af national søfart og industri. PM<sub>2,5</sub> emissionerne falder herefter for landbrug/skovbrug og industri pga. gradvist skrappe emissionskrav til nye dieselmotorer, der i særlig grad nødvendiggør brugen af partikelfiltre for Stage V-motorer > 19 kW.

PM<sub>2,5</sub>-emissionen fra national søfart og fiskeri følger udviklingen i energiforbruget i prognoseperioden (Figur 2.16), og emissionerne er markante, fordi svovlindholdet i de marine brændstoffer er store set i forhold til andre kilder.

BC er en del af den samlede partikelmængde, og emissionerne for landbrug/skovbrug og industri følger generelt set udviklingen i PM<sub>2,5</sub>-emissionerne for disse kilder. Emissionsreduktionerne for BC bliver gradvist større end reduktionerne for PM<sub>2,5</sub> efterhånden som dieselmotorer med filtre tages i brug, der meget effektivt renser udstødningen for sod.

For landbrug/skovbrug, industri, national søfart, fiskeri og jernbane falder NO<sub>x</sub>-emissionerne gradvist igennem prognoseperioden efterhånden som gradvist renere motorer indføres med lovgivningen. For jernbane, husholdninger, handel og service samt øvrige kilder (militær og fritidsfartøjer) er de beregnede NO<sub>x</sub>-bidrag små i emissionsprognosen.

## 2.5 Flygtige emissioner

Flygtige emissioner dækker over emissioner fra lagring af kul, distribution og påfyldning af benzin samt emissioner i forbindelse med olie- og gasproduktion. Olie- og gasproduktion dækker både over udvinding, transport, behandling/raffinering samt venting og flaring.

Flygtige emissioner bidrager med væsentlige andele af de nationale totale emissioner for NMVOC, BC og SO<sub>x</sub> men kun i mindre omfang for NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> og PM<sub>2,5</sub> (se tabel 2.3 og 2.4). Bidraget fra flygtige emissioner til de nationale totale emissioner forventes at stige fra 2016 til 2030 for BC og SO<sub>2</sub>, og i mindre grad for NMVOC og PM<sub>2,5</sub>.

Tabel 2.3 National total og flygtige emissioner for 2016.

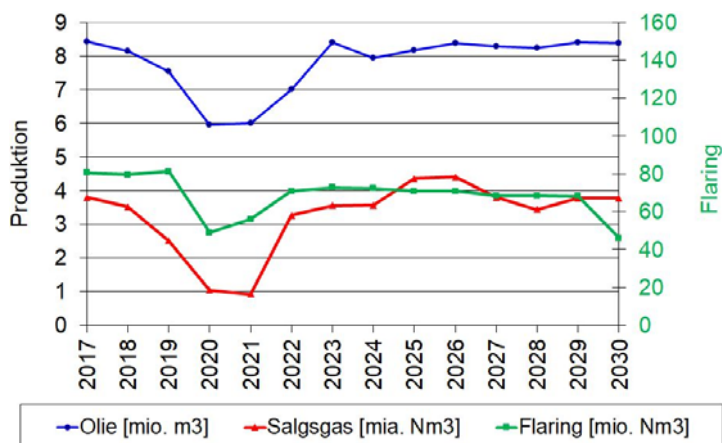
2016	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	NMVOC	PM <sub>2,5</sub>	BC
National total, ton	10240	115153	103074	20549	4196
Flygtige emissioner, ton	465	135	9020	22	292
Flygtige emissioners andel af national total, %	4,5%	0,1%	8,8%	0,1%	7,0%

Tabel 2.4 National total og flygtige emissioner for 2030.

2030	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	NMVOC	PM <sub>2,5</sub>	BC
National total, ton	12217	79633	99280	15204	3020
Flygtige emissioner, ton	706	88	8944	24	360
Flygtige emissioners andel af national total, %	5,8%	0,1%	9,0%	0,2%	11,9%

### 2.5.1 Datagrundlag

Den vigtigste eksterne datakilde, der anvendes til fremskrivning af flygtige emissioner, er Energistyrelsens prognose for olie- og gasproduktion (Energistyrelsen, 2017), se figur 2.18. Denne anvendes til fremskrivning af emissioner fra udvinding af olie og gas på Nordsøen, fra lastning af olie til skibe offshore og onshore, og fra flaring i forbindelse med udvinding. Desuden anvendes Energistyrelsens energifremskrivning (Energistyrelsen, 2018a) til fremskrivning af emissioner fra lagring af kul, fra tankstationer samt fra transmission og distribution af naturgas og bygas. Emissioner fra flaring på raffinaderier holdes konstant i fremskrivningsperioden på niveauet for seneste historiske år, hvilket er i overensstemmelse med Energistatistikken.



Figur 2.18 Prognose for olieproduktion, gasproduktion og flaring.

Fremskrivningen er baseret på de samme metoder og emissionsfaktorer, som anvendes i emissionsopgørelsen for de historiske år. I det omfang der ikke findes nationale eller anlægsspecifikke emissionsfaktorer, anvendes standardfaktorer fra 2016 EMEP/EEA Guidebook (EMEP/EEA, 2016) og 2006 IPCC Guidelines (IPCC, 2006). For yderligere beskrivelse henvises til kapitel 3.4 i den seneste dokumentationsrapport for emissionsopgørelsen til UNECE (Nielsen et al., 2018).

### 2.5.2 Antagelser

Flygtige emissioner er ikke nødvendigvis proportionale med en tilknyttet aktivitet, hvilket medfører, at det i nogle tilfælde ikke er retvisende at fremskrive emissionerne i forhold til aktivitetens prognose. Det gælder bl.a. for flygtige emissioner fra raffinaderier, hvor emissionerne ikke er proportionale med f.eks. mængden af råolie, men afhænger af omfanget af lækager og vedligeholdelse, der kræver udledning af gasser. For at afspejle forholdene på raffinaderierne bedst muligt er der i fremskrivningen anvendt en gennemsnitlig emission for de seneste fem historiske år. Denne tilgang er også anvendt til estimering af SO<sub>2</sub> fra raffinaderiernes svovlbehandling.

Emissioner fra efterforsknings- eller vurderingsboringer (E/V-boringer) er ikke indregnet i fremskrivningen, da der ikke foreligger en prognose for aktiviteten.

Fremskrivningen for transmission og distribution af naturgas og bygas er baseret på en skallering af aktivitetsdata, jf. natur- og bygasforbrug i Energifremskrivningen, samt et gennemsnit af emissionsfaktorerne for de seneste fem historiske år. Denne metode er valgt, da der er store årlige fluktuationer i mængden af gas, der slipper ud i forbindelse med anlægs- og vedligeholdelsesopgaver samt ved utilsigtede overgravninger.

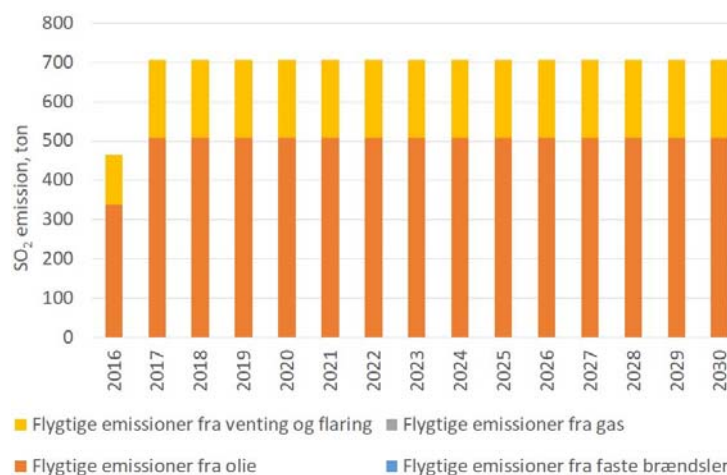
Tilsvarende metode baseret på femårs gennemsnit er anvendt til fremskrivning af emissioner fra venting på gaslagrene, og flaring ved behandling, lagring og transmission af naturgas, da disse kilder også har uforudsigelige årlige fluktuationer.

### 2.5.3 Resultater

Resultater af fremskrivningen af flygtige emissioner for SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC, PM<sub>2,5</sub> og BC er beskrevet i de følgende afsnit, separat for de enkelte stoffer.

#### Svovldioxid

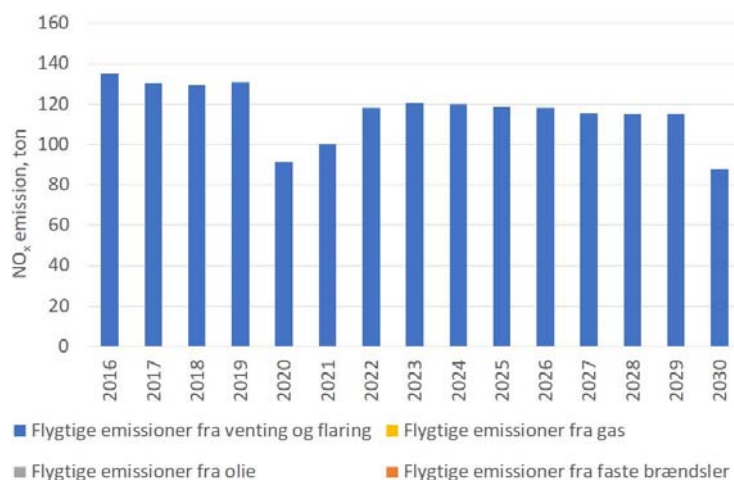
Emissioner af SO<sub>2</sub> kommer hovedsageligt fra processer og flaring på raffinerierne. Fremskrivningen er baseret på et gennemsnit af emissionen for de seneste fem år, og denne er konstant over fremskrivningsperioden i overensstemmelse med energifremskrivningen. Stigningen fra 2016 til 2017 skyldes højere emissioner i årene 2012-2015 (hhv. 881 ton, 517 ton, 397 ton og 406 ton) end i 2016 (337 ton), og dermed et gennemsnit på (508 ton).



Figur 2.19 Flygtige SO<sub>2</sub>-emissioner for seneste historiske år (2016) og fremskrivningsårene 2017-2030.

#### Kvælstofoxider

Der udledes kun mindre mængder NO<sub>x</sub> fra flygtige kilder, heraf er den største flaring i forbindelse med produktion af olie og gas. Fremskrivningen følger udviklingen i prognosen for olie- og gasproduktion, med nedgang i produktionen i årene 2020 og 2021, som følge af den planlagte genopbygning af Tyræfeltet. Faldet i 2030 skyldes et tilsvarende fald i mængden, der flares, jf. prognosen for olie- og gasproduktion.

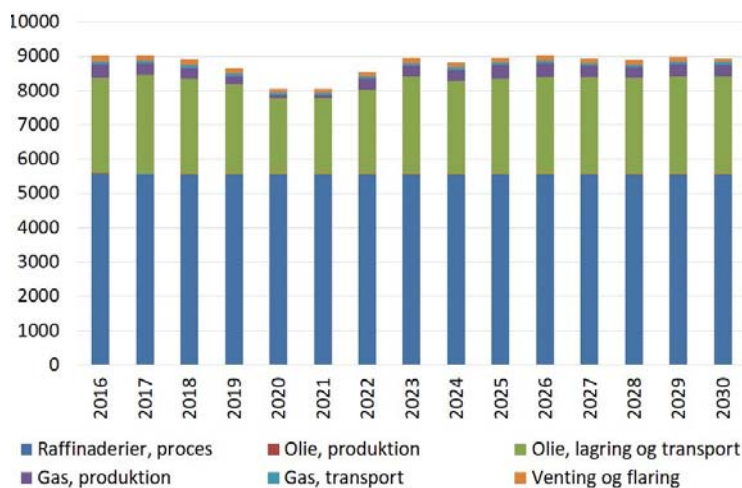


Figur 2.20 Flygtige NO<sub>x</sub>-emissioner for seneste historiske år (2016) og fremskrivningsårene 2017-2030.

### Flygtige organiske forbindelser

Flere kilder bidrager med flygtige NMVOC-emissioner, hvoraf de største kilder er processer på raffinaderierne samt lastning af skibe offshore og onshore.

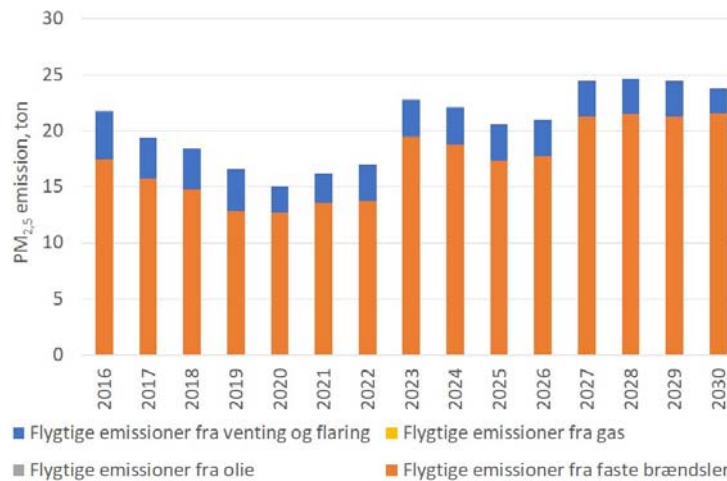
Udviklingen af NMVOC-emissionerne følger i høj grad fremskrivningen af olie og gas produktion. Emissionerne fra raffinaderierne holdes konstant på gennemsnittet for de seneste fem historiske år, mens emissioner fra lastning af skibe er baseret på seneste historiske år skaleret i forhold til prognosen for olie- og gasproduktion. Den samlede flygtige NMVOC-emission udviser et fald i årene 2017-2020 efterfulgt af en stigning i årene 2020-2023 tilbage til det oprindelige niveau, jf. produktionsprognosen.



Figur 2.21 Flygtige NMVOC-emissioner for seneste historiske år (2016) og fremskrivningsårene 2017-2030.

