

Klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter av tiltak for å redusere utslipp av klimadrivere i Norge



KOLOFON

Utførende institusjon

Miljødirektoratet

Oppdragstakers prosjektansvarlig

Miljødirektoratet

Kontaktperson i Miljødirektoratet

Vigdis Vestreng

M-nummer

M- 1215 I 2018

År

2018

Sidetall

81

Miljødirektoratets kontraktnummer

Utgiver

Miljødirektoratet

Prosjektet er finansiert av

Forfatter(e)

Sandrine Benard, Eilev Gjerald, Gro Haram, Maria Malene Kvalevåg, Solrun Figenschau Skjellum, Bente Støhlen, Vigdis Vestreng, Fredrik Weidemann

Tittel - norsk og engelsk

Klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter av tiltak for å redusere utslipp av klimadrivere i Norge.
Short-term climate effect and health effects of measures to reduce emissions of climate forcers in Norway.

Sammendrag - summary

Miljødirektoratet har på oppdrag fra Klima- og miljødepartementet vurdert klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter av klimadrivere i Norge med et spesielt fokus på utslippsreduksjoner av svart karbon (BC) og metan. Analysen omfatter totalt 39 tiltak som reduserer ikke-kvotepliktige utslipp. 34 av disse tiltakene ble utredet med hensyn på klimaeffekt på lang sikt i "Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid" (M-782/2017). De 5 siste tiltakene er vedfyringstiltak som ble utredet på nytt i 2017.

4 emneord

Klimatiltak, vedfyringstiltak, klimaeffekt på kort sikt, helseeffekter

4 subject words

Climate mitigation measures, wood burning measures, climate effect in the short term, health effects

Forsidefoto

Kim Abel, Naturarkivet.no

Innhold

Sammendrag	1
Summary.....	4
1. Innledning	5
2. Historiske utslipp og framskrivinger av kortlevde klimadrivere og svevestøv	7
2.1 Referansebanen for tiltaksutredningen	7
2.2 Trender i utslipp av kortlevde klimadrivere og svevestøv i referansebanen	8
2.3 Metan	9
2.4 HFK-gassene	11
2.5 Svart karbon (BC).....	12
2.6 Organisk karbon (OC)	14
2.7 Nitrogenoksider (NO _x)	15
2.8 Svevestøv (PM ₁₀)	17
3. Klimaeffekt på kort sikt i av utslipp i referansebanen.....	18
3.1 Klimaeffekt på kort sikt av utslipp i referansebanen per sektor.....	20
4. Tiltak for å redusere klimadrivere i Norge	21
4.1 Klimagasstiltak.....	21
4.2 Tiltak rettet mot å redusere kortlevde klimadrivere	21
4.2.1 Ettermontering og innfasing av DPF på eksisterende mobile kilder	22
4.2.2 Vedfyringstiltak	23
4.2.3 Jordbrukstiltak	26
4.2.4 Petroleumstiltak	27
4.2.5 Industri	27
4.2.6 HFK-gassene	28
4.2.7 Oppsummert status for tiltak rettet mot kortlevde klimadrivere.....	29
5. Klimaeffekt av tiltak for å redusere klimadrivere.....	31
5.1 Klimaeffekt på kort sikt per komponent.....	31
5.2 Klimaeffekt på kort sikt per tiltak.....	32
5.3 Klimaeffekt på kort og lang sikt av tiltakene	34
5.3.1 Sammenligning av tiltakenes klimaeffekt på kort og lang sikt	36
5.3.2 Klimaeffekt på kort og lang sikt av vedfyringstiltak	37
6. Samlet reduksjonspotensial av tiltakene	39
6.1 Samlet klimaeffekt på kort sikt	39
6.2 Utslippsreduksjoner av svart karbon og metan	39
6.2.1 Svart karbon	40

6.2.2 Metan	41
7. Helseeffekter.....	41
7.1 Helseeffekter av redusert lokal luftforurensning.....	42
7.2 Helseeffekter av endret kosthold	45
Vedlegg.....	46
Vedlegg 1 – Vektfaktorer for analysen	46
Vedlegg 2 – Oversikt over klimatiltak	47
Vedlegg 3 – Oversikt over tiltak fra "Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere"	48
Vedlegg 4 – Rapport fra fagmøte om reduksjon av svart karbon fra mobile kilder	49
Vedlegg 5 – Rapport fra vedfyrings-seminar.....	60
Vedlegg 6 – Gruppering av tiltak for verdsetting av helseeffekter.....	72
Vedlegg 7 –Verdsettingsfaktorer for PM ₁₀ og NO _x	74

Sammendrag

Bakgrunn

Parisavtalen har som mål å begrense global oppvarming til godt under 2 grader, fortrinnsvis ned mot 1,5 grader. Klimapanelets spesialrapport om 1,5-graders oppvarming viser at vi må ha raske reduksjoner innen 2030 både av CO₂ og andre klimadrivere om vi skal følge en temperaturbane med liten eller ingen overskridelse av 1,5 grader. Utslippenes utvikling på kort sikt vil ha stor betydning for om og hvordan vi evner å nå Parisavtalens langsiktige mål. Videre sier FN's klimapanel at det er betydelig forskjell mellom virkninger på mennesker, land og hav ved 2 grader i forhold til 1,5 grader. Risikoen for å nå vippepunkter vil øke.

Norge har gått i dialog med EU om felles måloppnåelse av 2030-målene. I *"Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid"* (M-782/2017) utredet Miljødirektoratet en tiltakspakke som illustrerte hvordan Norge kan oppnå det forventede EU-kravet om å redusere ikke-kvotepliktige utslipp med 40 prosent fra 2005. Utredningen viser at målet kan nås ved å gjennomføre de 34 tiltakene som følger av politiske føringer eller er anslått å ha samfunnsøkonomisk tiltakskostnad under 500 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter.

Landene under Arktisk Råd ble i 2015 enig om et rammeverk for å akselerere utslippsreduksjoner av svart karbon (BC) og redusere metan vesentlig. Landene har ikke kvantifisert et mål for metanreduksjoner, men er blitt enig om et kollektivt mål om å redusere de samlede utslippene av svart karbon (BC) med 25-33 prosent i 2025 sammenlignet med 2013. Målet innebærer ikke at landene må ha nasjonale mål for BC-reduksjoner.

I *"Forslag til handlingsplan for å redusere kortlevde klimadrivere i Norge"* (M89/2013) ble det utredet 18 tiltak rettet mot å redusere kortlevde klimadrivere. Med unntak av vedfyrings-tiltakene, er disse målrettede tiltakene enten helt eller delvis inkludert i Miljødirektoratets løpende lavutslippsarbeid eller er ikke lenger aktuelle på grunn av regelverksendringer, teknologiutvikling eller andre forhold. Et viktig funn fra forslaget til handlingsplan er at de samlede norske utslippene av CO₂ har stor klimaeffekt på kort sikt. For Norges del er det derfor viktig å kutte CO₂ raskt både for å oppnå klimaeffekt på lang og kort sikt¹.

Miljødirektoratet har på oppdrag fra Klima- og miljødepartementet vurdert klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter av klimadrivere i Norge med et spesielt fokus på utslippsreduksjoner av svart karbon (BC) og metan. Analysen omfatter totalt 39 tiltak som reduserer ikke-kvotepliktige utslipp. 34 av disse tiltakene ble utredet med hensyn på klimaeffekt på lang sikt i *"Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid"* (M-782/2017). De 5 siste tiltakene er vedfyringstiltak som ble utredet på nytt i 2017.