### Partikler

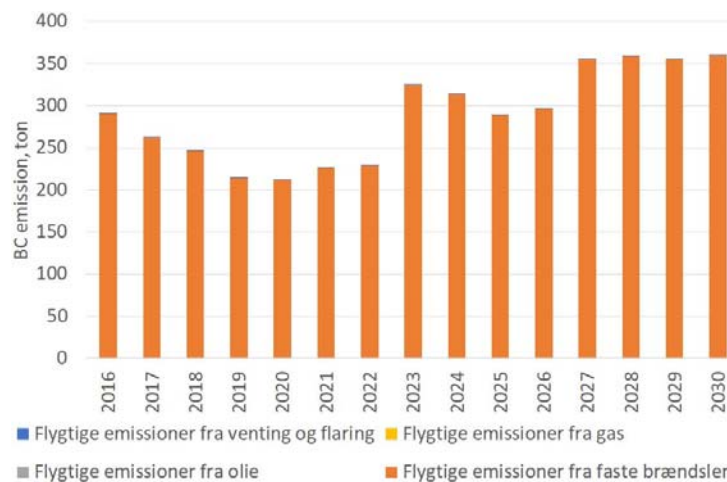
Den største kilde til flygtige PM<sub>2,5</sub>-emissioner er lagring af kul, efterfulgt af emissioner fra offshore flaring. I årene 2020, 2021 og 2030 er der lavere emissioner fra flaring, jf. prognosen for olie- og gasproduktion. Emissioner fra lagring af kul er baseret på gennemsnit af de seneste fem historiske år skaleret i forhold til forbruget af kul og koks i Energifremskrivningen. Udviklingen over fremskrivningsperioden viser en faldende tendens i den første del frem til 2022, hvorefter der estimeres en stigning til et højere niveau for de resterende år. Dette skyldes antagelsen i Energifremskrivningen om, at kul genindføres.



Figur 2.22 Flygtige PM<sub>2,5</sub> emissioner for seneste historiske år (2016) og fremskrivningsårene 2017-2030.

### Sod

Lagring af kul er langt den største kilde til flygtige BC-emissioner. Emissioner fra lagring af kul er baseret på gennemsnit af de seneste fem historiske år skaleret i forhold til forbruget af kul og koks i Energifremskrivningen. Udviklingen over fremskrivningsperioden viser en faldende tendens i den første del frem til 2022, hvorefter der estimeres en stigning til et højere niveau for de resterende år. Dette skyldes antagelsen i Energifremskrivningen om, at kul genindfases.



Figur 2.23 Flygtige BC-emissioner for seneste historiske år (2016) og fremskrivningsårene 2017-2030.

## 2.6 Industrielle processer og produktanvendelse

### 2.6.1 Datagrundlag

Til fremskrivningen af emissioner fra industrielle processer og produktanvendelse (IPPU) bruges der data fra energifremskrivningen samt væksts-køn for industrien modtaget fra Energistyrelsen, som en del af fremskrivningen.

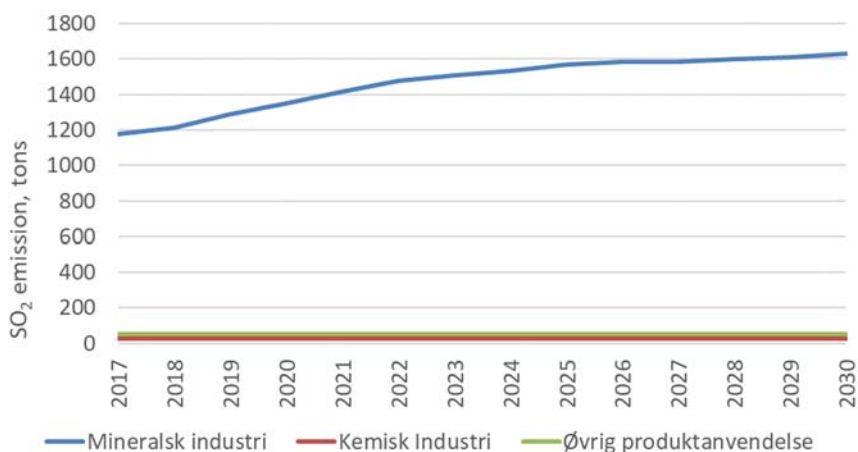
### 2.6.2 Antagelser

For en række kategorier med lave historiske emissioner eller hvor der ikke er nogen velegnet proxy at fremskrive med, anvendes der i fremskrivningen et simpelt gennemsnit af de seneste historiske år.

### 2.6.3 Resultater

Industrielle processer er en vigtig kilde til SO<sub>2</sub> og NMVOC, mens bidraget til andre stoffer er begrænsede.

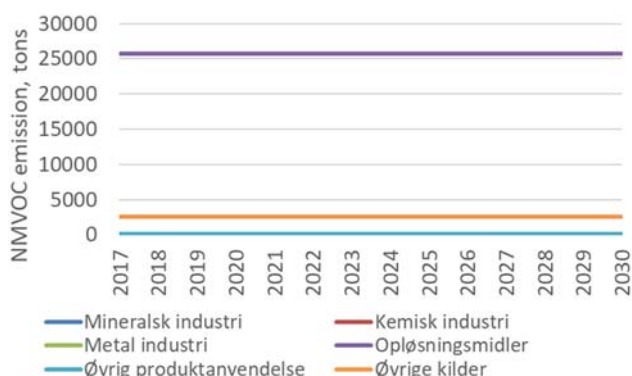
Figur 2.24 viser fremskrivningen af SO<sub>2</sub> fra IPPU. Det ses, at det eneste væsentlige bidrag er fra mineralsk industri, nærmere bestemt emissioner fra produktion af tegl og ekspanderede lerprodukter. Emissionen fra disse sektorer er fremskrevet til at stige som følge af en forventet økonomisk vækst i industrien og byggeriet generelt. Bidragene fra kemisk industri og øvrig produktanvendelse er meget små, og de er antaget konstante i fremskrivningen.



Figur 2.24 Basisfremskrivning af SO<sub>2</sub>-emissioner fra IPPU.

Emissioner af NO<sub>x</sub> fra IPPU er meget begrænsede (under 100 tons), og udviklingen er derfor ikke beskrevet i detaljer her. Bidragene kommer fra kemisk industri og øvrig produktanvendelse.

NMVOC-emissionerne fra IPPU bidrager væsentligt til de samlede emissioner. Det er især emissioner fra anvendelse af opløsningsmidler samt emissioner fra fødevarerindustrien, som bidrager. Begge kilder er fremskrevet konstant i fremskrivningen baseret på et gennemsnit af de seneste historiske år. Der har ikke været nogen væsentlig udvikling i emissionerne de senere år, og der er ikke fundet nogen proxy, der kan anvendes til at fremskrive emissionerne på en anden måde.



Figur 2.24 Basisfremskrivning af NMVOC-emissioner fra IPPU.

Emissionerne af NH<sub>3</sub> fra IPPU er begrænsede. Det største bidrag kommer fra mineralsk industri (især produktion af glasuld og stenuld). Gennem tidsserien er der tale om et bidrag på 250-400 tons, og emissionen er fremskrevet til at stige pga. det forventede vækstkøen for industrien og i særdeleshed byggeriet.

For PM<sub>2,5</sub> er der mindre bidrag fra alle dele af IPPU-sektoren med de største bidrag fra mineralsk industri og øvrig produktanvendelse samlet set når emissionerne dog aldrig over godt 600 tons, og bidraget til den samlede emission er således beskedent. Da en række af emissionerne hidrører produktion af byggematerialer, så er der en stigende tendens i udviklingen gennem fremskrivningsperioden.

Bidraget til emissionen af BC er meget lille (godt 11 tons), og er derfor ikke beskrevet nærmere.

## 2.7 Landbrug

Landbrugssektorens bidrag til den totale nationale emission af luftforurenende stoffer varierer fra stof til stof, hvoraf landbruget er primærunderleder til NH<sub>3</sub> emissionen og bidrager med 94 % af den totale emission. Landbrugets andel af NMVOC er opgjort til 36 % af den nationale emission, mens bidraget af NO<sub>x</sub> og PM<sub>2,5</sub> udgør henholdsvis 16 % og 6 %. For de øvrige stoffer, SO<sub>2</sub> og BC, er landbrugssektorens bidrag begrænset og udgør således mindre end 1 % af den totale emission.

Tabel 2.5 Emission 2016, afrapporteret til UNECE i januar 2018.

	NH <sub>3</sub>	NMVOC	NO <sub>x</sub>	PM <sub>2,5</sub>	SO <sub>x</sub>	BC
National total, kt	75	103	115	21	11	4
Landbrug total, kt	71	38	19	1	<1	<1
Landbrugets andel, %	94	37	16	6	<1	<1

### 2.7.1 Datagrundlag

Metoden for opgørelse af emissioner fra landbrugssektoren er baseret på samme grundlag, som er anvendt til udarbejdelsen af den historiske opgørelse. Dvs. de retningslinier der er angivet i EMEP/EEA Guidebook (for mere detaljeret beskrivelse se Albrektsen et al., 2017). De data der ligger til grund for landbrugsfremskrivningen, er baseret på informationer fra forskellige landbrugsrelaterede institutioner og organisationer. Data fra modellen AGMEMOD er anvendt til fremskrivning af den forventede udvikling i husdyrproduktionen, modellen varetages af IFRO - Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi på Københavns Universitet. Vurdering af udviklingen i staldtypefordeling, samt antagelse om udbringningspraksis, bygger på vurdering fra SEGES – landbrugets videnscenter, Landbrug og Fødevarer. Endvidere er antagelser vedrørende vurdering af udviklingen i implementeringen af ammoniakreducerende miljøteknologi i stalden udarbejdet på baggrund af analyse af miljøgodkendelser for husdyrbrug for perioden 2007-2016.

### 2.7.2 Antagelser

Emissionen af luftforurenende stoffer fra landbrugssektoren er i høj grad knyttet til aktiviteten af husdyrproduktionen, men også anvendelsen af handelsgødning, samt det dyrkede areal, har en indflydelse på emissionen.

#### Husdyrproduktion

Antagelser om udviklingen af de vigtigste husdyrproduktioner er baseret på resultater fra AGMEMOD-modellen, som varetages af IFRO - Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi på Københavns Universitet. AGMEMOD er en model, hvor tilpasninger af landbrugsproduktionen sker under antagelse af

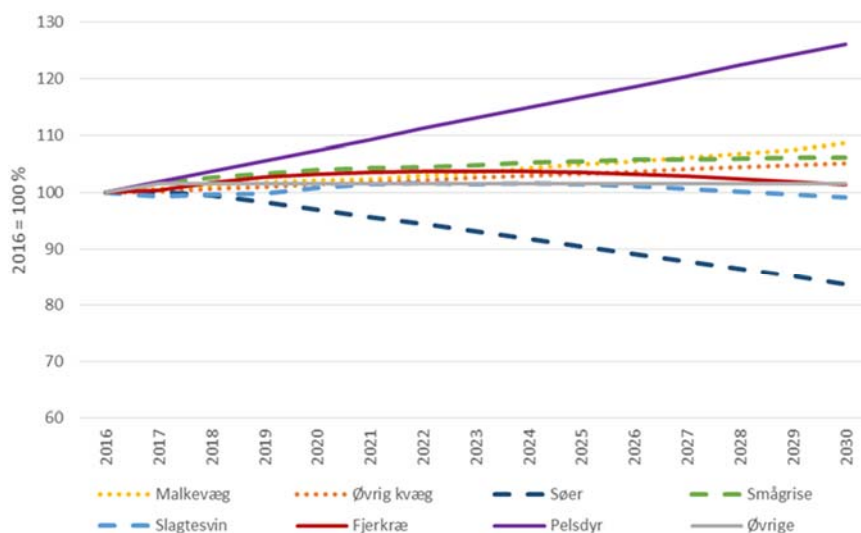
ligevægt mellem udbud og efterspørgsel på markederne af forskellige landbrugsprodukter (Jensen, 2017a). Således lægges beregninger i AGMEMOD til grund for udviklingen af husdyrproduktion inden for kvæg, svin, slagtekyllinger og høner. Nærværende fremskrivning er baseret på AGMEMOD-fremskrivning af husdyrholdet frem til 2030 (Jensen, 2017b).

Minkproduktionen indgår ikke i AGMEMOD-modellen, og antagelser for udviklingen for mink er derfor fremskrevet særskilt af IFRO (Hansen, 2016).

For øvrige husdyrproduktioner, som geder, får, heste, hjorte og øvrige fjerkræ (f.eks. ænder og gæs) er produktionen fastholdt på et konstant niveau, svarende til et gennemsnit af produktionen i årene 2014-2016. Disse produktioner bidrager samlet set med 3 % af den totale emission fra husdyrproduktionen i 2016.

Figur 2.25 viser den forventede udvikling af husdyrproduktionen angivet som procentmæssig ændring i forhold til situationen 2016. I tabel 2.6 er angivet det faktiske antal dyr, som er antaget i bergeningen. Der ses en stigning i produktionen af mink, som frem til 2030 forventes at stige med 26 %. Ligeledes forventes en stigning i antallet af malkekvæg med 9 % som følge af en forventning i stigning i mælkeproduktionen. Dette betyder samtidig en øgning i produktionen af øvrige kvæg som afledt effekt heraf.

Antallet af søer antages at blive reduceret, mens antallet af smågrise forventes at stige, som konsekvens af en stigning i antal smågrise pr. årsso svarende til en øget produktivitetstigning på 27 % i perioden 2016-2030. I AGMEMOD antages det, at der fortsat vil ske en stigning i eksporten af smågrise, og dermed vil antallet af slagtesvin opdrættet i Danmark holdes stort set status quo i forhold til antallet i 2016. Udviklingen for fjerkræ viser en svag stigning fra 2016 til 2023, hvorefter produktionen igen er faldende til samme niveau som i 2016.



Figur 2.25 Udvikling i antallet af husdyr 2016-2030 i relation til 2016-situationen.



Tabel 2.6 Forventet udvikling i husdyrproduktionen.

Antal dyr – 1.000 stk.	2016	2020	2025	2030
Malkekvæg	572	584	600	621
Øvrige kvæg	1.194	1.211	1.234	1.256
Søer	999	969	904	835
Smågrise (prod.)	32.379	33.650	34.188	34.385
Slagtesvin (prod.)	19.542	19.708	19.844	19.364
Fjerkræ (prod.)	132.310	150.263	153.496	151.272
Pelsdyr	3.251	3.493	3.797	4.100
Øvrige	379	386	386	386

### Miljøteknologi

Anvendelsen af teknologiske løsninger for at reducere ammoniakudledningen hænger i høj grad sammen med udviklingen af husdyrproduktionen. En udvidelse af produktionen i både eksisterende stalde og ved etablering af nye staldbygninger, bliver mødt med krav om reduktion i ammoniakudledningen. Visse bedrifter vælger at etablere miljøteknologiske løsninger til at reducere ammoniakudledningen i stalden som f.eks. gylleforsuring, gyllekøling og luftrensning (kemisk og biologisk). Der findes på nuværende tidspunkt ikke en landsdækkende opgørelse over udbredelsen af miljøteknologi på husdyrbrug, hvilket betyder, at den reduktion i ammoniakemissionen, som miljøteknologien giver anledning til, ikke bliver reflekteret i de historiske emissionsopgørelser. En undtagelse er gylleforsuring, som er medregnet i emissionsopgørelsen. Der er dog ingen tvivl om, at udviklingen går i retning af øget anvendelse af miljøteknologiforanstaltninger for at kunne imødegå de krav, der stilles i forbindelse med miljøgodkendelse af husdyrbrug, og derfor er der i fremskrivningen taget højde for reduktionseffekten fra miljøteknologiforanstaltninger.

### Udbredelsen af miljøteknologi 2016

Antagelsen for udbredelsen af miljøteknologi er baseret på data fra husdyr-miljøgodkendelser, som varetages af Miljøstyrelsen. I miljøgodkendelserne fremgår det for den enkelt bedrift hvilke miljøteknologier, der planlægges at implementeres for at opnå en reduktion i ammoniakfordampningen, samt informationer om den forventede reduktionseffekt og antallet af dyr, som placeres i stald med den respektive miljøteknologi. For perioden 2007–2016 er der i alt givet ca. 1.900 miljøgodkendelser, hvori der indgår miljøteknologi, som reducerer ammoniakemissionen fra stalden. Nogle bedrifter har flere miljøgodkendelser, og det samlede datasæt for årene 2007-2016 omfatter i alt ansøgninger fra 1.360 ejendomme. Det er vigtigt at pointere, at ikke alle miljøgodkendelser nødvendigvis er blevet realiseret, fordi det planlagte projekt ikke i første omgang er lykkedes, grundet økonomiske- eller bygningsmæssige udfordringer inden for den fastsatte tidsramme som typisk er fastsat til to år. Det betyder, at det har været nødvendigt at "rense" datasættet for eventuelle genansøgninger og for miljøgodkendelser, der generelt ikke er blevet implementeret. Datasættet er derfor sammenholdt med CHR-registreret for at kunne vurdere udviklingen af husdyrproduktion over årene på det tidspunkt miljøgodkendelsen er givet (Mikkelsen, 2018).

I datagennemgangen af miljøgodkendelserne er skelnet mellem de forskellige miljøteknologier, og udbredelsen af miljøteknologi er vurderet på baggrund af gennemgangen af alle miljøgodkendelser, der indeholder gylleforsuring, mens cirka halvdelen af miljøgodkendelser med gyllekøling og luftrensning

er gennemgået. Denne halvdel er tilfældigt udvalgt og dermed ikke nødvendigvis repræsentativ med hensyn til bedriftsstørrelse og husdyrtyper. Dog er det antaget i fremskrivningen, at den resterende andel ikke er væsentlig anderledes. Tabel 2.7 viser en oversigt over udbredelsen af miljøteknologi i 2016 baseret på datagennemgang i miljøgodkendelserne.

Tabel 2.7 Udbredelsen af miljøteknologi i stalden 2016 baseret på data fra miljøgodkendelserne.

Gylleforsuring i stald			Alle godkendelser	
	Antal dyr an- søgt	Antal dyr total 2016	Pct. andel på stald med teknologi	
Årssøer	16.400	999.332	1,6	
Smågrise	334.124	32.378.623	1,1	
Slagtesvin	356.315	19.541.623	1,8	
Malkekøer	31.913	571.642	5,6	
Øvrige kvæg (typisk kvier)	9.825	701.617	1,4	
Gyllekøling i stald			50 % af alle godkendelser	Alle godkendelser
	Antal dyr an- søgt	Antal dyr total 2016	Pct. andel på stald med teknologi	Pct. andel på stald med teknologi
Årssøer	88.614	999.332	8,9	17,0
Smågrise	1.674.353	32.378.623	5,2	10,2
Slagtesvin	461.197	19.541.623	2,4	4,7
Malkekøer	790	571.642	0,1	0,3
Øvrige kvæg (typisk kvier)	239	701.617	<0,0	0,1
Biologisk luftvasker			57 % af alle godkendelser	Alle godkendelser
	Antal dyr an- søgt	Antal dyr total 2016	Pct. andel på stald med teknologi	Pct. andel på stald med teknologi
Årssøer	12.435	999.332	1,2	2,2
Smågrise	122.056	32.378.623	0,4	0,7
Slagtesvin	260.724	19.541.623	1,3	2,3
Årshøner	152.692	4.685.690	3,3	5,7
Kemisk luftvasker			51 % af alle godkendelser	Alle godkendelser
	Antal dyr an- søgt	Antal dyr total 2016	Pct. andel på stald med teknologi	Pct. andel på stald med teknologi
Årssøer	7.461	999.332	0,7	1,5
Smågrise	65.240	32.378.623	0,2	0,4
Slagtesvin	48.492	19.541.623	0,2	0,5
Årshøner	825.377	4.685.690	17,6	34,5
Øvrige kvæg	825	701.617	0,1	0,2

Gennemgangen af miljøgodkendelserne viser, at etablering af miljøteknologiske løsninger i stalden fortrinsvis forekommer i svineproduktionen, hvor gyllekøling er den hyppigst valgte teknologi. Baseret på gennemgangen er det antaget, at 23 % af produktionen af søer forekommer i stalde med miljøteknologi, mens miljøteknologi for smågrise- og slagtesvinsproduktionen udgør henholdsvis 12 % og 9 %. Derudover viser gennemgangen, at gylleforsuring er interessant for kvægproduktionen. Det er vurderet, at 6 % af malkekvægproduktionen forekommer i stalde med gylleforsuring, mens det for kvierne forekommer i 1 % af staldene. For produktionen af høns viser gennemgangen,

at anvendelse af luftvasker er meget udbredt (40 %) og særlig kemisk luftvasker.

### Forventning af udviklingen i miljøteknologi frem til 2030

I fremskrivningen er antaget en udvikling i udbredelsen af de samme miljøteknologier, som indgår i datamaterialet fra gennemgangen af miljøgodkendelserne og som må betragtes som de mest anvendte på nuværende tidspunkt. Det vil ikke være utænkeligt, at andre typer af reduktionsteknologier udvikles og bringes i anvendelse over tid. Disse kan være behæftet med lavere etableringsomkostninger eller andre reduktionspotentialer, men viden om disse mulige fremadrettede løsninger er stærkt begrænset og indgår derfor ikke i fremskrivningen. I de fremtidige miljøgodkendelser antages samme fordelingsmønster som set i miljøgodkendelser i perioden 2007–2016.

Fremadrettet vurderer Miljøstyrelsen, at der fra 2017 forventes at blive indsendt ansøgninger fra 250 nye bedrifter om miljøgodkendelse fra store bedrifter (§ 12) svarende til bedrifter større end 250 dyrenheder (DE) og 150 nye bedrifter fra mellemstore bedrifter (§ 11) svarende til en produktion på 75–250 DE. Det betyder i alt 400 miljøgodkendelser fra nye bedrifter pr. år, hvoraf det antages, at 22 % af disse indeholder godkendelser med en eller anden miljøteknologi i stalden, som det var tilfældet med godkendelserne i perioden 2013-2015. På den baggrund forventes der miljøgodkendelser med miljøteknologi fra 89  $[(150+250)*0,22]$  bedrifter pr. år, og denne tilvækst forventes at være uændret frem til 2030. Fordelingen af miljøteknologi i miljøgodkendelserne fra de nye bedrifter er baseret på samme udbredelse og fordeling af miljøteknologier, som i de gennemgæede ansøgninger fra perioden 2007–2016. Resultatet er dette er vist i tabel 2.8.

Tabel 2.8 Procentandel af svine- og kvægproduktionen på staldtyper med miljøteknologi.

Svineproduktion	Miljøteknologi	2016	2020	2025	2030
Søer	Kemisk luftvasker	1	2	3	3
	Gyllekøling	18	23	31	40
	Biologisk luftvasker	2	3	4	5
	Gylleforsuring	2	2	3	4
Slagtesvin	Kemisk luftvasker	<1	1	1	1
	Gyllekøling	5	6	7	9
	Biologisk luftvasker	2	3	4	4
	Gylleforsuring	2	2	3	4
Smågrise	Kemisk luftvasker	<1	<1	1	1
	Gyllekøling	10	12	15	18
	Biologisk luftvasker	1	1	1	1
	Gylleforsuring	1	1	2	2
<hr/>					
Kvægproduktion	Miljøteknologi	2016	2020	2025	2030
Malkekvæg	Gylleforsuring	6	7	8	10
Kvier	Gylleforsuring	1	2	2	3

For svineproduktionens vedkommende er miljøteknologi i særlig grad implementeret i relation til produktionen af søer, hvor det i 2030 er forventet, at 52 % af produktionen foregår i stalde med miljøteknologi, hvor gyllekøling er

den mest udbredte. For slagtesvin vil det tilsvarende forventes, at 18 % af produktionen forekommer i stalde med miljøteknologi, mens udbredelsen for smågrise forventes at udgøre 22 % af den samlede produktion.

For malkekvæg forventes, at 10 % af produktionen foregår i stalde, hvor der anvendes gylleforsuring, mens andelen for kvier forventes at udgøre en noget mindre andel svarende til 3 % af den totale produktion.

I minkproduktionen er det muligt at reducere ammoniakemissionen fra produktionen ved at øge udmugning af husdyrgødningen til to gange ugentligt. Kopenhagen Fur har vurderet, at 70 % af minkproduktionen forventes at forekomme i stalde med to gange ugentlig tømning i 2020 stigende til 90 % i 2030 (Bækgaard, H., 2013, pers. komm).

For fjerkræ anvendes varmeveksler som ammoniakreducerende teknologi i slagtekyllingeproduktionen, mens luftvasker er benyttet i produktionen af høns. Fremskrivningen er baseret på et skøn vurderet af SEGES i forbindelse med en tidligere fremskrivning (Nielsen, 2013). Således forventes at 25 % af produktionen af høns i 2020 foregår i stalde med luftvasker – fastholdt frem til 2030, mens varmeveksler forventes at være etableret i 50 % af slagtekyllingeproduktionen i 2020, stigende til 75 % i 2030.

Tabel 2.9 Procentandel af mink- og fjerkræproduktionen på staldd typer med miljøteknologi.

Pelsdyr	Miljøteknologi	2020	2030
Mink	2 x ugentlig tømning	70	90

Fjerkræ	Miljøteknologi	2020	2030
Slagtekyllinger	Varmeveksler	50	75
Høns	Kemisk luftvasker	25	25

I fremskrivningen er antaget, at gylleforsuring ved udbringning fortsat vil stige, således at 34 % af kvæggyllen forsures i 2020 og tilsvarende en mindre stigning for svinegylle til 3 % i 2020. Antagelsen er baseret på en vurdering fra SEGES udarbejdet i fremskrivning fra 2017.

Tabel 2.10 Procentandel af gyllen, der forsures ved udbringning.

Forsuring ved udbringning	2015	2020	2030
Kvæggylle	13	34	34
Svinegylle	1	3	3

### Reduktionspotentiale for miljøteknologi i stalden

På Teknologilisten er optaget en række ammoniakreducerende teknologier, og for hver teknologi er angivet den maksimale reduktionseffekt for fuld anvendelse af teknologien. Resultatet af gennemgangen af miljøgodkendelserne for husdyrbrug viste imidlertid en stor variation i ammoniakreduktionsfaktorerne i praksis, afhængig af driftsforholdene på den enkelte bedrift – dvs. størrelsen af anlægget, mængden af staldblud der renses osv. I tabel 2.11 er vist ammoniakreduktionsfaktorer angivet i Teknologilisten sammenholdt med den vægtede reduktionsfaktor baseret på gennemgangen af miljøgodkendelserne 2007-2016. I fremskrivningen er valgt at anvende vægtede ammoniakreduktionsfaktorer baseret på data fra miljøgodkendelserne. Således er gyllekøling antaget at reducere NH<sub>3</sub>-emissionen fra stald med 20 % for søerne og

19 % for øvrige svin, mens gylleforsuring er antaget at reducere NH<sub>3</sub>-emissionen med 50 % for kvæg og mellem 53–63 % for svin. For kemisk luftvasker er anvendt mellem 55–63 %, mens der for biologisk luftvasker er antaget en reduktion på mellem 51–67 %.

Tabel 2.11 Ammoniakreduktionsfaktorer, jf. Teknologilisten, sammenholdt med vægtet reduktion i de 100 gennemgåede ansøgninger om miljøgodkendelse i 2013.

Reduktionseffekt, pct.	Teknologilisten	Søer	Slagtesvin	Smågrise	Kvæg
Gyllekøling	30 %	20 %	19 %	19 %	
Gylleforsuring	64 %	53 %	62 %	63 %	50 %
Kemisk luftvasker	88-89 %	55 %	63 %	57 %	
Biologisk luftvasker	74-87 %	67 %	49 %	51 %	

### Handelsgødning

Antagelse om anvendelsen af handelsgødning tager udgangspunkt i baggrundsrapport udarbejdet i forbindelse med Landbrugspakken, idet der dog tages hensyn til at N-kvoten ikke nødvendigvis anvendes fuldt ud. I DCE rapport "Revurdering af baseline DCE-rapport" (Jensen et al., 2016) er udviklingen af økonomisk optimal norm, samt forbruget af handelsgødning frem til 2021 blevet vurderet, se tabel 2.12. Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug (DCA) har skønnet, at det reelle handelsgødningsforbrug antages at ligge 7 % under det økonomiske optimale (Olesen, J.E., 2017, pers. komm.)

I fremskrivningen er anvendt handelsgødningsforbruget angivet i Jensen et al. (2016) for årene 2018-2021, dog kombineret med DCA's vurdering om, at N-kvoten udnyttes 7 % under det økonomisk optimale. Året 2017 må betragtes som overgangsår, hvor kvoten forventes at stige gradvist, og forbruget er baseret på en vurdering fra SEGES (Knudsen, L., 2017, pers. komm.).

Tabel 2.12 Udviklingen i handelsgødningsforbruget.

Handelsgødningsforbrug, mio. kg N	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
DCE - tilpasset norm				286	289	291	294	296
DCA – 7 % under norm				266	269	271	273	275
Anvendt i fremskrivningen	204	211	243	260	269	271	273	275

### Landbrugsarealet

Fremskrivning af det dyrkede areal og fordelingen af de vigtigste afgrøder er baseret på data fra kørsel med AGMEMOD-modellen varetaget af IFRO.

### 2.7.3 Resultater

I tabel 2.13 er listet fremskrivningen af de forskellige stoffer udledt fra landbrugssektoren og heraf fremgår det, at der sker et mindre fald i NH<sub>3</sub>-emissionen svarende til 3 % i perioden 2016-2030, mens der for de øvrige stoffer sker en stigning eller ingen ændringer. Størst stigning ses for NO<sub>x</sub>-emissionen på 11 % fra 2016 til 2030, mens stigningen for NMVOC og PM<sub>2,5</sub> er henholdsvis 8 % og 2 %.

Tabel 2.13 Fremskrivning af den forventede emissions fra landbrugssektoren.