Vi har vurdert klimaeffekt på kort og lang sikt og helseeffekter av de 39 tiltakene. I tillegg har vi framstilt både de utslippsreduksjonene av svart karbon og metan som ligger i

¹ Relevante definisjoner er gitt i denne rapportens innledende kapittel.

referansebanen i Perspektivmeldingen 2017 og de som følger av de 39 tiltakene. Alle tiltak er utredet i tråd med referansebanen lagt fram i Perspektivmeldingen 2017 (PM2017).

Hovedfunn av analysen

Norges bidrag til BC- og metanreduksjoner i Arktisk Råd

Norge har sluttet seg til Arktisk råds kollektive mål om å redusere utslippene av svart karbon (BC), men har ikke et nasjonalt mål for å redusere BC-utslipp. Tiltak i referansebanen fra PM2017 innebærer reduksjoner i norske BC-utslipp på 28 prosent. Reduksjonen vil øke til 33 prosent ved gjennomføring av tiltakene i denne rapporten. Analysen viser at det er tiltakene *"Forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets"* som bidrar med de største reduksjonene av BC-utslipp, etterfulgt av *"Elektrifisering av ferger og passasjerskip"*.

For metan har Miljødirektoratet beregnet at tiltak i referansebanen PM2017 innebærer en reduksjon i norske metanutslipp på 9 prosent i 2025 sammenlignet med 2013-nivå.

Reduksjonen vil øke til 16 prosent ved gjennomføring av tiltakene i denne rapporten.

Analysen viser at det er tiltaket *"Overgang fra kjøtt til vegetabilsk og fisk"* som bidrar med de største utslippsreduksjonene etterfulgt av *"Redusert matsvinn"*.

Klimaeffekt

Utgangspunktet for analysen er tiltak som hovedsakelig er valgt ut for å redusere ikke-kvotepliktige utslipp av CO₂ og andre klimagasser. Analysen viser derfor, som forventet, at summen av tiltakenes CO₂-reduksjoner gir størst bidrag til redusert klimaeffekt på kort sikt. Analysen bekrefter altså at vi i Norge oppnår betydelig klimaeffekt på kort sikt ved å gjennomføre tiltak rettet mot å redusere CO₂. Mange av tiltakene som er analysert ligger i transportsektoren, og resultatet viser at halvparten av tiltakene med betydelig klimaeffekt på kort sikt er CO₂-tiltak i denne sektoren.

I tillegg inkluderer analysen vedfyringstiltak som tidligere har vært omtalt som helsetiltak med klimaeffekt på kort sikt. Analysen viser at vedfyringstiltak også har klimaeffekt på lang sikt primært pga. metanreduksjoner.

Beregning av klimaeffekt på kort sikt viser en samlet reduksjon for tiltakene på rundt 8 millioner tonn CO_{2e}(GTP10, Norge) i 2030. Dette tilsvarer 12 prosent reduksjon sammenlignet med referansebanen.

Sammenlignet med vurderingen gjort for klimaeffekt på lang sikt, ser vi at mange av de største tiltakene er de samme, men rangeres noe annerledes når de prioriteres etter klimaeffekt på kort sikt. Med ett unntak (Overgang fra kjøtt til mer vegetabilsk og fisk) er årsaken til at endringene er små at de største tiltakene er transporttiltak som i all hovedsak reduserer CO₂. Klimaeffekt for rene CO₂-tiltak beregnes likt på kort og lang sikt fordi klimaeffekten for begge tidshorisonter beregnes basert på en vektfaktor (emission metric) relativ til CO₂ hvor klimaeffekten for CO₂ settes til 1. Dette innebærer ikke at den fysiske klimaeffekten av reduserte CO₂-utslipp er lik på kort og lang sikt.

Veitrafikktiltakene gir ikke store BC-reduksjoner fordi utslippene basert på vedtatt klima- og luftpolitikk (hovedsakelig elektrifisering og Euro 6 krav) forventes å avta så kraftig fremover at det er begrensede BC-utslipp igjen i 2030. Situasjonen kan være annerledes i andre land.

Tiltak som mindre matsvinn (metantiltak), redusert kaldventilering (metan- og nmVOC-tiltak) og forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets (BC- og metantiltak) vektlegges

vesentlig høyere på kort sikt enn på lang sikt. Det er fordi metan- og spesielt BC-reduksjoner gir en betydelig høyere klimaeffekt på kort sikt enn på lang sikt.

Tiltak som har høy klimaeffekt *både* på lang og kort sikt² er de samme som tiltak med høy klimaeffekt på lang sikt, men rangert noe ulikt. Dette skyldes i dette tilfellet delvis at utgangspunktet var et sett av tiltak som allerede var valgt ut basert på klimaeffekt på lang sikt og dels pga. den metodiske begrensningen som ligger i at tiltak som primært reduserer CO₂ vektet likt på kort og lang sikt.

I en framtidig analyse vil det være mer interessant å vurdere klimaeffekt på kort sikt av ulike tiltak på lik linje med klimaeffekt på lang sikt slik at man kan løfte fram tiltak som har stor klimaeffekt på kort sikt, men ikke kommer "gjennom nåløyet" basert på måloppnåelse på lang sikt. På denne måten kan man sammenstille en tiltaksportefølje som gir vesentlige reduksjoner både på lang og kort sikt. Det kan man gjøre ved å velge tiltak som har høy klimaeffekt på kort sikt og/eller tiltak som har høy klimaeffekt både på kort og lang sikt i tillegg til tiltak som har høy klimaeffekt på lang sikt. Disse tiltakene vil bidra både til å dempe temperaturøkningen og beholde det langsiktige perspektivet Parisavtalen gir.

Helseeffekter

Godt over halvparten av de tiltakene vi har vurdert gir en helsegevinst. Samlet sett er helsegevinstene av forbedret luftkvalitet forårsaket av reduserte utslipp av svevestøv og NO_x er estimert til å være rundt 1,3 milliarder kroner i gjennomsnitt per år i perioden 2017-2030. Vedfyringstiltakene bidrar med nesten halvparten av denne helsegevinsten. I tillegg har Nibio vurdert årlig gjennomsnittlig helsegevinst av redusert kjøttkonsum i tråd med kostholdsrådene til 1,8 milliarder kroner i samme periode. Det er knyttet stor usikkerhet til beregningene av helseeffekter.

De tre tiltakene i analysen som både har høy helsegevinst og høy klimaeffekt på kort sikt er *"Forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets", "15 % av ikke-veigående maskiner og kjøretøy er elektriske i 2025" og "Persontransportveksten i byområdene skal tas med kollektivtransport, sykkel og gange".*

Anvendelse og behov for videre arbeid

Den type analyse vi har gjennomført her kan Norge og andre land bruke til å sammenstille nasjonale porteføljer av tiltak som raskt bidrar til å dempe temperaturøkningen og samtidig ivaretar det langsiktige perspektivet Parisavtalen gir. Porteføljene kan bestå av tiltak som gir vesentlige reduksjoner både på lang og kort sikt og/eller ønsket balanse mellom tiltak med høy klimaeffekt på lang sikt og tiltak med høy klimaeffekt på kort sikt. Analysen gjør det også mulig å anslå tiltakenes samfunnsøkonomiske kostnad mer presist ved at helseeffekten av tiltakene inkluderes.