Tons	2016*	2020	2025	2030	2016-2030	%
NH <sub>3</sub>	70.769	68.632	68.783	68.332	-2.437	-3
NO <sub>x</sub>	18.697	20.262	20.625	20.846	2.150	11
SO <sub>2</sub>	12	12	12	12	0	0
NMVOG	37.768	38.913	39.848	40.692	2.924	8
PM <sub>2,5</sub>	1.215	1.234	1.236	1.243	28	2
BC	19	20	20	19	0	0

\*Seneste historiske år

I det følgende er vist den forventede udvikling i emissionen opdelt på de enkelte stoffer med informationer om vigtigste årsager til denne udvikling.

### Ammoniak

I fremskrivningen forventes en lavere emission, således er estimeret en reduktion på 3.300 tons NH<sub>3</sub> fra 2016 og frem til 2040 svarende til en reduktion på 4 %. Emission fra husdyrgødning forventes at blive reduceret med 3.700 tons NH<sub>3</sub> frem til 2030, svarende til en reduktion på 10 %. Trods en stigning i produktionen af kvæg, smågrise og mink, forventes en reduktion i emissionen, hvilket skyldes ændringer i stalddtypefordelingen og en øget anvendelse af miljøteknologi i stalden.

I fremskrivningen er antaget en stigning i andelen af gylle, der bliver forsuret, hvilket forventes at reducere NH<sub>3</sub>-emissionen. Alligevel ses en stigning i emissionen på 4 % frem til 2030, fordi der samtidig forventes at ske et fald i andelen af gylle, som nedfældes.

Emissionen fra anvendelsen af handelsgødning forventes at stige med 1.100 tons NH<sub>3</sub> frem til 2030, svarende til en stigning på 15 % sammenlignet med emissionen i 2016. Dette sker som en konsekvens af Landbrugspakken, hvor gødskningsnormen ændredes fra reduceret gødskningsnorm til gødskning i forhold til økonomisk optimum. Emissionen fra voksende afgrøder og øvrige kilder forventes at blive reduceret med 7-8 % som konsekvens af faldende landbrugsareal.

Tabel 2.14 Ændring i NH<sub>3</sub> emissionen 2016 – 2030.

Tons NH <sub>3</sub>	2016	2020	2025	2030	2016-2030	%
Husdyrgødning (stald og lager)	35.559	32.803	32.553	31.900	-3.659	-10
Husdyrgødning udbragt på mark	19.671	19.685	8.258	20.437	765	4
Handelsgødning	7.179	8.209	20.158	8.258	1.079	15
Voksende afgrøder	5.407	5.199	5.080	4.998	-409	-8
Øvrige (slam, græsning, afbrænding, NH <sub>3</sub> -Halm)	2.953	2.736	2.735	2.740	-213	-7
Sum	70.769	68.632	68.783	68.332	-2.437	-3

\*Seneste historiske år.

Tabel 2.15 viser udviklingen i emissionen fra husdyrgødning i stald og lager i perioden 2016-2030 fordelt på hver af de overordnede husdyrkategorier. Emissionen fra svineproduktionen falder med 17 % i perioden 2016-2030, hvilket skyldes en kombination af fald i produktionen af søer og øget miljøteknologi i stalden. Derudover sker der samtidig et fald i den gennemsnitlige N-udskillelse pr. svin, hvilket betyder, at den samlede mængde N i husdyrgødningen reduceres med 7 % fra 2016-2030.

I fremskrivningen er der antaget en stigning i antallet af malkekvæg på 9 % frem til 2030, som følge af en forventning om stigning i den samlede mælkeproduktion. Samtidig forventes en stigning i mælkeydelsen, hvilket betyder, at den samlede N-udskillelse for malkekvæg stiger med 20 % fra 2016 til 2030. Alligevel ses det, at emissionen falder med 6 % i 2030 sammenholdt med emissionen i 2016. Noget af forklaringen skyldes øget forsuring i stalden, men den vigtigste forklaring er ændring i staldsystemer. Ved at se nærmere på udviklingen af de forskellige sengestaldsystemer ses, at staldsystemer med en relativ høj ammoniakemission (fast gulv) forventes udskiftet med systemer med lavere emission (drænede gulve), og denne udvikling er særlig markant i perioden fra 2020-2030.

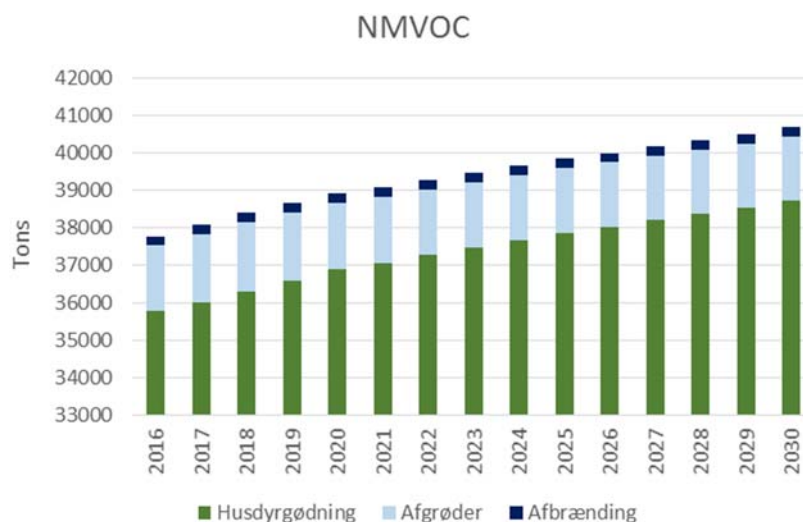
For minkproduktionen ses en stigning i antallet af dyr på 26 % frem til 2030, men på grund af en forventet stigning i staldpraksis med to gange ugentlig udmugning, som har en 30 % lavere NH<sub>3</sub>-emission, forventes emissionen at falde med 4 % i perioden 2016-2030. En forventet stigning i minkproduktionen betyder, at der stilles lovkrav om ammoniakreduktion, som kan imødekommes ved to gange ugentlig udmugning. En tilsvarende udvikling ses for fjerkræproduktionen, hvor den samlede N-udskillelse i gødningen stiger som konsekvens af stigning i slagtekyllingeproduktionen. Alligevel falder emissionen, fordi der forventes en stigning i anvendelsen af varmevekslere i slagtekyllingestaldene og luftrensere i stalde med høns.

Tabel 2.15 Ændring i NH<sub>3</sub>-emission fra husdyrgødning (stald og lager).

Tons NH <sub>3</sub>	2016	2020	2025	2030	2016-2030	pct
Malkekvæg	7.747	7.387	7.332	7.291	-456	-6
Øvrige kvæg	3.424	3.343	3.416	3.487	63	2
Svin	15.065	13.963	13.391	12.472	-2.593	-17
Fjerkræ	2.385	1.980	1.982	1.944	-441	-18
Mink	6.174	5.363	5.664	5.938	-236	-4
Øvrige	765	768	768	768	3	0
Sum	35.559	32.803	32.553	31.900	-3.659	-10

#### Flygtige organiske forbindelser

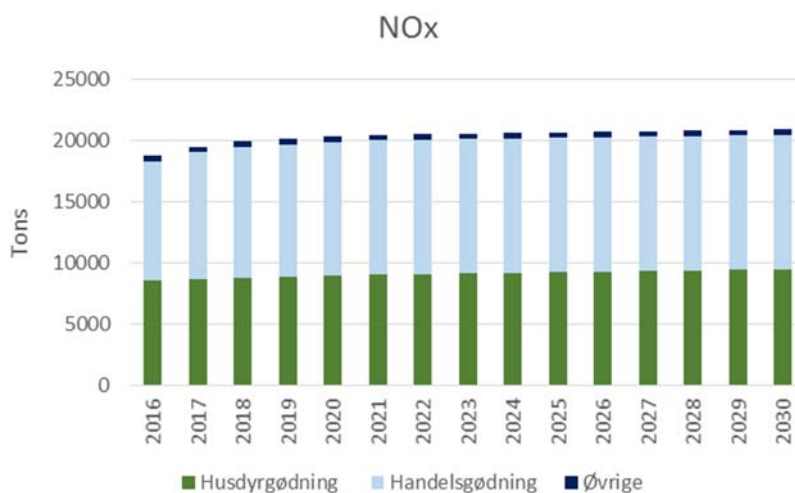
NMVOC-emissionen fra landbrugssektoren forventes at øges i perioden fra 2016 til 2030 med 8 %, hvilket er forårsaget af en stigning i emissionen fra husdyrgødning som konsekvens af en forøgelse i produktionen af kvæg og mink.



Figur 2.26 Udvikling i NMVOC-emissionen 2016-2030.

### Kvælstofoxider

I perioden fra 2016 til 2030 forventes en stigning i emissionen af NO<sub>x</sub> fra landbrugssektoren med 11 %. Denne stigning skyldes dels øget anvendelse af handelsgødning og dels øget mængde kvælstof i husdyrgødningen, som udbringes på landbrugsjord.

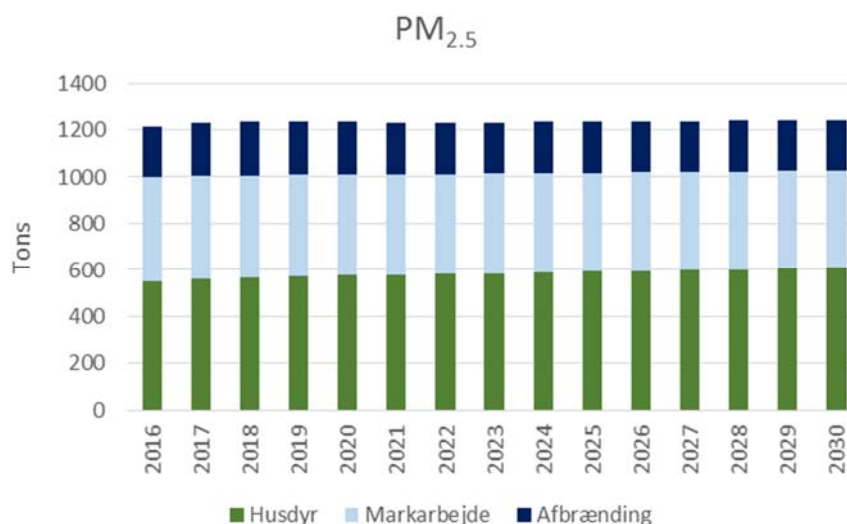


Figur 2.27. Udvikling i NO<sub>x</sub>-emissionen 2016-2030.

### Partikler

Partikelemissionen angivet i PM<sub>2,5</sub> er uændret i perioden fra 2016 til 2030. Der forventes et fald i emissionen fra markarbejde på landbrugsjord som følge af reduktion i landbrugsarealet, mens emissionen fra husdyr stiger grundet øget produktion af kvæg.





Figur 2.28 Udvikling i PM<sub>2.5</sub>-emissionen 2016-2030.

### Svovldioxid og sod emission

Landbrugssektoren bidrager med mindre end én procent af SO<sub>2</sub> og BC sammenholdt med den nationale totale udledning. I landbrugsmæssig sammenhæng er SO<sub>2</sub>- og BC-emissionen knyttet til afbrænding af afgrøderester i form af stubmarker ved dyrkning af frøafgrøder. I fremskrivningen forventes en ændring i emissionen i perioden 2012-2016 på mindre end 1 %.

## 2.8 Affald

Da al forbrænding af husholdningsaffald, industriaffald og farligt affald i Danmark sker med indvinding af energien i form af elektricitet og/eller varme, er emissionen fra disse aktiviteter inkluderet under stationær forbrænding både i emissionsopgørelsen og i emissionsfremskrivningen. Kilderne rapporteret i affaldssektoren er kremeringer af dyr og mennesker, ildebrænde samt kompostering og biogasproduktion. I forhold til den sidste fremskrivning udarbejdet i 2016 er der medtaget ammoniak, PM<sub>10</sub> og TSP.

For årene 2017-2030, bidrager affald (hovedsageligt ildebrænde) med 5 % af den samlede SO<sub>2</sub>-emission og kremeringer med 2% af den samlede PM<sub>2.5</sub> emission. For de resterende stoffer er affaldssektorens bidrag omkring eller under 1 %. Emissionerne for alle stoffer er fremskrevet til at være relativt konstante gennem fremskrivningsperioden.

### 2.8.1 Datagrundlag

For historisk data, er data på komposterede mængder 1995 til 2009 fra afrapporteret mængder til ISAG-affaldsinformationssystemet. For 2010-2016, er data fra det nye affaldsrapporteringsystem ([www.ads.mst.dk](http://www.ads.mst.dk)) blevet anvendt. For biogasproduktion, er der anvendt data fra Energistyrelsens fremskrivning.

### 2.8.2 Antagelser

For kompostering, kremeringer og utilsigtede brænde (5E other), er fremskrivningen sat konstant lig den gennemsnitlige emission for de tre sidste år. For biogasproduktionen, er fremskrivningen baseret på energifremskrivningsdata. For emissionsfaktorer, henvises til seneste emissionsopgørelse (Nielsen et al., 2018).

### 2.8.3 Resultater

Resultaterne fra basisfremskrivningen for landbrug er vist i tabel 2.16-2.20.

Tabel 2.16 Historiske data samt fremskrivning af SO<sub>2</sub>-emissionen fra affaldssektoren, tons.

Sektor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017-2030
5C Ildebrände	5	5	5	6	7	7	7	7
5E Ildebrände	741	849	748	721	523	544	624	544

Tabel 2.17 Historiske data samt fremskrivning af NO<sub>x</sub>-emissionen fra affaldssektoren, tons.

Sektor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017-2030
5C Kremeringer	36	39	40	43	53	50	51	51
5E Ildebrände	46	52	46	45	36	32	37	33

Tabel 2.18 Historiske data samt fremskrivning af NMVOC-emissionen af affaldssektoren, tons.

Sektor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017-2030
5C Kremeringer	1	1	1	2	3	3	3	3
5E Ildebrände	215	245	218	211	169	154	172	157

Tabel 2.19 Historiske data samt fremskrivning af NH<sub>3</sub>-emissionen af affaldssektoren, tons.

Sektor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017-2030
5B biologisk behandling af affald	207	274	540	528	602	772	1160	896
5C Kremeringer	0,3	0,4	1	1	3	2	2	2

Tabel 2.20 Historiske data samt fremskrivning af PM<sub>2,5</sub>-emissionen af affaldssektoren, tons.

Sektor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017-2030
5C Kremeringer	1	2	2	2	3	1	2	2
5E Ildebrände	305	339,4	312	305	276	221	249	232

### 3. Alternativt energiscenarie

I tillæg til basisfremskrivningen, så har Energistyrelsen udarbejdet et andet energiscenarie (ENS, 2018b), som ikke er baseret på frozen policy tilgangen. Denne fremskrivning er i denne rapport benævnt 'WAM' (with additional measures). DCE har beregnet en emissionsfremskrivning på basis af dette scenarie, hvor alle andre antagelser er holdt konstant, dvs. at den eneste forskel på de to scenarier er de fremskrevne brændselsforbrug. De anvendte metoder og øvrige antagelser er således ikke ændret i forhold til basisfremskrivningen, og de er derfor ikke gentaget her. For en beskrivelse af metoder og antagelser, se Kapitel 2. Der er kun beregnet ændringer for energisektoren, dvs. stationær og mobil forbrænding samt flygtige emissioner.

#### 3.1 Sammenligning mellem energifremskrivninger

Der er væsentlige ændringer for en række brændsler mellem basisfremskrivningen og det alternative scenarie. De vigtigste brændsler gennem fremskrivningsperioden er kul, naturgas, gasolie/diesel, benzin og biomasse. En sammenligning mellem de to energifremskrivninger for disse brændsler er vist i tabel 3.1.

Tabel 3.1 Sammenligning mellem basisfremskrivning og WAM-fremskrivning, PJ.

Basisfremskrivning	2020	2025	2030
Kul	51,0	69,6	86,5
Benzin	54,3	54,1	55,6
Diesel	144,1	146,2	142,6
Naturgas	85,2	88,8	80,0
Biogas/bionaturgas	19,5	21,2	21,3
Biomasse	157,3	157,0	152,2
Petroleumskoks	8,1	9,6	11,5
WAM fremskrivning	2020	2025	2030
Kul	55,1	42,4	17,4
Benzin	54,3	54,1	54,8
Diesel	143,2	145,0	140,9
Naturgas	80,8	76,6	64,6
Biogas/bionaturgas	19,4	21,9	21,8
Biomasse	157,0	153,8	150,1
Petroleumskoks	8,1	8,9	10,0

Det ses, at der især for kul er meget forskellige udviklinger antaget i de to fremskrivninger. Hvor kul i basisfremskrivningen antages at stige markant fra 2020 til 2030 i basisfremskrivningen, så er der fremskrevet et markant fald i forbruget i WAM-fremskrivningen. En anden væsentlig ændring er et lavere forbrug af naturgas i WAM-fremskrivningen. For de fleste andre brændsler er ændringerne mindre.

Ændringerne i energifremskrivningen har især betydning for emissionerne af NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub>. For de øvrige stoffer (NMVOC, NH<sub>3</sub>, PM<sub>2,5</sub> og BC) er der andre

brændsler/sektorer, der dominerer emissionerne, som f.eks. træfyring i husholdninger eller landbrug. Dette gør, at påvirkningen på fremskrivningen af disse stoffer er begrænset sammenlignet med effekten på SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>.

## 3.2 Resultater

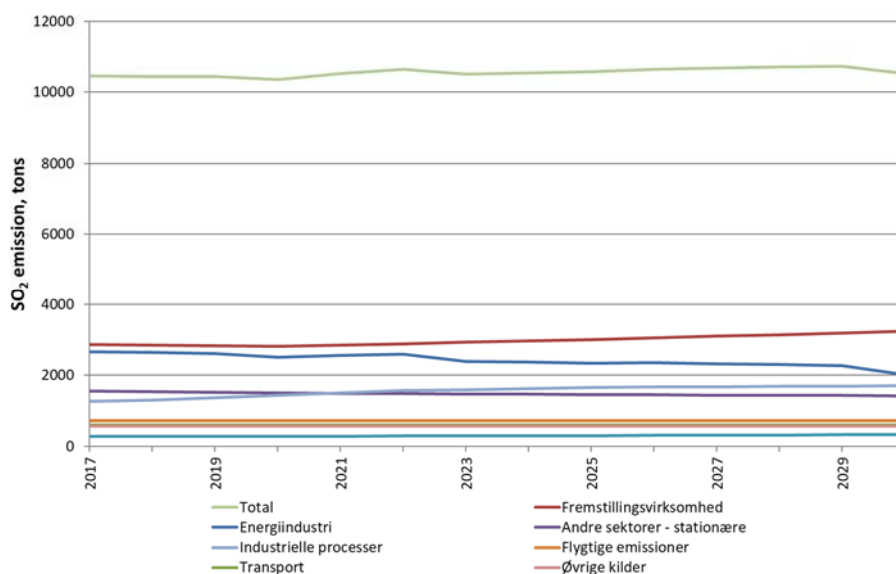
Nedenstående tabel viser resultatet af WAM-fremskrivningen.

Tabel 3.2 Resultater af WAM-fremskrivningen.

Emission, tons	2020	2025	2030
SO <sub>2</sub>	10.362	10.576	10.531
NO <sub>x</sub>	96.586	85.353	74.540
NO <sub>x</sub> ekskl. 3B og 3D	76.421	64.823	53.787
NM VOC	100.262	99.162	98.507
NM VOC ekskl. 3B og 3D	61.604	59.563	58.059
NH <sub>3</sub>	72.551	72.457	71.888
PM <sub>2,5</sub>	18.437	16.209	14.880
BC	3.517	2.987	2.685

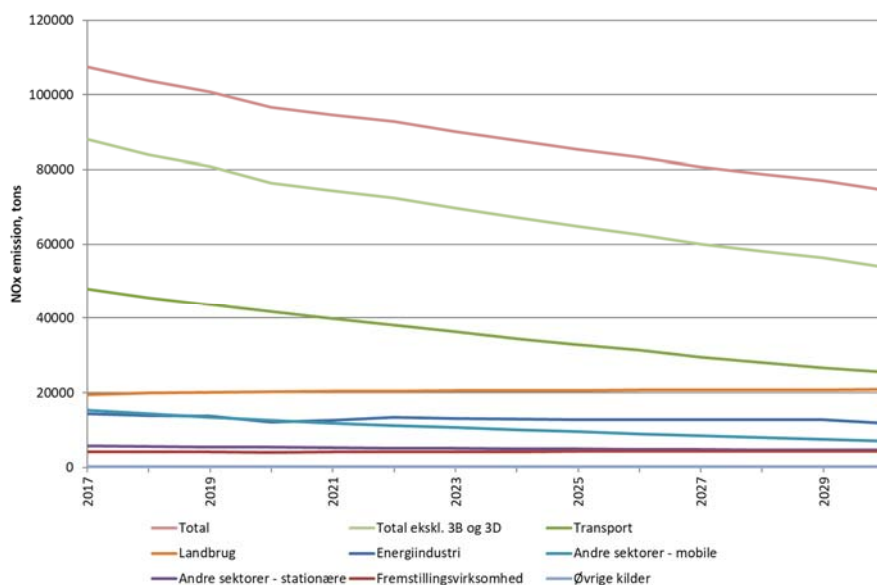
Det ses, at emissionen er faldende for alle stoffer med undtagelse af SO<sub>2</sub>, hvor emissionen er nogenlunde konstant.

Figur 3.1 viser udviklingen i SO<sub>2</sub>-emissionen i WAM-scenariet. Det ses, at den samlede SO<sub>2</sub>-emission er nogenlunde konstant gennem fremskrivningsperioden med en svagt stigende emission fra fremstillingsvirksomhed drevet af højere forbrug af kul og petroleumskoks. Emissionen fra energiindustri (kraftværker og fjernvarmeværker) falder som følge af et faldende kulforbrug.



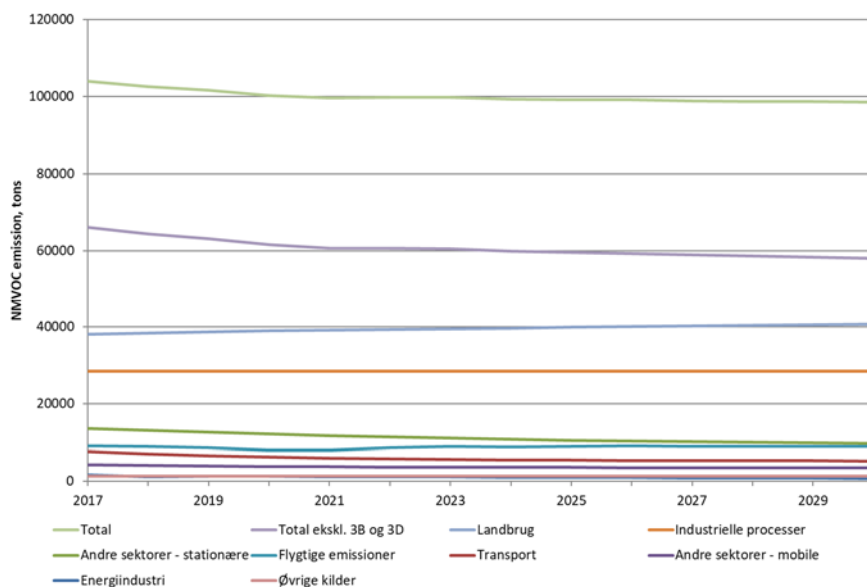
Figur 3.1 Udviklingen i SO<sub>2</sub>-emission i WAM-fremskrivningen.

Figur 3.2 viser udviklingen i NO<sub>x</sub>-emission i WAM-scenariet. Det ses, at emissionen er støt faldende drevet af især fald i emissionen fra vejtransport og andre mobile kilder. Dette skyldes indfasning af nye køretøjer/maskiner med lavere emissioner. Der er dog også et fald fra energiindustri, som følge af et faldende brændselsforbrug.



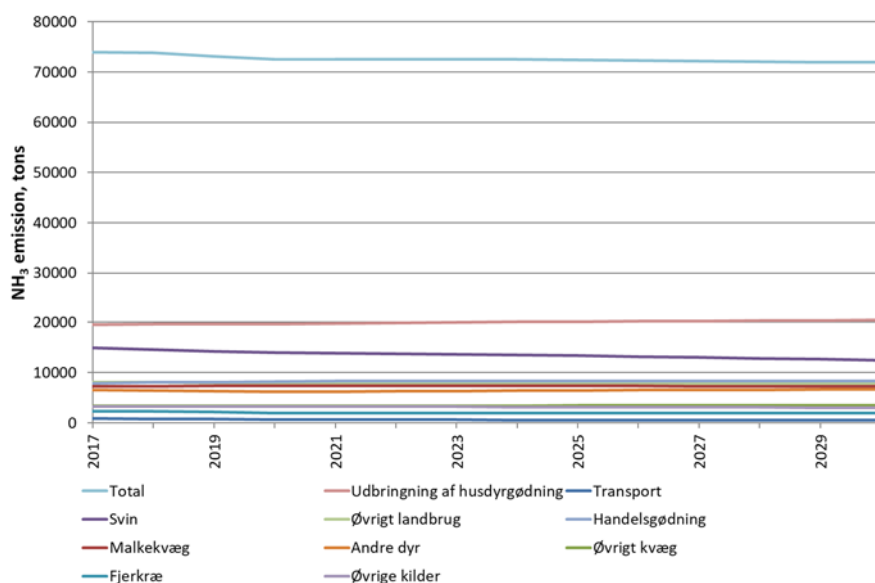
Figur 3.2 Udviklingen i NO<sub>x</sub>-emission i WAM-fremskrivningen.

Figur 3.3 viser udviklingen i NMVOC-emission i WAM-scenariet. De største kilder (landbrug og industrielle processer viser en stabil eller svagt stigende trend. For andre stationære sektorer (primært husholdninger) og transport ses der pæne fald i emissionen drevet af implementeringen af nye teknologier.



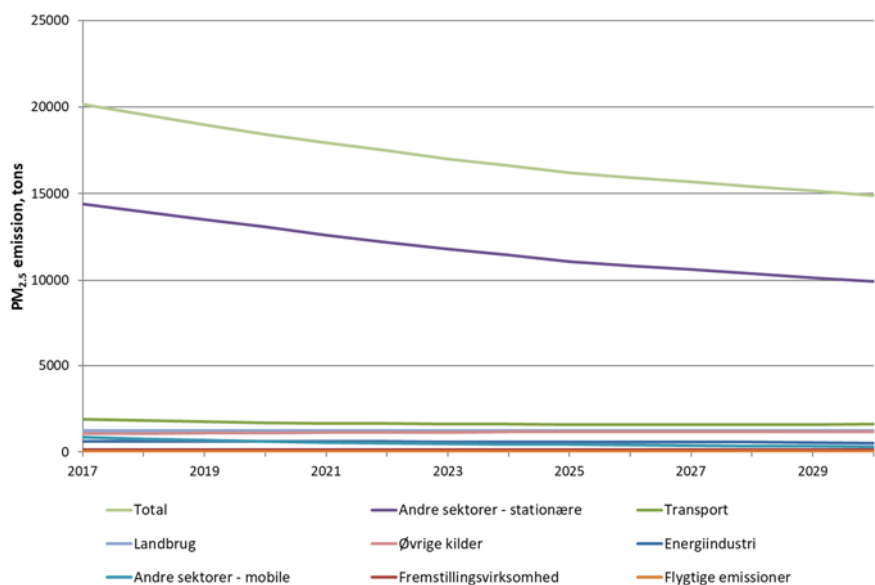
Figur 3.3 Udviklingen i NMVOC-emission i WAM-fremskrivningen.

Figur 3.4 viser udviklingen i NH<sub>3</sub>-emission i WAM-scenariet. Emissionen er domineret af landbrug, og der er derfor ikke nogen væsentlig forskel mellem WAM-scenariet og basisscenariet. Emissionen falder lidt i begyndelsen af fremskrivningsperioden, men forbliver derefter nogenlunde konstant.



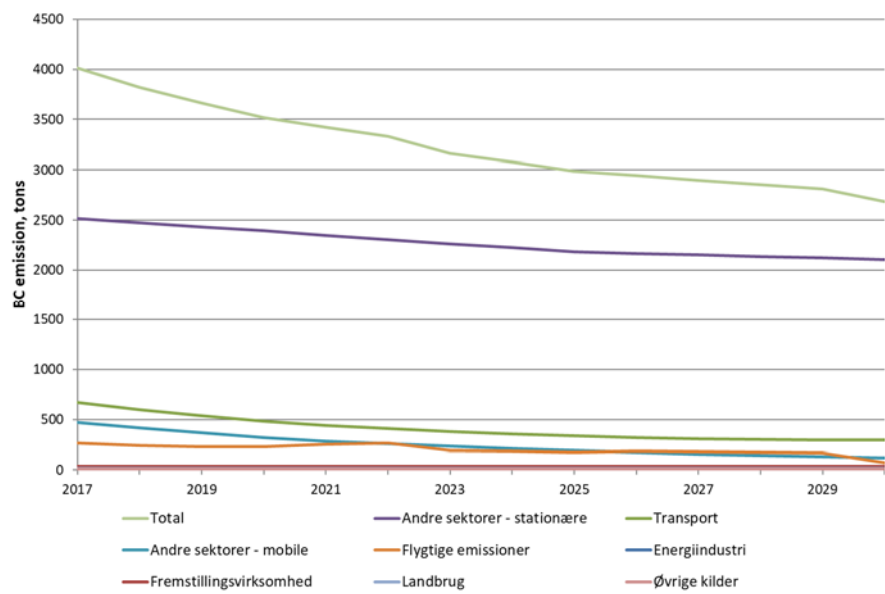
Figur 3.4 Udviklingen i NH<sub>3</sub>-emission i WAM-fremskrivningen.