Det er behov for å oppdatere kunnskapsgrunnlaget for å beregne helseeffekter av utslippsreduserende tiltak i Norge. For biodrivstofftiltak er kunnskapsgrunnlaget ikke tilstrekkelig for å beregne helseeffekt. Grunnet bruk av ulike vektfaktor ved beregning av klimaeffekt på kort og lang sikt, er det i dag ikke mulig å sammenstille eller direkte sammenligne tallverdier for klimaeffekt på kort og lang sikt. Det er derfor behov for å

² Høy klimaeffekt er definert som over eller lik 100 tusen tonn CO_{2e}(GTP10, Norge) på kort sikt og over eller lik 100 tusen tonn CO_{2e}(GWP100, global) på lang sikt.

videreutvikle framstilling av tiltaks klimaeffekt på kort sikt slik at klimaeffekt på lang og kort sikt og helseeffekt bedre kan sees i sammenheng.

Summary

Background

The Paris Agreement aims to hold the increase in global average temperature to well below 2 °C, and preferably to limit it to 1.5 °C. According to the Special Report *Global Warming of 1.5 °C* from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), achieving a pathway limiting global warming to 1.5 °C with no or limited overshoot would require rapid reductions, by 2030, in emissions of both CO₂ and other climate forcers. Short-term emission trends will have major implications for whether and how the world is able to achieve the long-term temperature target of the Paris Agreement. The IPCC report also states that considerable differences are projected between the effects on people, land and oceans of global warming of 2 °C as compared with 1.5 °C. A higher temperature increases the risk of reaching tipping points.

Norway is in dialogue with the EU on joint fulfilment of the 2030 target. In connection with the white paper *Norway's Climate Strategy for 2030: a transformational approach within a European cooperation framework* (Meld. St. 41 (2016-2017)), the Norwegian Environment Agency analysed a package of mitigation measures to illustrate how Norway could achieve the anticipated EU requirement to reduce non-ETS emissions (those that do not come within the scope of the EU Emissions Trading System) by 40 % below the 2005 level by 2030. The analysis showed that the target could be achieved by implementing the 34 measures needed to meet policy guidelines or that had an economic cost of less than NOK 500 per tonne CO₂e.

In 2015, the member states of the Arctic Council agreed on a framework to accelerate the decline in overall black carbon emissions and significantly reduce overall methane emissions. The countries have not set a quantitative target for reductions in methane emissions, but have adopted a collective goal to reduce black carbon emissions by 25-33 % below 2013 levels by 2025. This goal does not require each country to have a national target for reductions in black carbon emissions.

In 2013, a proposed action plan for Norwegian emissions of short-lived climate forcers was published (English summary M-135/2014³), containing an analysis of 18 measures designed to reduce emissions of these substances. Apart from those concerning woodburning stoves, all these measures have now been either partly or wholly included in the Environment Agency's work on a low-emission development pathway for Norway, or are no longer relevant as a result of changes in the legislation, technological developments or other factors. One important finding of the analysis was that Norway's overall CO₂ emissions have a substantial

³ <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M135/M135.pdf>

short-term impact on the climate. It is therefore vital for Norway to make rapid cuts in CO₂ emissions in order to achieve both long- and short-term climate impacts.⁴

The Norwegian Environment Agency was subsequently commissioned by the Ministry of Climate and Environment to assess the short-term climate impacts and health effects of measures to reduce emissions of climate forcers in Norway, with a special focus on reductions in emissions of black carbon (BC) and methane. In all, the analysis included 39 measures to reduce non-ETS emissions. The long-term climate impacts of 34 of these measures were assessed in the report drawn up in connection with the white paper on Norway's climate strategy for 2030. The remaining five measures concern woodburning stoves; these were assessed in 2013 and re-assessed in 2017.

The present report assesses both long- and short-term climate impacts and health effects of these 39 measures. In addition, the report presents the reductions in emissions of black carbon and methane in line with the baseline projections presented in the white paper *Long-term Perspectives on the Norwegian Economy 2017* and projections for the reductions that would be achieved by implementing the 39 measures. The same baseline projections were used as a starting point for analysing all the measures.

Main findings of the analysis

Norway's contribution to cuts in black carbon and methane emissions under the Arctic Council

Norway has endorsed the collective goal of the Arctic Council on reduction of black carbon emissions, but has not set a national target. It is estimated that implementation of measures included in the 2017 baseline projections will reduce Norwegian black carbon emissions by 28 %. This figure will increase to 33 % if the measures listed in the present report are implemented. The analysis shows that 'accelerated introduction of modern woodburning stoves and pellet burners' is the measure that will result in the largest reduction in black carbon emissions, followed by 'electrification of ferries and passenger ships'.

For methane, the Environment Agency estimates that measures included in the 2017 baseline projections will reduce Norwegian methane emissions by 9 % in 2025 compared with the 2013 level. This figure will increase to 16 % if the measures listed in the present report are implemented. The analysis shows that 'shift from a meat to a vegetable and fish diet' is the measure that will result in the largest reduction in emissions, followed by 'reduction of food waste'.

Climate impacts

The analysis considers measures originally selected mainly to reduce non-ETS emissions of CO₂ and other greenhouse gases. As expected, the greatest short-term climate impact from all the measures combined is due to the reduction in CO₂ emissions. In other words, the analysis confirms that Norway will achieve a considerable short-term climate impact by implementing

⁴ In this analysis, the 'climate impact' of a measure is used to mean the change in emissions it is expected to yield, expressed in tonnes CO₂ equivalent (CO₂e), using an appropriate emission metric. For long-term impacts, we use GWP100, global and include the Kyoto gases, and for short-term effects, we use GTP10, Norway and include all relevant climate forcers i.e. both the Kyoto gases and the short-lived climate forcers. GWP = global warming potential. GTP = global temperature change potential.

measures to reduce CO₂ emissions. Many of the measures that were analysed are in the transport sector, and half the measures with a substantial climate impact in the short term are measures to reduce CO₂ emissions from the transport sector.

The analysis also includes measures concerning woodburning stoves, which have previously been described as health-related measures with short-term climate impacts. The analysis shows that these measures also have long-term climate impacts, primarily because they reduce methane emissions.

Calculations of the short-term climate impact show that overall, the measures in the analysis would reduce emissions by about 8 million tonnes CO₂e (GTP10, Norway) in 2030. This is a reduction of 12 % relative to the baseline projections.

Many of the measures found to have the greatest short-term climate impact are the same as those identified in the assessment of long-term climate impacts, but they are ranked somewhat differently when assessed according to their short-term climate impacts. This is because with one exception ('shift from a meat to a vegetable and fish diet'), the measures with the greatest climate impact are in the transport sector, and their main effect is to reduce CO₂ emissions. Reducing CO₂ emissions has the same short-term and long-term climate impact in the calculations, because climate impacts for both time horizons are calculated using an emission metric relative to CO₂, where the climate impact of CO₂ is set at 1. This does not mean that the short-term and long-term physical effects of reducing CO₂ emissions are identical.

The road traffic measures will not result in large reductions in black carbon emissions, because climate and air pollution policy measures that have already been adopted (mainly electrification and Euro 6 vehicle emission standards) are expected to reduce these emissions so steeply that there will only be limited remaining black carbon emissions in 2030. The situation may be different in other countries.

Measures such as 'reduction of food waste' (reduces methane emissions), 'reducing cold venting' (reduces methane and NMVOC emissions) and 'accelerated introduction of modern woodburning stoves and pellet burners' (reduces black carbon and methane emissions) have a considerably larger impact in the short term than in the long term. This is because the short-term climate impact of reducing methane emissions, and especially black carbon emissions, is much greater than the long-term climate impact.