Figur 3.5 viser udviklingen i PM<sub>2,5</sub>-emission i WAM-scenariet. Emissionen er domineret af husholdninger (andre sektorer – stationære), og der er derfor ikke nogen væsentlig forskel mellem WAM-scenariet og basisscenariet. Emissionen falder i takt med indfasning af nye brændeovne.



Figur 3.5 Udviklingen i PM<sub>2,5</sub>-emission i WAM-fremskrivningen.

Figur 3.6 viser udviklingen i BC-emission i WAM-scenariet. Emissionen er domineret af husholdninger (andre sektorer – stationære), og i mindre grad vejtransport og andre mobile kilder. Der er derfor ikke nogen væsentlig forskel mellem WAM-scenariet og basisscenariet. Emissionen falder i takt med indfasning af nye brændeovne og med indfasning af nye køretøjer og maskiner.



Figur 3.6 Udviklingen i BC-emission i WAM-fremskrivningen.

## 4. Scenarier

### 4.1 Partikler

#### 4.1.1 Brændeovne

Der er af NIRAS for Miljøstyrelsen udarbejdet tre reduktionsscenarier for brændeovne. De tre scenarier er:

- Trinvis udfasning
- Afgift på anvendelse af brændeovne
- Fremme af svanemærkede ovne via informationskampagne

I det følgende er de forskellige kort beskrevet på baggrund af de oplysninger, som DCE har modtaget fra NIRAS. DCE har beregnet emissionskonsekvenserne for de forskellige scenarier med de oplyste antagelser.

#### Scenarie 1. Trinvis udfasning

I 2020 indføres der forbud mod brændeovne fra før 1990. Eksisterende tilsluttede ovne, der kan opfylde en grænseværdi på 10 g/kg (måles på stedet), er ikke omfattet. Fra 2025 indføres der forbud mod brændeovne fra 1990 – 2008 og i 2030 indføres der forbud mod brændeovne fra 2008 – 2015.

Det er antaget, at 90 % vælger at udskifte deres brændeovn med en ny brændeovn. De resterende 10 % nedlægger ildstedet. Det er antaget, at alle de gamle ovne udskiftes til den mest moderne ovntype i den nuværende model. Træforbruget er i dette scenarie reduceret svarende til, at 10 % ikke udskiftes.

#### Scenarie 2. Afgift på anvendelse af brændeovne

Den direkte effekt af en afgift kan ikke beregnes, da der ikke foreligger oplysninger om elasticiteter. Det er i stedet antaget, at afgiften fører til en reduktion i det gennemsnitlige brændeforbrug. For gamle brændeovne (før 1990), antages en reduktion i træforbruget på 50 %, for brændeovne mellem 1990 og 2008 antages en 30 % reduktion af træforbruget og for moderne brændeovne (efter 2008 antages en reduktion i træforbruget på 20 %).

#### Scenarie 3. Fremme af svanemærkede ovne via informationskampagne

en direkte effekt af en informationskampagne kan ikke beregnes, da der ikke foreligger oplysninger om elasticiteter. Det er i stedet antaget, at informationskampagnen fører til en reduktion i antallet af ældre brændeovne. Antallet af gamle ovne fra før 2008 reduceres med 20 %. Det er antaget, at de 20 %, der udskifter deres brændeovn, vælger den mest moderne type med laveste emission.

#### Sammenfatning

Nedenstående tabel 4.1 viser resultatet af de tre scenarieberegninger.

Tabel 4.1 Sammenligning mellem basisfremskrivning og scenarier.

PM <sub>2,5</sub> -emission, tons	2020	2025	2030
Basis-scenarie	10.661	8.992	7.403
Scenarie 1	10.409	5.806	4.843
Scenarie 2	8.205	7.397	6.215
Scenarie 3	9.788	8.371	7.000



Tabel 4.2 viser, at scenarie to har den største effekt på emissionen i 2020 mens scenarie 1 har den største effekt i 2030.

Tabel 4.2 Forskellen mellem basisfremskrivningen og de enkelte scenarier, tons.

	2020	2025	2030
Scenarie 1	252	3.185	2.560
Scenarie 2	2.456	1.595	1.188
Scenarie 3	873	621	403

#### 4.1.2 Dieseldrevne ikke-vejpgående maskiner

DCE har formuleret et reduktionsscenarie for dieseldrevne ikke-vejpgående maskiner, der benyttes inden for industri og handel- og servicesektoren. Scenariet indfører en miljøzone, der forventes at omfatte 50 % af den samlede maskinbestand i Danmark inden for de to førnævnte sektorer. Fra 2020 skal maskiner i miljøzonen, der ikke er udstyret med partikelfiltre, enten erstattes af nye maskiner, der overholder EU's Stage V-emissionskrav eller have eftermonteret et partikelfilter.

Emissionerne beregnes for et basisscenarie og reduktionsscenariet i to varianter:

- Basisscenarie: Den eksisterende basisfremskrivning for alle dieseldrevne ikke-vejpgående maskiner, der bruges i miljøzonen, uden skærpede partikelkrav.
- Scenarie 1: Krav til filtre eller Stage V for maskiner > 37 kW.
- Scenarie 2: Krav til filtre eller Stage V for alle maskiner uanset motorstørrelse.

##### Basisscenarie

Basisscenariet omfatter alle dieseldrevne ikke-vejpgående maskiner der bruges i miljøzonen, uden skærpede partikelkrav. Miljøzonen antages at berøre 50 % af den samlede ikke-vejpgående maskinbestand i Danmark inden for sektorerne industri og handel/service.

##### Scenarie 1. Krav til filtre eller Stage V for maskiner > 37 kW

I praksis er alle dieseldrevne ikke-vejpgående maskiner  $\geq 37$  Kw, der bruges inden for industri og handel/service udstyret med partikelfiltre fra og med emissionsstandarden Stage IIIB.

I scenarie 1 er kravet fra 2020, at alle maskiner  $\geq 37$  kW med emissionsnorm før Stage IIIB enten erstattes af nye maskiner, der overholder Stage V-emissionskravet, eller får eftermonteret et partikelfilter. Mere specifikt antages, at 75 % af maskinerne erstattes med Stage V-maskiner og 25 % får eftermonteret et partikelfilter.

##### Scenarie 2. Krav til filtre eller Stage V for alle maskiner uanset motorstørrelse

I praksis er alle dieseldrevne ikke-vejpgående maskiner  $\geq 37$  kW inden for industri og handel/service udstyret med partikelfiltre fra og med emissionsstandarden Stage IIIB.

I scenarie 2, er kravet fra 2020, at alle maskiner uanset motorstørrelse med emissionsnorm før Stage IIIB enten erstattes af nye maskiner, der overholder

Stage V-emissionskravet eller får eftermonteret et partikelfilter. Mere specifikt antages, at 75 % af maskinerne erstattes med Stage V-maskiner og 25 % får eftermonteret et partikelfilter.

### Sammenfatning

Nedenstående tabel 4.3 viser emissionsresultaterne for basisfremskrivningen og de to scenarier for ikke-vejpgående maskiner i miljøzone.

Tabel 4.3 Emissionsresultaterne for basisfremskrivningen og de to scenarier for ikke-vejpgående maskiner i miljøzone.

PM <sub>2,5</sub> emission, tons.	2020	2025	2030
Basisscenarie, alle maskiner i miljøzone uden skærpede krav	91	46	23
Scenarie 1, maskiner $\geq$ 37 kW med emissionsnorm før Stage IIIB erstattes af Stage V eller eftermonteres med filter	48	25	16
Scenarie 2, maskiner uanset motorstørrelse med emissionsnorm før Stage IIIB erstattes af Stage V eller retrofittes med filter	15	15	14

Emissionsreduktionerne i tons og de procentvist beregnede emissionsreduktioner mellem basisfremskrivningen og de to scenarier er vist i tabel 4.4.

Tabel 4.4 Forskellen mellem basisfremskrivningen og de to scenarier for ikke-vejpgående maskiner i miljøzone.

PM <sub>2,5</sub> emission, tons.	2020	2025	2030
Scenarie 1, sparet PM <sub>2,5</sub> -emission	43	21	7
Scenarie 2, sparet PM <sub>2,5</sub> -emission	76	31	9
Scenarie 1, emissionsreduktion i procent ift. Basisscenarie i miljøzone	47	45	29
Scenarie 2, emissionsreduktion i procent ift. Basisscenarie i miljøzone	83	67	39

Det ses, at den største emissionsbesparelse opnås i scenarie 2, og at emissionsreduktionerne bliver størst i starten af prognoseperioden. For Scenarie 1/Scenarie 2] beregnes procentvise emissionsbesparelser på hhv. 47 % [83 %], 45 % [67 %] og 29 % [39 %] for årene 2020, 2025 og 2030.

## 4.2 Ammoniak

I det følgende vurderes konsekvenserne for ammoniakemissionen ved seks forskellige scenarier, der alle omfatter forskellige tiltag, som har til formål at reducere ammoniakemissionen yderligere i forhold til den forventede udvikling i basisscenariet (Se kapitel 2).

De seks scenarier er baseret på tiltag udvalgt på baggrund af bruttoliste for virkemidler udarbejdet af IFRO – Fødevareøkonomisk Institut, Københavns Universitet. For en nærmere beskrivelse af baggrunden og udvælgelsen af de enkelte tiltag i scenarierne, refereres til Jacobsen et al. (2018). Scenarie 1 omfatter øget anvendelse af ammoniakreducerende teknologi i stalden i forhold til det, som forventes i basisscenariet, mens scenarie 2 ser på konsekvensen af fast overdækning af gyllebeholdere. I scenarie 3 vurderes effekten af øget forurening ved udbringning af svinogylle og i scenarierne 4 og 5 ses på effekten som konsekvens af ændring i handelsgødningsforbruget i form af lavere forbrug, men også som følge af stop for anvendelse af gødningstyper med høj ammoniakemission. I scenarie 6 vurderes betydningen for udviklingen i ammoniakemission, såfremt det antages, at husdyrproduktionen fastholdes på det nuværende niveau. I tabel 4.5 er listet de seks scenarier i overskiftsform.

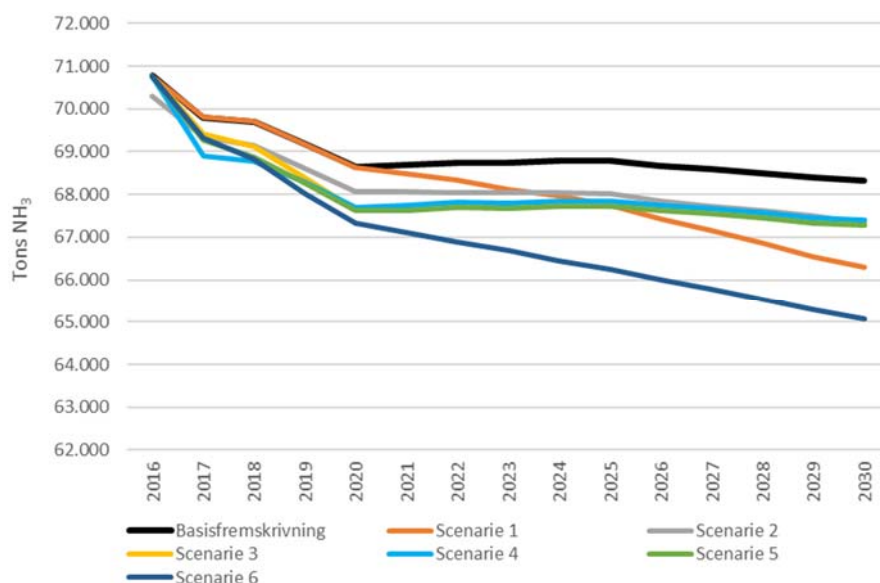
Tabel 4.5 Scenarier med ammoniakreducerende tiltag.

Scenarie 1	Øget ammoniakreducerende teknologi i stalden
Scenarie 2	Fast overdækning af gyllebeholdere
Scenarie 3	Øget forsuring ved udbringning af svinegylle
Scenarie 4	Ingen anvendelse af handelsgødningstyper med høj emission
Scenarie 5	Reduktion i anvendelsen af handelsgødning
Scenarie 6	Fastholdelse af husdyrgødningsproduktionen på 2014-2016 niveau

I tabel 4.6 er givet det samlede resultat for beregning af konsekvenserne for ammoniakemissionen som følge af hver af de seks scenarier, udtryk i tons NH<sub>3</sub> sammenlignet med basisfremskrivningen og den procentmæssige ændring. Konsekvensen er ligeledes angivet illustrativt i figur 4.1. Heraf ses at emissionerne vurderes til at blive reduceret med 1-5 % i 2030 i forhold til basisfremskrivningen, svarende til en reduktion mellem 900-3.300 tons NH<sub>3</sub>. Den laveste emission i 2030 ses for scenarie 6, hvor der i modsætning til basisfremskrivningen ikke er antaget en stigning i produktionen af kvæg, mink og smågrise. Næstlaveste emission ses for scenarie 1, hvor der er skruet op for anvendelsen af miljøteknologi i stalden sammenlignet med basisfremskrivningen. Langt størstedelen af emissionen er knyttet til husdyrproduktionen, og derfor er det forventeligt at ændringen i emissionen er mest markant for forhold, der er direkte relateret til husdyrproduktionen. For scenarierne 2-5, som har fokus på handelsgødningsforbruget, overdækning af gylletank og øget forsuring ved udbringning af svinegylle ses en mindre effekt, svarende til en ændring på 1-2 % sammenholdt med basisfremskrivningen.

Tabel 4.6 NH<sub>3</sub>-emissionen i basisscenariet sammenlignet med scenarierne 1 til 6.

Tons NH <sub>3</sub>	2016	2020	2025	2030
Basisfremskrivning, tons NH <sub>3</sub>	70.769	68.632	68.783	68.332
Scenarie 1	70.769	68.632	67.746	66.268
Scenarie 2	70.769	68.054	68.027	67.327
Scenarie 3	70.769	67.637	67.791	67.372
Scenarie 4	70.769	67.699	67.851	67.400
Scenarie 5	70.769	67.628	67.725	67.274
Scenarie 6	70.769	67.319	66.242	65.061
Forskel fra basisfremskrivning, tons NH <sub>3</sub>	2016	2020	2025	2030
Scenarie 1		0	-1.038	-2.046
Scenarie 2		-578	-757	-1.005
Scenarie 3		-995	-992	-961
Scenarie 4		-933	-932	-932
Scenarie 5		-1.003	-1.058	-1.058
Scenarie 6		-1.313	-2.542	-3.271
Forskel fra basisfremskrivning, %	2016	2020	2025	2030
Scenarie 1		0,0	-1,5	-3,0
Scenarie 2		-0,8	-1,1	-1,5
Scenarie 3		-1,4	-1,4	-1,4
Scenarie 4		-1,4	-1,4	-1,4
Scenarie 5		-1,5	-1,5	-1,5
Scenarie 6		-1,9	-3,7	-4,8



Figur 4.1 Sammenligning mellem basisfremskrivningen og scenarierne 1-6.