All the measures in the group with a large long-term climate impact are also in the group with large climate impacts *both* in the long term and in the short term⁵, but they are ranked somewhat differently in the two groups. This is partly because the starting point was a set of measures pre-selected on the basis of their long-term climate impacts, and partly because of the methodological constraint that results from the equal weighting given to measures that primarily reduce CO₂ emissions regardless of whether a short or long time horizon is used.

In a future analysis, it would be of more interest to assess short-term climate impacts of various measures together with long-term climate impacts, so that measures with large short-term climate impacts can be included even if they would not rank high enough on the basis of their long-term climate impact.

⁵ A large short-term climate impact is defined as equal to or more than 100 000 tonnes CO₂e (GTP10, Norway), and a large long-term climate impact as equal to or more than 100 000 tonnes CO₂e (GWP100, global).

In this way, a portfolio of mitigation measures could be put together to provide substantial emission reductions in both the short term and the long term. This could be done by selecting measures that have a large short-term climate impact and/or a large climate impact in both the short term and the long term, as well as measures with a large long-term climate impact. A portfolio of measures based on these criteria would both play a part in curbing rising temperatures in the short term and maintain the long-term perspective of the Paris Agreement.

Health effects

More than half of the measures included in the analysis have health benefits. In all, the health benefits of better air quality resulting from cuts in emissions of particulate matter and NO_x are estimated to be on average around NOK 1.3 billion per year over the period 2017-2030. The measures concerning woodburning stoves account for nearly half of this. In addition, the Norwegian Institute of Bioeconomy Research has estimated the health benefits of reducing meat consumption in line with dietary advice to be on average about NOK 1.8 billion per year over the same period. There is considerable uncertainty associated with the calculations of health effects.

Three measures in the analysis were found to have both large health benefits due to better air quality and large short-term climate impacts: 'accelerated introduction of modern woodburning stoves and pellet burners', '15 % of non-road mobile machinery is electric in 2025', and 'public transport, cycling and walking are used to meet growth in the volume of passenger transport in urban areas' (giving zero growth in passenger car traffic). The measure 'shift from a meat to a vegetable and fish diet' also has large health benefits and large short-term climate impacts.

Applicability of the analytical method and need for further work

Norway and other countries can use this type of analysis to put together national portfolios of measures that will rapidly curb rising temperatures and at the same time maintain the long-term perspective of the Paris Agreement. Such portfolios could consist of measures that will result in substantial climate impacts both in the long term and in the short term, or provide a specified balance between measures with large long-term and large short-term climate impacts. This type of analysis also makes it possible to estimate the economic costs of measures more accurately by including their health benefits.

The knowledge base for calculating the health effects of mitigation measures in Norway needs to be improved. At present, we do not have sufficient information to calculate the health effects of measures relating to biofuels. Because different emission metrics are used to calculate short-term and long-term climate impacts, it is not currently possible to combine or make direct quantitative comparisons between short- and long-term climate impacts. It will be necessary to further develop ways of presenting short-term climate impacts to make it easier to consider long- and short-term climate impacts and health effects together.

1. Innledning

Miljødirektoratet har på oppdrag fra Klima- og miljødepartementet vurdert klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter av klimadrivere i Norge med et spesielt fokus på tiltak som reduserer svart karbon og metan. Fokuset på svart karbon og metan er begrunnet i at Arktisk råd i mai 2017 vedtok et kollektivt mål om å redusere utslippene av svart karbon med 25 - 33 prosent i 2025 sammenlignet med 2013^{6,7}. Målet innebærer ikke en juridisk forpliktelse for landene, og det er heller ikke tallfestet hvor store utslippsreduksjoner de enkelte landene skal bidra med. Både i Arktisk rådsdeklarasjonen fra 2017 og i Arktisk råds rammeverk for å redusere utslipp av svart karbon og metan fra 2015⁸ er det nedfelt at landene forplikter seg til frivillig å øke ambisjonene for i betydelig grad å redusere samlede metanutslipp.

Miljødirektoratet vurderte våren 2018 på oppdrag fra Klima- og miljødepartementet klimaeffekt på kort sikt og helsegevinster som vil følge av å gjennomføre klimagasstiltakene identifisert i rapporten "*Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid*" (M-782/2017)^{9, 10}. M-782-rapporten omfatter tiltak i tråd med et sett politiske føringer for å redusere ikke-kvotepliktige utslipp og tiltak med anslått samfunnsøkonomisk tiltakskostnad under 500 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter¹¹.

Herværende rapport gir en samlet vurdering av klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter av klimatiltakene inkludert i "*Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid*" (M-782/2017) samt tiltak rettet spesifikt mot å redusere kortlevde klimadrivere. I tillegg har vi beregnet utslippsreduksjoner i tonn av svart karbon og metan i referansebanen og anslått hvor stort reduksjonspotensiale det er dersom ytterligere tiltak gjennomføres.

Analysen i "*Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid*" (M-782/2017) er en analyse av klimaeffekt på lang sikt av klimatiltak. I herværende rapport benytter vi følgende definisjoner:

- Klimadrivere: Menneskeskapte utslipp til luft som påvirker klimaet enten ved oppvarming eller avkjøling.
- Klimaeffekt på lang sikt: GWP_{100, global}¹² benyttes for å framstille effekten av utslippsreduksjoner av Kyotogassene CO₂, CH₄, N₂O, HFK-er, PFK-er og SF₆ i CO₂-ekvivalenter.

⁶ [Fairbanks Declaration 2017](#)

⁷ [Expert Group on Black Carbon and Methane; Summary of Progress and Recommendations](#)

⁸ [Enhanced Black Carbon and Methane Emissions Reductions: An Arctic Council Framework for Action](#)

⁹ [M-1006, Klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter av klimatiltak](#)

¹⁰ [M-782, Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid](#)

¹¹ Kvotepliktige utslipp omfatter utslipp av CO₂, N₂O og PFK-er fra kilder som er omfattet av kvoteplikt i hht. klimakvoteloven.

¹² Klimaeffekten for ulike komponenter kan sammenlignes og summeres etter omregning til såkalte CO₂-ekvivalenter. Dette kan gjøres ved å multiplisere utslipp i tonn med en faktor som angir klimaeffekten av den aktuelle komponenten relativt til klimaeffekten av ett tonn utslipp av CO₂ ved noen gitte forutsetninger. De tre sentrale

- Klimaeffekt på kort sikt: $GTP_{10, Norge}$ benyttes for å framstille effekten av utslippsreduksjoner av Kyotogassene og de kortlevde klimadrivere svart karbon (BC), organisk karbon (OC), nitrogenoksider (NO_x), flyktige organiske forbindelser (nmVOC), karbonmonoksid (CO) og svoveldioksid (SO_2) i CO_2 -ekvivalenter.
- Helseeffekter: I denne rapporten fremstiller vi helseeffektene av tiltak som påvirker lokal luftforurensning gjennom endringer i utslipp av partikler og NO_x , samt av ett tiltak som går ut på å spise mindre rødt kjøtt. De samfunnsøkonomiske beregningene blir uttrykt i kroner. Beregningene er basert henholdsvis på verdsetting av utslippsendringene i PM_{10} og NO_x og på avvik mellom dagens inntak av bearbeidet og rødt kjøtt, frukt og grønnsaker, og Helsedirektoratets offisielle kostråd¹³ for disse tre matvarene. Det er ikke beregnet helsegevinst av å øke inntaket av fisk.
- Kortlevde klimadrivere: Gasser og partikler som bidrar til oppvarming eller avkjøling av atmosfæren og som primært påvirker klimaet det første ti-året etter at de er sluppet ut. Dette omfatter de oppvarmende komponentene metan (CH_4), svart karbon (BC), troposfærisk ozon (ozon nær bakken) (O_3), og noen hydrofluorkarboner (HFK-er), samt avkjølede komponenter som organisk karbon (OC) og svoveldioksid (SO_2). Metan, NO_x , CO og nmVOC bidrar til dannelsen av O_3 . Karakteristisk for klimaeffekten av de kortlevde klimadrivere, med unntak av HFK-ene og i hovedsak også CH_4 , er at det har betydning hvor i verden utslippet skjer.