I det følgende gennemgås scenarierne med henblik på at beskrive hvilke antagelser, der ligger til grund for beregning af ændring i ammoniakemissionen for hver enkelt scenarie.

#### 4.2.1 Scenarie 1. Øget ammoniakreducerende teknologi i stalden

I basisfremskrivningen er antaget en udvikling af implementering i miljøteknologi i stalden, som er baseret på informationer fra miljøgodkendelser for husdyrbrug 2007-2016. I scenarie 1 beregnes konsekvensen af en yderligere etablering af miljøteknologi i stalden for kvæg- og svineproduktionen. Således er antaget luftrensning i 2030 for yderligere 10 % for produktionen af smågrise og søer, samt yderligere 20 % luftrensning for slagtesvin. Ligeledes er skruet op for gylleforsuring svarende til yderligere 10% i 2030 for henholdsvis søer, smågrise, slagtesvin, malkekvæg og kvier.

Tabel 4.7 Udbredelsen af miljøteknologi i stalden.

	Basisfremskrivning		Scenarie analyse
	2020	2030	2030
<b>Søer</b>			
Luftrenser	5	8	18
Gyllekøling	23	40	
Gylleforsuring	2	4	14
<b>Slagtesvin</b>			
Luftrenser	4	5	25
Gyllekøling	6	9	
Gylleforsuring	2	4	14
<b>Smågrise</b>			
Luftrenser	1	2	12
Gyllekøling	12	18	
Gylleforsuring	1	2	12
<b>Gylleforsuring</b>			
Malkekvæg	7	10	20
Kvier	2	3	13

På Miljøstyrelsens Teknologiliste er angivet estimat for den forventede reduktion i ammoniakemissionen for hver miljøteknologi. Resultatet af gennemgangen af miljøgodkendelserne for husdyrbrug viste imidlertid en stor variation i ammoniakreduktionsfaktorer afhængig af driftsforholdene på den enkelte bedrift – dvs. størrelsen af anlægget, mængden af staldluft der renses osv. I scenarie 1 er anvendt vægtede ammoniakreduktionsfaktorer baseret på gennemgangen af miljøgodkendelserne 2007-2016. Således er der for gylleforsuring antaget et reduktionspotentiale på mellem 53–63 % for svin og 50 % for kvæg. Reduktionspotentialet for luftrensere skelner ikke mellem kemisk og biologisk system, men her anvendes et gennemsnit svarende til en reduktion på mellem 54-61 %.

Tabel 4.8 NH<sub>3</sub>-reduktionsfaktorer baseret på data fra miljøgodkendelser for husdyrbrug 2007-2016 i stalden.

Vægtet NH <sub>3</sub> red. effekt, pct.	Forsuring	Kemisk luftvasker	Biologisk luftvasker	Gns. luftrensere
Slagtesvin	62	63	49	56
Smågrise	63	57	51	54
Årssøer	53	55	67	61
Kvæg	50			

#### 4.2.2 Scenarie 2. Fast overdækning af gyllebeholdere

Reduktion i ammoniakemissionen som følge af fast overdækning af gyllebeholdere indgår på nuværende tidspunkt ikke i den nationale opgørelse, hvilket er begrundet i manglende information om den faktiske udbredelse af fast overdækning. I scenarie 2 beregnes konsekvensen af at tage højde for den reducerede effekt fra fast overdækning i perioden fra 2017-2030 sammenlignet med basisfremskrivningen under forudsætning af, at der i 2020 er fast overdækning for 40 % af kvæggylle og 45 % for svinegyلة, stigende til henholdsvis 60 % og 65 % i 2030. Der antages et NH<sub>3</sub>-reduktionspotentiale på 50 % i forhold til et naturligt flydelag, som angivet på Teknologilisten.

#### 4.2.3 Scenarie 3. Øget forsuring ved udbringning af svinegyلة

I basisfremskrivningen er antaget, at 3 % af den samlede mængde svinegyلة forsures ved udbringning i både 2020 og 2030. I scenarie 3 ses på konsekvenserne af øget forsuring af svinegyلة, således at yderligere 20 % forsures allerede fra 2020, svarende til at i alt 23 % af svinegyullet forsures. Dette niveau fastholdes frem til 2030. I beregningen er antaget et NH<sub>3</sub>-reduktionspotentiale på 40 % som angivet i Teknologilisten.

#### 4.2.4 Scenarie 4. Ingen anvendelse af handelsgødningstyper med høj emission

I scenarie 4 vurderes konsekvensen af, at der ikke anvendes handelsgødningstyperne urea og svovlsur ammoniak, som har de højeste NH<sub>3</sub>-emissionsfaktorer. Kvælstofforbruget i urea og svovlsur ammoniak erstattes med kvælstofgødninger med svovl og kalkammonsalpeter. Antagelsen gør sig gældende fra år 2020.

#### 4.2.5 Scenarie 5. Reduktion i anvendelsen af handelsgødning

I basisfremskrivningen er antaget en stigning i handelsgødningsforbruget fra 243 mio. kg N i 2016 stigende til 275 mio. kg N i 2021. I scenarie 5 ses på konsekvenserne af et reduceret forbrug af handelsgødning sammenlignet med basisfremskrivningen, svarende til det aktuelle forbrug i 2016 og 2017 på 240 mio. kg N. Fordelingen af de forskellige gødningstyper antages at være den samme som gennemsnittet for perioden 2014-2016.

#### 4.2.6 Scenarie 6: Fastholdelse af husdyrproduktionen på 2014-2016 niveau

I scenarie 6 vurderes konsekvenserne af uændret husdyrproduktion, dvs. en fastholdelse af det gennemsnitlige produktionsniveau for årene 2014-2016 og frem til 2030. For kvægproduktionen vil det i udgangspunkt betyde en fastholdelse i antallet af malkekvæg, mens det for svineproduktionen vil betyde en fastholdelse af antallet af slagtesvin og smågrise og dermed en fastholdelse i niveauet for eksporten af smågrise svarende til niveauet 2014-2016. Alle øvrige variable for øget produktionseffektivitet som eksempelvis stigning i antal smågrise pr. årssø antages fortsat at være gældende, hvilket betyder, at antallet af søer falder fra 999.000 i 2016 til 765.000 i 2030. Ligeledes forventes en fortsat stigning i mælkeydelsen pr. ko, hvilket vil resultere i øget mælkeproduktion som i scenariet antages at kunne modsvarer øget efterspørgsel.

Tabel 4.9 Forventet udvikling i husdyrproduktionen i scenarie 6.

Antal dyr – 1.000 stk.	2016	2020	2025	2030
Malkekvæg	572	565	565	565
Øvrig kvæg	1.194	1.202	1.202	1.202
Søer	999	907	834	765
Smågrise (prod.)	32.379	31.493	31.493	31.493
Slagtesvin (prod.)	19.542	19.774	19.774	19.774
Fjerkræ (prod.)	132.310	127.275	127.275	127.275
Pelsdyr	3.251	3.316	3.316	3.316
Øvrige	379	379	379	379

## 5. Usikkerheder

I en fremskrivning vil der altid være usikkerheder forbundet med aktivitetsdata. I det omfang det er muligt, baserer emissionsfremskrivningen sig på officielle fremskrivninger af aktivitetsniveauet, f.eks. den officielle danske energifremskrivning foretaget af Energistyrelsen.

For de stoffer, der er fremskrevet nu, er den største usikkerhed forbundet med partikelemissionen, og dermed også for emissionen af BC (sod). Der er stadig enkelte kilder til partikelemission, der ikke er inkluderet i den historiske emissionsopgørelse og dermed heller ikke er omfattet af emissionsfremskrivningen, f.eks. partikelemission fra lossepladser, hvor der er beskrevet en metode i EMEP/EEA Guidebook.

For de øvrige luftforurenende stoffer er usikkerheden størst for NMVOC. Dette skyldes de mange betydelige kilder til NMVOC-emission og de store usikkerheder, der er knyttet til f.eks. opgørelsen for brændeovne og opløsningsmidler.

Der er også usikkerheder forbundet med de fremtidige emissionsfaktorer for vejtransport, da historiske data har vist, at emissionsfaktorerne i den virkelige verden ikke altid lever op til de forventninger, der er på basis af de lovmæssige grænseværdier.

Andre usikkerheder inkluderer emissionsfaktorerne for biomassefyrede forbrændingsanlæg, der ikke er genstand for kontinuerede målinger. Den forventede stigning i anvendelse af biomasse til el- og varmeproduktion understreger vigtigheden i, at der udvikles bedre emissionsfaktorer for disse anlæg.

Når usikkerhederne vurderes, må der generelt skelnes mellem usikkerheden på emissionsniveauet og usikkerheden på emissionsudviklingen. Generelt er usikkerheden lavere på emissionsudviklingen end det er tilfældet med emissionsniveauet. Dette skyldes, at en stor del af usikkerheden på emissionsniveauet vil være konsistent over år, og at det dermed forventes at have lige stor effekt i både basisåret og målåret. Dermed vil det have mindre effekt på emissionsudviklingen.

Tabel 5.1 viser udviklingen i emissioner samt den vurderede usikkerhed på trenden. For de enkelte forureningskomponenter er der en uddybende forklaring efterfølgende.

Tabel 5.1 Usikkerheder på emissionsudviklingen uden antagelse om adjustments.

Stof	Udvikling 2005-2030 <sup>1</sup>	Usikkerhed <sup>2</sup>	Centralestimat
NO <sub>x</sub>	-71 %	± 10-25 %-point	± 15 %-point
SO <sub>2</sub>	-60 %	± 3-10 %-point	± 8 %-point
NH <sub>3</sub>	-19 %	± 10-25 %-point	± 15 %-point
NMVOC	-47 %	± 25-50 %-point	± 30 %-point
PM <sub>2,5</sub>	-55 %	± 25-50 %-point	± 40 %-point
BC	-65 %	± 50+ %-point	

<sup>1</sup> For NO<sub>x</sub> og NMVOC er der ikke medregnet emissioner fra husdyr og landbrugsjorde.

<sup>2</sup> Udtrykt ved 95 % konfidensinterval.

Det er klart, at usikkerheden for 2030 er højere end usikkerheden for 2020. Det er vurderingen, at usikkerheden på udviklingen for både 2020 og 2030 ligger inden for de angivne intervaller.

I det følgende skal de usikkerheder, der er angivet, læses som procentpoint usikkerhed på udviklingen i emissioner mellem 2005 og 2030. Når der henvises til usikkerheden på udviklingen i den historiske opgørelse, så henvises der til usikkerheden på udviklingen i emissioner mellem 1990 og 2016, dog 2000 til 2014 for PM<sub>2,5</sub> og BC.

## 5.1 Kvælstofoxider

NO<sub>x</sub>-emissionen stammer hovedsageligt fra forbrænding og landbrug. Da NO<sub>x</sub>-emissionen fra landbruget er undtaget fra reduktionsforpligtigelsen, er den ikke så vigtig i forhold til en vurdering af usikkerheden. For forbrænding er de vigtigste kilder vejtransport og maskiner, f.eks. i industrien og landbruget.

Usikkerheden på de fremskrevne NO<sub>x</sub>-emissioner afhænger kraftigt af hvorvidt de vedtagne fremtidige grænseværdier for køretøjer og maskiner bliver overholdt. Historisk har det været et problem, at emissionerne i den virkelige verden oversteg de værdier, der var forventet baseret på de grænseværdier, der var bestemt i lovgivningen.

Totalt set vurderes usikkerheden på trenden af NO<sub>x</sub>-fremskrivningen til at være betydelig (10-25 %). For emissionsopgørelsen er usikkerheden på trenden beregnet til at være omkring 10 %.

## 5.2 Svovldioxid

Den største kilde til SO<sub>2</sub>-emission er stationær forbrænding. Da SO<sub>2</sub>-emissionen kun afhænger af svovlindholdet i brændslet og rensningsgraden, hvis der er rensning, så er fremskrivningen af emissionen meget afhængig af usikkerheden på fremskrivningen af forbruget af de enkelte brændsler.

Der er ikke beregnet usikkerheder for den officielle energifremskrivning, men et kvalificeret bud på usikkerheden af den samlede SO<sub>2</sub>-emission er, at den vil være moderat (3-10 %). For emissionsopgørelsen er usikkerheden på trenden beregnet til at være omkring 2 %.

## 5.3 Ammoniak

Den dominerende kilde til NH<sub>3</sub>-emission er landbruget. Emissionsudviklingen afhænger især i udviklingen i antallet af dyr samt indfasning af miljøteknologi i stalde samt tiltag i forbindelse med udbringning af husdyrgødning.

Totalt set vurderes usikkerheden på trenden af NH<sub>3</sub>-fremskrivningen til at være betydelig (10-25 %). For emissionsopgørelsen er usikkerheden på trenden beregnet til at være omkring 9 %.

## 5.4 Flygtige organiske forbindelser

Emission af NMVOC stammer fra mange forskellige aktiviteter og er derfor behæftet med en større usikkerhed end de tidligere nævnte forureningskomponenter. De vigtigste kilder er landbrug, industrielle processer, træfyring i



husholdninger, olie/gas sektoren, vejtransport samt ikke-vejpgående maskiner. Da emissionen fra landbrug er undtaget fra reduktionsforpligtigheden er denne ikke medtaget i vurderingen af den samlede usikkerhed.

For industrielle processer er den største kilde anvendelse af opløsningsmidler. Generelt vurderes det, at usikkerheden på emissionsudviklingen er væsentligt lavere end udviklingen i emissionsniveauet.

Træfyring i husholdninger er behæftet med usikkerheder både angående aktivitetsniveauet og emissionsfaktorer. Generelt vil usikkerheden på emissionsudviklingen være mest påvirket af usikkerheden på aktivitetsniveauet, men hvis en emissionsfaktor ændres, f.eks. for en enkelt teknologi, så kan dette også påvirke emissionsudviklingen i væsentlig grad.

For olie og gas industrien er emissionsudviklingen mere sikker end emissionsniveauet.

For vejtransport og ikke-vejpgående maskiner, er den samme problemstilling, som beskrevet under NO<sub>x</sub> relevant, dvs. hvorvidt fremtidige emissionsstandarder overholdes i virkeligheden.

Totalt set vurderes usikkerheden på trenden af NMVOC-fremskrivningen til at være stor (25-50 %). For emissionsopgørelsen er usikkerheden på trenden beregnet til at være omkring 25 %.