Miljødirektoratet har tidligere utredet målrettede tiltak for å redusere utslipp av kortlevde klimadrivere (*"Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere"* (M89/2013))¹⁴, vurdert klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter av klimagasstiltak (*"Klimatiltak mot 2030 - klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter"* (M-438/2015))¹⁵ og anslått samlet reduksjonspotensial av målrettede BC- tiltak og tiltak rettet mot klimagasser (*"Ytterligere reduksjon av svart karbon og metan - En kartlegging av mulighetsrommet"* (M-586/2016))¹⁶. Analysene har blant annet vist at tiltak rettet mot klimagasser kan ha en betydelig helsegevinst, at det i Norge er reduserte CO_2 -utslipp som gir den største klimaeffekten også på kort sikt, at vi trenger målrettede BC-tiltak for å oppnå vesentlige reduksjoner av svart karbon og at de av klimagasstiltakene som gir størst tilleggsgevinst i form av klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter er tiltak som reduserer ikke-kvotepliktige utslipp primært i transport-, jordbruk- og petroleumssektoren. Resultater fra tidligere rapporter^{8, 9} har vist at tiltak for å redusere HFK-er i Norge har høy klimaeffekt på kort sikt. Tiltak for å redusere HFK-er er ikke inkludert i det beregningstekniske grunnlaget for Klimastrategimeldingen. Kravene fra EUs reviderte f-gassforordning, som er implementert i norsk regelverk, er antatt redusere HFK-utslippene mer enn de tiltakene vi tidligere har analysert. EU-kravene er inkludert i referansebanen lagt fram i Perspektivmeldingen 2017.

forutsetningene er 1) metodikk for å beregne klimaeffekten, typisk globalt oppvarmingspotensial (GWP) eller globalt temperaturendringspotensial (GTP), 2) tidsperioden klimaeffekten beregnes over og 3) regionen hvor utslippet finner sted. Denne faktoren kalles en vektfaktor (emission metric). Både nasjonalt og internasjonalt har de fleste klimaanalyser beregnet klimaeffekten basert på globalt oppvarmingspotensial over en 100-årsperiode uavhengig av utslippsstedet, her kalt "GWP100, global".

¹³ <https://helsedirektoratet.no/Lists/Publikasjoner/Attachments/1014/Helsedirektoratets%20kostråd%20IS-2377.pdf>

¹⁴ M-89, *Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere*

¹⁵ M-438, *Klimatiltak mot 2030 - klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter*

¹⁶ M-586, *Ytterligere reduksjon av svart karbon og metan - En kartlegging av mulighetsrommet*

2. Historiske utslipp og framskrivninger av kortlevde klimadrivere og svevestøv

2.1 Referansebanen for tiltaksutredningen

Referansebanen for utslipp til luft består av historiske og framskrevne utslipp. Antatt utslippsreducerende effekt av vedtatt miljøpolitikk er inkludert i framskrivingene.

Det er Finansdepartementet (FIN) som har det formelle ansvaret for framskrivninger. Framskrivningene for utslipp til luft er utarbeidet i samarbeid med Miljødirektoratet. Framskrivningene som er lagt til grunn i denne rapporten er publisert i Perspektivmeldinga 2017 (PM2017). I PM2017 er utslippsframskrivingen for 2020 og 2030 for de seks klimagassene i Kyotoavtalen vi har utslipp av i Norge (CO₂, CH₄, HFK-er, PFK-er, N₂O og SF₆), samt NO_x, SO₂, nmVOC og NH₃ publisert. Miljødirektoratet lager i tillegg framskrivninger for partikler (PM), svart karbon (BC), organisk karbon (OC) og karbonmonoksid (CO). Basisår for framskrivningen er 2015, det vil si at utslippstallene for 1990-2015 er historiske tall, mens utslippene for 2020 og 2030 er framskrevet.

Utslippsframskrivingen vi legger til grunn i denne rapporten er oppdatert fra tidligere år med utgangspunkt i de makroøkonomiske framskrivingene i PM2017. I tråd med internasjonale retningslinjer er framskrivingene basert på vedtatt politikk. De gir derfor anslag for utslipp ved videreføring av dagens virkemidler og tiltak. Alle tiltak og virkemidler implementert før 3. kvartal 2016 er inkludert i PM2017. Opptak i skog er ikke inkludert (inngår i LULUCF-regnskapet). Framskrivningene forklarer dermed ikke regjeringen sine mål og fanger ikke opp effekt av eventuell ny politikk og nye virkemidler etter 3. kvartal 2016. Det betyr også at anmodningsvedtak som ikke er ferdig behandlet og utformet for eksempel i form av forskrift, avgiftsvedtak eller avtaler ikke ligger inne i referansebanen.

Tidligere analyser av klimaeffekt på kort sikt og helse har blitt utført med utgangspunkt i Perspektivmeldingen 2013 (PM2013), med basisår 2011 (*"Forsalg til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere"* (M89/2013)), framskrivning publisert i Nasjonalbudsjettet 2015 (NB2015) med basisår 2013 (*"Klimatiltak mot 2030 - klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter"* (M-438/2015)) og gjeldende framskriving fra Perspektivmeldingen 2017 (*"Klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter av klimatiltak"* (M-1006/2018)).

2.2 Trender i utslipp av kortlevde klimadrivere og svevestøv i referansebanen

I dette kapittelet framstiller vi historiske utslipp og framskrivninger av metan (CH₄), HFK-er, svart karbon (BC), organisk karbon (OC), nitrogenoksider (NO_x) og partikler med diameter mindre enn 10 mikrometer (PM₁₀) i tråd med referansebanen lagt fram i Perspektivmeldingen 2017 (PM2017).

Endringene i utslipp mellom 2015 (siste historiske år) og 2030 (siste år med offisielle framskrivninger) og mellom 2013 og 2025 (perioden for mål om tallfestede utslippsreduksjoner av svart karbon i Arktisk råd^{17,18}) er vist i tabell 1. Negative tall betyr at utslippet øker. Dette gjelder HFK-32 og HFK-152a som er HFK-er med relativt lav klimaeffekt. Økningen av utslipp av disse gassene reflekterer en overgang fra HFK-er med høy til HFK-er med lavere klimaeffekt.

Tabell 1 viser totale utslipp per komponent samt prosentvis endring i perioden 2015-2030 og 2013-2025 i referansebanen. I de påfølgende avsnittene er også utslippene per sektor av hver enkelt komponent beskrevet.