## 5.5 Partikler

Den dominerende kilde til PM<sub>2,5</sub>-emissioner er træfyring i husholdninger, og de samme iagttagelser, som er beskrevet under NMVOC, er gældende.

De øvrige større kilder til PM<sub>2,5</sub>-emissionen er vejtransport, industrielle processer og landbrug. For vejtransport er den samme problemstilling, som beskrevet under NO<sub>x</sub> relevant, dvs. hvorvidt fremtidige emissionsstandarder overholdes i virkeligheden. For industrielle processer er usikkerheden på emissionsudviklingen lavere end på emissionsniveauet, men dog stadig betydelig. Det samme gør sig gældende for landbrug.

Totalt set vurderes usikkerheden på trenden af PM<sub>2,5</sub>-fremskrivningen til at være stor (25-50 %). For emissionsopgørelsen er usikkerheden på trenden beregnet til at være omkring 45 %.

## 5.6 Sod

Træfyring i husholdninger og transport er de dominerende kilder. Da BC-emissionen er en funktion af PM<sub>2,5</sub>-emissionen er de samme problemstillinger som beskrevet under PM<sub>2,5</sub> relevante. Overordnet set vil usikkerhederne på BC-emissionen være højere, da der endnu ikke er mange forskningsresultater tilgængelige om hvorvidt reduktionseffektiviteten på de tiltag, der er implementeret for at reducere PM<sub>2,5</sub>, er den samme for BC, eller om reduktionseffektiviteten er lavere eller højere.

Totalt set vurderes usikkerheden på trenden af BC-fremskrivningen til at være meget stor (50+ %). For emissionsopgørelsen er usikkerheden på trenden beregnet til at være omkring 160 %.

## 6. Konklusioner

I dette projekt er der udført en basisfremskrivning (WM-fremskrivning), en fremskrivning med yderligere virkemidler (WAM-fremskrivning) samt udført en række scenarieberegninger. Resultaterne er vist i de nedenstående tabeller sammen med et beregnet reduktionsmål for 2020 og 2030. Reduktionsmålet er beregnet på basis af emissionerne i 2005, som rapporteret til EU og FN d. 15. februar 2018 kombineret med de procentreduktionsmål, der er angivet i NEC-direktivet.

Tabel 6.1 Resultater af emissionsfremskrivninger for SO<sub>2</sub>.

SO <sub>2</sub> -emission, tons	2020	2025	2030
SO <sub>2</sub> , WM	10.727	11.548	12.217
SO <sub>2</sub> , WAM	10.362	10.576	10.531
Reduktionsmål	17.038		10.747

I begge fremskrivninger er SO<sub>2</sub>-emissionen i 2020 beregnet til at være et godt stykke under reduktionsmålet. Selv med de usikkerheder, der er forbundet med en fremskrivning, så er det med meget høj sandsynlighed, at 2020-målet opnås. For 2030 er SO<sub>2</sub>-emissionen i WM-fremskrivningen et stykke over reduktionsmålet, mens den i WAM-fremskrivningen akkurat er under reduktionsmålet. Med de usikkerheder, der er i fremskrivningen, er det ikke muligt at konkludere, at målet med sikkerhed opnås.

Tabel 6.2 Resultater af emissionsfremskrivninger for NO<sub>x</sub>.

NO <sub>x</sub> emission, tons	2020	2025	2030
NO <sub>x</sub> , WM	99.150	89.264	79.633
NO <sub>x</sub> , WAM	96.586	85.353	74.540
NO <sub>x</sub> , WM, ekskl. 3B og 3D	78.985	68.733	58.880
NO <sub>x</sub> , WAM, ekskl. 3B og 3D	76.421	64.823	53.787
Reduktionsmål	82.771		60.197

I både WM- og WAM-fremskrivningen er NO<sub>x</sub>-emissionen fremskrevet til at være under reduktionsmålet for både 2020 og 2030. Der er usikkerheder forbundet med fremskrivningen, i særdeleshed for vejtransport, men for WAM-scenariet vurderes det, at det er meget sandsynligt, at reduktionsmålet opnås.

Tabel 6.3 Resultater af emissionsfremskrivninger for NMVOC.

NMVOC emission, tons	2020	2025	2030
NMVOC, WM	100.371	99.869	99.280
NMVOC, WAM	100.262	99.162	98.507
NMVOC, WM, ekskl. 3B og 3D	61.713	60.270	58.832
NMVOC, WAM, ekskl. 3B og 3D	61.604	59.563	58.059
Reduktionsmål	70.575		68.403

I både WM- og WAM-fremskrivningen er den fremskrevne emission i både 2020 og 2030 væsentligt under reduktionsmålet. Det må antages med ret stor sikkerhed, at reduktionsmålene i 2020 og 2030 opnås.

Tabel 6.4 Resultater af emissionsfremskrivninger og scenarier for NH<sub>3</sub>.

NH <sub>3</sub> emission, tons	2020	2025	2030
NH <sub>3</sub> , WM	72.581	72.589	72.038
NH <sub>3</sub> , WAM	72.551	72.457	71.888
Reduktionsmål	67.300		67.300
Scenarie 1	0	-1038	-2046
Scenarie 2	-578	-757	-1005
Scenarie 3	-995	-992	-961
Scenarie 4	-933	-932	-932
Scenarie 5	-1003	-1058	-1058
Scenarie 6	-1313	-2542	-3271

Både i WM- og WAM-scenariet, ligger den fremskrevne NH<sub>3</sub>-emission væsentligt over reduktionsmålene for 2020 og 2030. Der er for landbrug beregnet seks scenarier, som er nærmere beskrevet i kapitel 4. Effekten af de forskellige scenarier svinger i 2020 mellem ingen effekt og op til 1.300 tons NH<sub>3</sub>, mens effekten i 2030 varierer mellem 900-3.300 tons NH<sub>3</sub>. Den største effekt opnås for scenarie 6, som omfatter konsekvensberegning af en fastholdelse af husdyrproduktionen på det nuværende niveau svarende til perioden 2014-2016. Langt størstedelen af emissionen er knyttet til husdyrproduktionen og derfor vil ændringer, som er direkte relateret til husdyrproduktionen, relativt set have en stor betydning.

Tabel 6.5 Resultater af emissionsfremskrivninger for PM<sub>2,5</sub>.

PM <sub>2,5</sub> emission, tons	2020	2025	2030
PM <sub>2,5</sub> , WM	18.470	16.732	15.204
PM <sub>2,5</sub> , WAM	18.437	16.209	14.880
Reduktionsmål	17.176		11.536
Scenarie 1	-252	-3185	-2560
Scenarie 2	-2456	-1595	-1188
Scenarie 3	-873	-621	-403
Scenarie 4, ikke-vejpgående 1	-43	-21	-7
Scenarie 5, ikke-vejpgående 2	-76	-31	-9

Både i WM- og WAM-scenariet ligger den fremskrevne PM<sub>2,5</sub>-emission væsentligt over reduktionsmålene for 2020 og 2030. Der er beregnet fem scenarier, som er nærmere beskrevet i kapitel 4. De tre scenarier omhandler brændeovne, mens de sidste to omhandler ikke-vejpgående maskiner. Effekten af de forskellige scenarier svinger i 2020 mellem 43 og 2.456 tons PM<sub>2,5</sub>. Den største effekt i 2020 opnås for scenarie 2, som er afgift på anvendelse af brændeovne. I 2030 ses den største effekt af trinvis udfasning af brændeovne, som beskrevet i scenarie 1.

## Referencer

Albrektsen, R., Mikkelsen, M.H. & Gyldenkærne, S. 2017. Danish emission inventories for agriculture. Inventories 1985 – 2015. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 190 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 250. Tilgængelig via: <http://dce2.au.dk/pub/SR250.pdf>

Bækgaard, H. København Fur, mail 15/8-2013.

EEA, 2016: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook. Technical guidance to prepare national emission inventories. Tilgængelig via: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016> (2-10-2018).

Energistyrelsen, 2017: Olie og gasprognose til SFM 05-12-2017.

ENS, 2018a: Danmarks Energifremskrivning 2018. Tilgængelig via: <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/basisshy-fremskrivninger> (2-10-2018)

ENS, 2018b: Alternativt energiscenarie. DCE-Interface og RAMSES kørsel af 15. juni 2018.

Hansen, H.O., 2016: Fremskrivning af minkbestanden, Notat af 8. juni 2016. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet.

IFEU 2014: Erarbeitung eines Konzepts zur Minderung der Umweltbelastung aus NRMM (non road mobile machinery) unter Berücksichtigung aktueller Emissionsfaktoren und Emissionsverminderungsoptionen für den Bestand, ISSN 1862-4804, Texte 24/2014, pp. 99, Heidelberg.

Illerup, J.B., Birr-Pedersen, K., Mikkelsen, M.H., Winther, M., Gyldenkærne, S., Bruun, H.G. & Fenhann, J., 2002: Projection Models 2010. Danish emissions of SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC and NH<sub>3</sub>. National Environmental Research Institute, Denmark. 192 pp - NERI Technical Report No. 414. Tilgængelig via: [http://www2.dmu.dk/1\\_viden/2\\_Publikationer/3\\_fagrappporter/rapporter/FR414.pdf](http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrappporter/rapporter/FR414.pdf)

Illerup, J.B., Nielsen, O-K., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Nielsen, M., Fauser, P. & Gyldenkærne, S. 2008: Projection of SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC, NH<sub>3</sub> and particle emissions - 2005 to 2030. National Environmental Research Institute, University of Aarhus. 121 pp. – NERI Technical Report no. 655. Tilgængelig via: <http://www2.dmu.dk/Pub/FR655.pdf>

IPCC, 2006: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Tilgængelig via: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/> (2-10-2018)

Jacobsen, B. H., 2018, Omkostninger ved virkemidler der kan bidrage til reduktion af ammoniakemission i 2020. Fødevarerøkonomisk Institut, Københavns Universitet.

Jensen, P.N., Blicher-Mathiesen, G., Rolighed, J., Børgesen, C.B., Olesen, J.E., Thomsen, I.K., Kristensen, T., Sørensen, P. & Vinther, F.P., 2016: Revurdering af baseline. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 60 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 67. Tilgængelig via: <http://dce2.au.dk/pub/TR67.pdf>

Jensen, J. D., 2017a: Fremskrivning af dansk landbrug frem mod 2030. IFRO Rapport nr. 255. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, KBH Uni. Tilgængelig via: [https://curis.ku.dk/ws/files/171789712/IFRO\\_Rapport\\_255.pdf](https://curis.ku.dk/ws/files/171789712/IFRO_Rapport_255.pdf)

Jensen, J. D., 2017b. Fremskrivning af dansk landbrug frem mod 2030 – december 2017, 3 s., IFRO Udredning, Nr. 2017/28. Tilgængelig via: [https://curis.ku.dk/ws/files/186714395/IFRO\\_Udredning\\_2017\\_28.pdf](https://curis.ku.dk/ws/files/186714395/IFRO_Udredning_2017_28.pdf)

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

Knudsen, L., 2017. SEGES, mail. 4/1-2017.

Mikkelsen, B. 2016: Data tilsendt fra Pon equipment.

Mikkelsen, M.H., 2018. Miljøgodkendelse som datagrundlag for miljøteknologi i landbrugsfremskrivningen. Internt arbejdsnotat.

Mølgård, J. 2017: Data tilsendt fra DSB.

Nielsen, M. & Schösser, M., 2016: Unpublished data material from LTEH (Dealers Association of Electric Tools and Gardening Machinery (In Danish: Leverandørforeningen for Transportabelt Elværktøj og Havebrugsmaskiner).

Nielsen, O.-K., Plejdrup, M., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R., Nielsen, M., Fauser, P., Hoffmann, L., Hjelgaard, K. & Gyldenkerne, S., 2012: Projection of SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> and particle emissions - 2010-2030. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 122 pp. Technical Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 7. Tilgængelig via: <http://www.dmu.dk/Pub/TR7.pdf>

Nielsen, O.-K., Plejdrup, M., Hjelgaard, K., Nielsen, M., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R., Fauser, P., Hoffmann, L. & Gyldenkerne, S. 2013. Projection of SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC, NH<sub>3</sub> and particle emissions - 2012-2035. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 151 pp. Technical Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 81. Tilgængelig via: [www.dce2.au.dk/pub/SR81.pdf](http://www.dce2.au.dk/pub/SR81.pdf)

Nielsen, O.-K., Plejdrup, M., Hjelgaard, K., Nielsen, M., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R., Fauser, P. & Gyldenkerne, S. 2017. Projection of SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC, particulate matter and black carbon emissions - 2015-2030. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 145 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 219. Tilgængelig via: <http://dce2.au.dk/pub/SR219.pdf>

Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Nielsen, M., Gyldenkerne, S., Fauser, P., Albrektsen, R., Hjelgaard, K.H., Bruun, H.G. & Thomsen, M. 2018a. 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. Tilgængelig via: <http://dce2.au.dk/pub/SR267.pdf>

Nielsen, O.K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Hjelgaard, K., Fauser, P., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R. & Thomsen, M. 2018b. Emissionsfremskrivning 2017-2030, Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi (under udarbejdelse).

Olesen, J. E. januar 2017. Pers. Komm. DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. Aarhus Universitet

Sjøgren, P. 2016: Data tilsendt fra Volvo Construction Equipment.

Winther, M. 2008: Fuel consumption and emissions from navigation in Denmark from 1990-2005 - and projections from 2006-2030. Technical Report from NERI no. 650. 109 pp. Tilgængelig via: <http://www2.dmu.dk/Pub/FR650.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. Tilgængelig via: <http://dce2.au.dk/pub/SR277.pdf>.

Winther, M. & Nielsen, O.K. 2006: Fuel use and emissions from non-road machinery in Denmark from 1985–2004 – and projections from 2005-2030. The Danish Environmental Protection Agency. - Environmental Project 1092: 238 pp. Tilgængelig via: <http://www.dmu.dk/Udgivelser/Ar-bejdsrapporter/Nr.+200-249/>.

## FREMSKRIVNING AF EMISSIONER

SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC, NH<sub>3</sub>, PM<sub>2,5</sub> og sod

Denne rapport beskriver emissionsfremskrivninger og scenarieberegninger foretaget i 2018. Der er foretaget emissionsfremskrivninger for svovldioxid, kvælstofoxider, ammoniak, andre flygtige organiske forbindelser end metan, partikler og sod. Rapporten omfatter en basisfremskrivning, en fremskrivning baseret på et alternativt energiscenarie samt scenarier for ammoniak og partikler. Emissionerne er fremskrevet til 2040. Fokus er på resultaterne for 2020 og 2030, da der er krav om reduktionsforpligtigelser, som skal være opfyldt i disse år.