¹⁷ [Fairbanks Declaration 2017](#)

¹⁸ [Expert Group on Black Carbon and Methane; Summary of Progress and Recommendations](#)

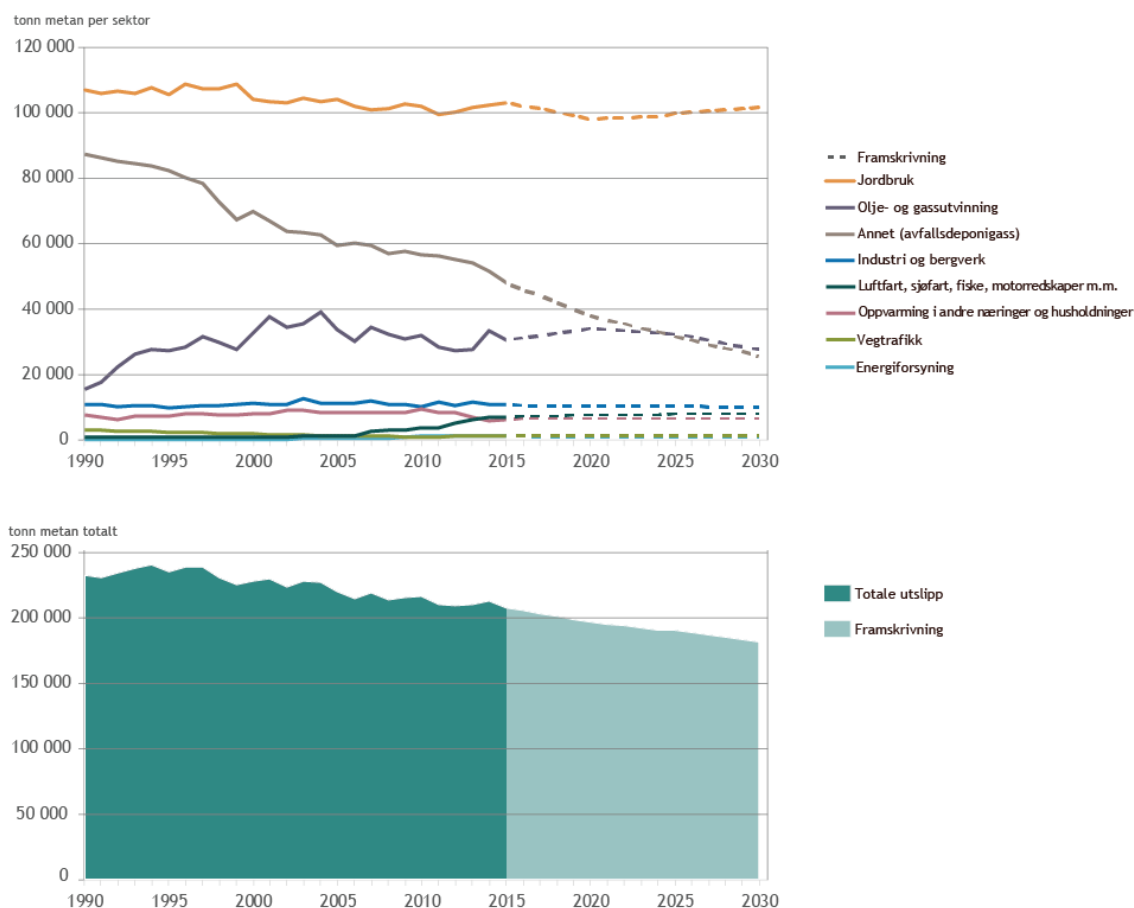
Tabell 1 Totale utslipp per komponent samt prosentvis endring i perioden 2015-2030 og 2013-2025 i referansebanen						
Utslipp i 2015 og 2030 i referansebanen (PM2017)				Utslipp i 2013 og 2025 i PM2017		
Komponent	Utslipp i tonn i PM2017		%-vis endring	Utslipp i tonn i PM2017		%-vis endring
	2015	2030	2015-2030	2013	2025	2013-2025
Metan	207691	181530	13	209756	190620	9
HFK-23	0	0	0	0	0	28
HFK-32	40	53	-35	31	48	-55
HFK-125	112	52	54	97	67	31
HFK-134a	351	237	33	364	267	27
HFK-134	1	1	0	2	1	16
HFK-143a	67	14	79	57	26	55
HFK-143	1	1	0	1	1	19
HFK-152a	38	38	0	35	38	-9
HFK-227ea	1	1	0	1	1	5
Sum HFK	611	397	35	589	449	24
BC	3274	2549	22	3741	2698	28
OC	14865	8408	43	16193	8887	45
NOx	153170	117512	23	168770	129791	23
PM10	37141	29909	19	40006	31125	22

2.3 Metan

Figur 1 framstiller metanutslipp i tonn i referansebanen. Totale utslipp (1990-2015) er vist i mørk grønt og framskrivninger fram mot 2030 i lys grønt i den nedre delen av figuren. Utslipp per sektor er vist i den øvre del av figuren. Historiske utslipp (1990-2015) er vist med heltrukne linjer, mens framskrivingene er vist med stiplede linjer.

De totale utslippene av metan (CH₄) i Norge er estimert til 207 700 tonn i 2015¹⁹ (Tabell 1 og figur 1). Rundt 50 prosent av utslippene i 2015 kommer fra jordbruk, primært utslipp fra tarmgass (oransje), og 21 prosent fra deponier (grå)¹¹. Forbrenning og fordampning/lekkasje relatert til olje- og gassutvinning utgjorde nesten 15 prosent av de totale utslippene i 2015 (lilla).

¹⁹ [Norway's Seventh National Communication](#)



Figur 1: Totale og sektorvise utslipp av metan i perioden 1990-2015 og framskrivinger mot 2030. Enhet: Tonn CH₄. Kilde: Miljødirektoratet/SSB/Finansdepartementet

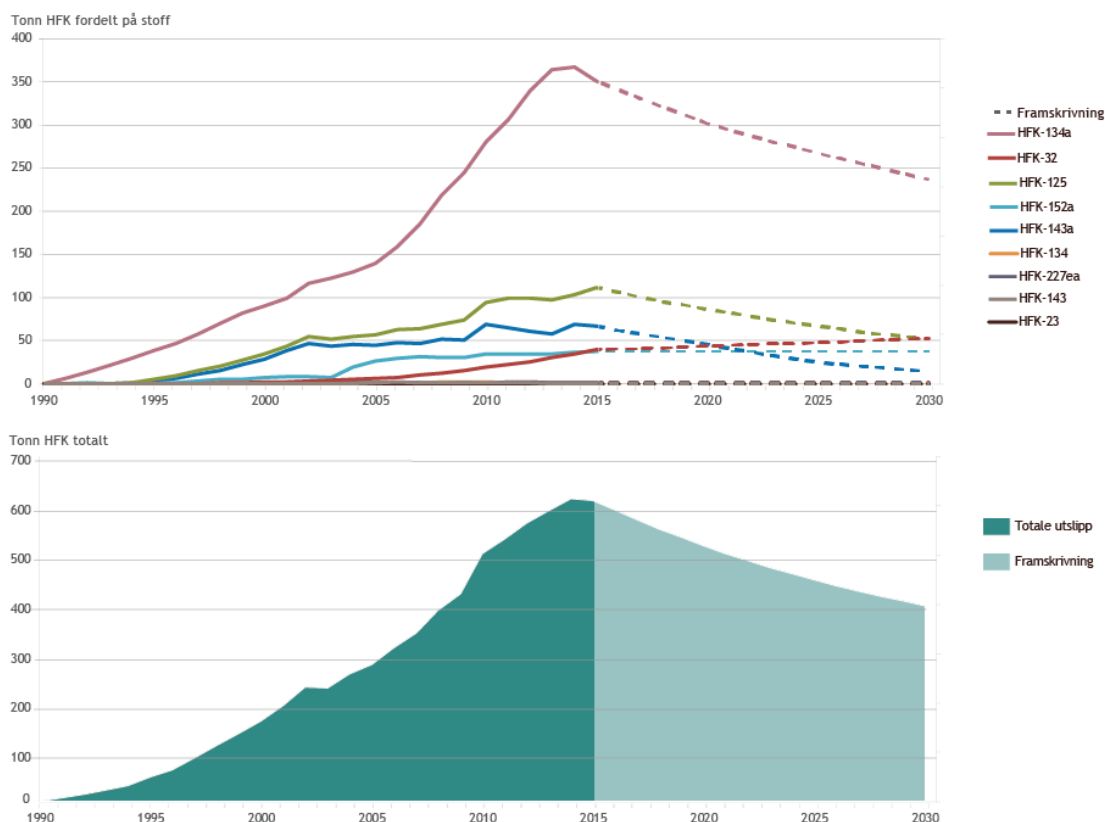
Utslippene fra jordbruket er relativt stabile fra år til år. De ble redusert med 3-4 prosent fra 1990 til 2015. I samme periode ble de totale utslippene av metan redusert med 10 prosent. Norge har hatt forbud mot å deponere nedbrytbart avfall siden 1. juli 2009. Figur 1 viser at metanreduksjonen primært skyldes reduksjoner i utslipp fra avfallsdeponier der reduksjonen var på 48 prosent i perioden 1990-2015. Reduksjonene skyldes at det i 2002 ble innført et nasjonalt påbudt om å samle opp deponigass, og i enda større grad at det samme år ble forbudt å deponere våtorganisk avfall. Etter en innstramning i regelverket i 2009 ble det forbudt å deponere noen som helst form for biologisk nedbrytbart materiale. Volumet av søppel økte i perioden 1990-2015, men utslippene gikk allikevel ned fordi mer søppel ble resirkulert og forbrent og av at forbrenning av metan fra deponiene økte. Reduksjonen i utslipp fra avfallsdeponiene mer enn kompenserte for økningen i utslippene fra "Olje- og gassutvinning" som var på 98 prosent. Utslippene fra olje- og gassutvinning stammer hovedsakelig fra lasting og lossing av råolje offshore og kaldventilering. Økningen i metanutslipp siden 1990 kommer av at oljeproduksjonen har økt kraftig.

Utslippene av metan er forventet å gå ned med 13 prosent i perioden 2015-2030. Reduksjonen mellom 2013 og 2025 er på 9 prosent (Tabell 1). Trendene i framskrevne utslipp per sektor følger stort sett de historiske trendene, bortsett fra at utslippene fra olje- og gassutvinning forventes å avta noe mot slutten av perioden.

2.4 HFK-gassene

Figur 2 framstiller utslipp av HFK-er i tonn i referansebanen. Totale utslipp (1990-2015) er vist i mørk grønt og framskrivninger mot 2030 i lys grønt i den nedre delen av figuren. Utslipp per komponent er vist i den øvre del av figuren. Historiske utslipp (1990-2015) er vist med heltrukne linjer, mens framskrivingene mot 2030 er vist med stiplede linjer.

Alle utslipp kommer fra produkter med fluorgasser



Figur 2: Totale og sektorvise utslipp av HFK-er i perioden 1990-2015 og framskrivninger mot 2030. Enhet: Tonn HFK-er. Kilde: Miljødirektoratet/SSB/Finansdepartementet

Utslipp av HFK-er kommer fra sektoren, "Produkter med fluorgasser". HFK-er brukes bl. a. til kjøling og ventilasjon.. Norge har ingen egen produksjon av HFK-er, og importerer således hele det volumet HFK-er vi har behov for. Kategorien "HFK" består av en rekke gasser som har svært ulik levetid²⁰ og klimaeffekt. Dette er allikevel nyttig å følge med på den totale bruken av kjølemedier siden disse ofte består av blandinger av ulike HFK-er.

De totale utslippene av HFK-er anslått å være 600 tonn i 2015 (Tabell 1 og figur 2). Utslippene av HFK-er var ubetydelige i 1990, men har mangedoblet seg siden den gang. Det er utslipp av HFK-134a som dominerer totalutslippene. Kjøling og ventilasjon bidrar mest til utslipp av HFK-er. Skumblåsemidler og brannslukningsapparater bidrar i begrenset grad til

²⁰ Se tabell V4.1 i [M-89, Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere](#)

totalutslippet. Figur 2 viser utviklingen av HFK-er siden 1990. Den økende trenden skyldes etterspørselen etter erstatning for ozonreduserende stoffer, samt at omfanget av bruk av kjøling, ventilasjon (air condition) og varmepumper har økt i befolkningen, generelt. Det ble innført en avgift på HFK-er i 2003, noe som har dempet økningen i utslipp noe²¹.

I framskrivingen antas det at totalutslippet av HFK-er vil reduseres mot 2030 som følge av eksisterende og planlagte reguleringer. Norge har ratifisert Kigali-avtalen under Montrealprotokollen som innebærer en gradvis nedfasing av bruk av HFK-er, blant annet ved innføring av importkontroll. Norges forpliktelse i henhold til Kigali-enderingene trår i kraft 1. januar 2019. Dessuten vil skjerpede krav om lekkasjekontroll og begrensninger i bruk av en rekke HFK-er med sterk klimaeffekt snart tre i kraft når EUs reviderte forordningen om fluorholdige gasser fra 2014 blir implementert i norsk regelverk ved årsskiftet 2018/2019. I tillegg har den norske avgiften på import av HFK-er økt de siste årene og er i 2018 på 500 kr per tonn CO₂-ekvivalenter. Økningen i avgiften har medført at økende volumer HFK-er er samlet opp til destruksjon. Utslipp av HFK-er med lavere klimaeffekt som HFK-32 og HFK-152a forventes fortsatt å øke framover mot 2030 grunnet en overgang til HFK-er med lavere klimaeffekt.

2.5 Svart karbon (BC)

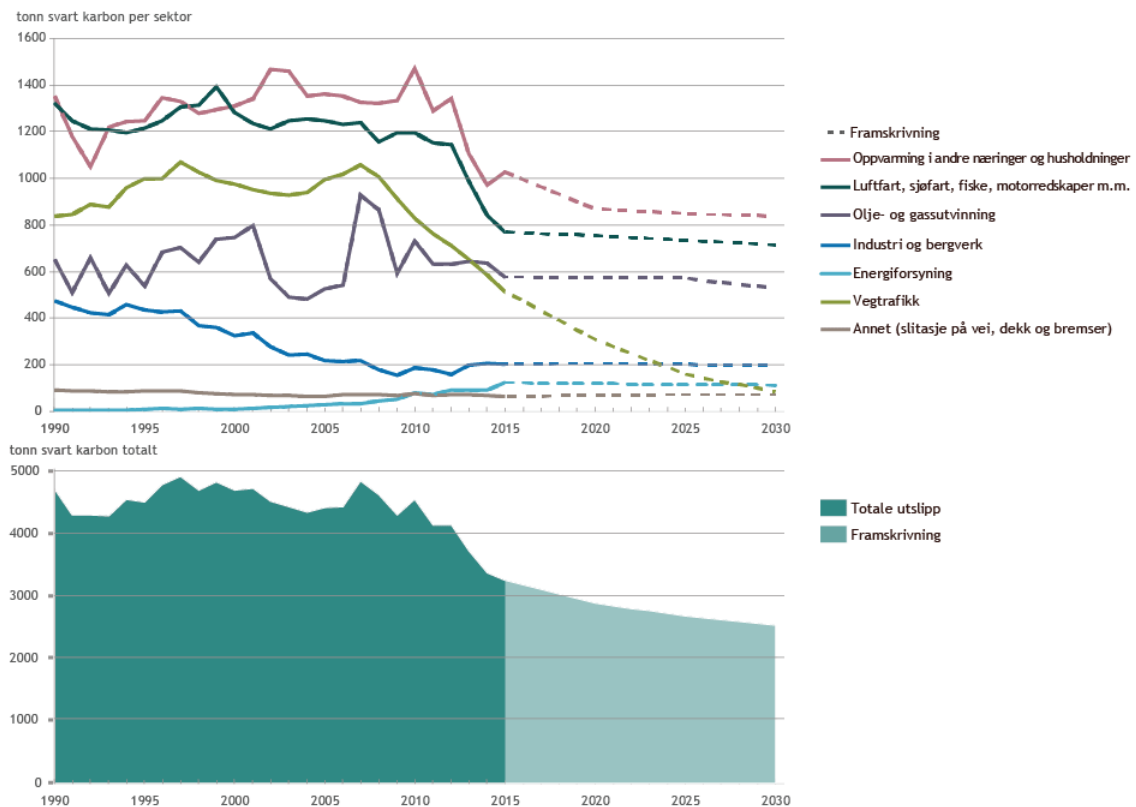
Figur 3 framstiller utslipp av BC i tonn i referansebanen. Totale utslipp (1990-2015) er vist i mørk grønt og framskrivninger fram mot 2030 i lys grønt i den nedre delen av figuren. Utslipp per sektor er vist i den øvre del av figuren. Historiske utslipp (1990-2015) er vist med heltrukne linjer, mens framskrivingene er vist med stiplede linjer.

Utslippene av BC beregnes for alle kilder unntatt vedfyring og fakling av naturgass, som andeler av PM_{2,5} (partikler med en diameter mindre enn 2,5 mikrometer (µm)). For vedfyring og fakling av naturgass har vi egne kildepesifikke utslippsfaktorer.

De totale utslippene av svart karbon (BC) i Norge er estimert til 3300 tonn i 2015 (Tabell 1 og figur 3). Utslippene ble redusert med 31 prosent i perioden 1990-2015²². Som vist i figur 3 var de viktigste kildene til BC i 2015 i *"Oppvarming i andre næringer og husholdninger"*, (primært vedfyring, 31 prosent av totalutslippet, rød) etterfulgt av utslipp i *"Luftfart, sjøfart, fiske, motorredskaper m.m."* (23 prosent, mørk grønn), og *"Olje- og gassutvinning"* (18 prosent, lilla) og *"Veitrafikk"* (16 prosent, lys grønn).

²¹ [Norway's Seventh National Communication](#)

²² [Informative Inventory Report \(IIR\) 2017. Norway](#)



Figur 3: Totale og sektorvise utslipp av svart karbon (BC) i perioden 1990-2015 og framskrivninger mot 2030. Enhet: Tonn BC. Kilde: Miljødirektoratet/SSB/Finansdepartementet

Utslipp av BC per kilo ved som forbrennes er redusert fra 1998 og framover fordi stadig flere skifter til rentbrennende ovner. Forbruket av ved og dermed utslippene av BC fluktuerte eksempelvis med utendørstemperaturen, men økte mellom 1990 og 2010. Etter 2010 har vedforbruket gått ned mer enn overgangen til rentbrennende ovner skulle tilsi. Utslippene av BC fra "Luftfart, sjøfart fiske, motorredskaper m.m." er gradvis redusert fra 1990 og gikk kraftig ned fra 2012 til 2015. Det siste skyldes først og fremst redusert aktivitet inne kysttrafikk og fiske. Utslippene fra "Veitrafikk" er redusert tilnærmet lineært fra 2007 til 2015. I 2013 var utslippene fra denne sektoren for første gang lavere enn utslippene fra Olje- og gassutvinning.

Totale utslipp av BC er forventet å gå ned med 22 prosent mellom 2015 og 2030 (Tabell 1). Figur 3 viser at totale utslipp av BC forventes å avta framover mot 2030 primært på grunn av at den nedadgående trenden i utslippene fra "Veitrafikk" fortsetter, men også fordi utslipp fra "Oppvarming i andre næringer og husholdninger" forventes å gå ned. Det forventes også en nedgang i utslippene i "Luftfart, sjøfart fiske, motorredskaper m.m." framover.

Arktisk råd vedtok i 2017 et kollektivt mål om å redusere utslippene av svart karbon med 25 - 33 prosent i 2025 sammenlignet med 2013. Det er derfor spesielt interessant å synliggjøre årsaken til utslippsreduksjonene i totalutslippene på 28 prosent i referansebanen mellom 2013 og 2025 (Tabell 1). Reduksjonene i "Veitrafikk" skyldes blant annet at det gjennom EUs såkalte "Euro-krav" (typegodkjennings-krav) som Norge har implementert fra 1992, har blitt stilt gradvis strengere krav for avgassutslipp fra nye kjøretøy. Vedtatt avgasskrav til og med Euro 6 er inkludert i framskrivingen. Incentiver for lav- og nullutslippsbiler har også vært en viktig årsak til at utslippene i denne sektoren er avtagende. Siden 90-årene har elbiler vært fritatt for registreringsavgift. I 2001 ble det vedtatt momsfratak for leveranse og import av elbiler. Elbiler er også fritatt for CO₂-avgiften som eiere av kjøretøy som bruker fossilt

drivstoff må betale. Elbiler er også fritatt for veiavgift. I tillegg til avgiftsfritak har nullutslippsbiler andre privilegier som gratis parkering og lading på offentlige ladestasjoner, de har lov til å kjøre i kollektivfeltet og har redusert fergeavgift. Elbiler betaler heller ikke bompenger. ENOVA har støtteordninger for etablering av offentlige ladestasjoner og nullutslippsteknologier i transportsektoren.

EU-kommisjonen vedtok den 24. april, 2015 økodesignforordning nr. 2015/1185 om varmeovner til fastbrensel (vedovner). Forordningen er gjennomført i norsk rett ved endring av økodesignforskriften. Endringen trådte i kraft 2. mars 2016. Virkningsdato for utslippskravene er 1. januar 2022. PM2017-framskrivingen for vedfyring har i tråd med forskriften lagt til grunn at utslipp fra nye ovner ikke overstiger 5 g partikler/kg tørr ved. Utslippskravet for nye vedovner har siden 1998 i Norge vært på 10 g partikler/kg tørr ved målt i henhold til Norsk Standard. De strengere utslippskravene til partikler vil også påvirke utslipp av BC fra vedovner. Dette vil i årene framover bidra til utslippsreduksjoner i sektoren *"Oppvarming i andre næringer og husholdninger"*. Den store reduksjonen i utslippene fram mot 2025 skyldes at et betydelig lavere vedforbruk er lagt til grunn for beregningene noe som er en videreføring av forbruket fra 2013 da forbruket gikk kraftig ned.

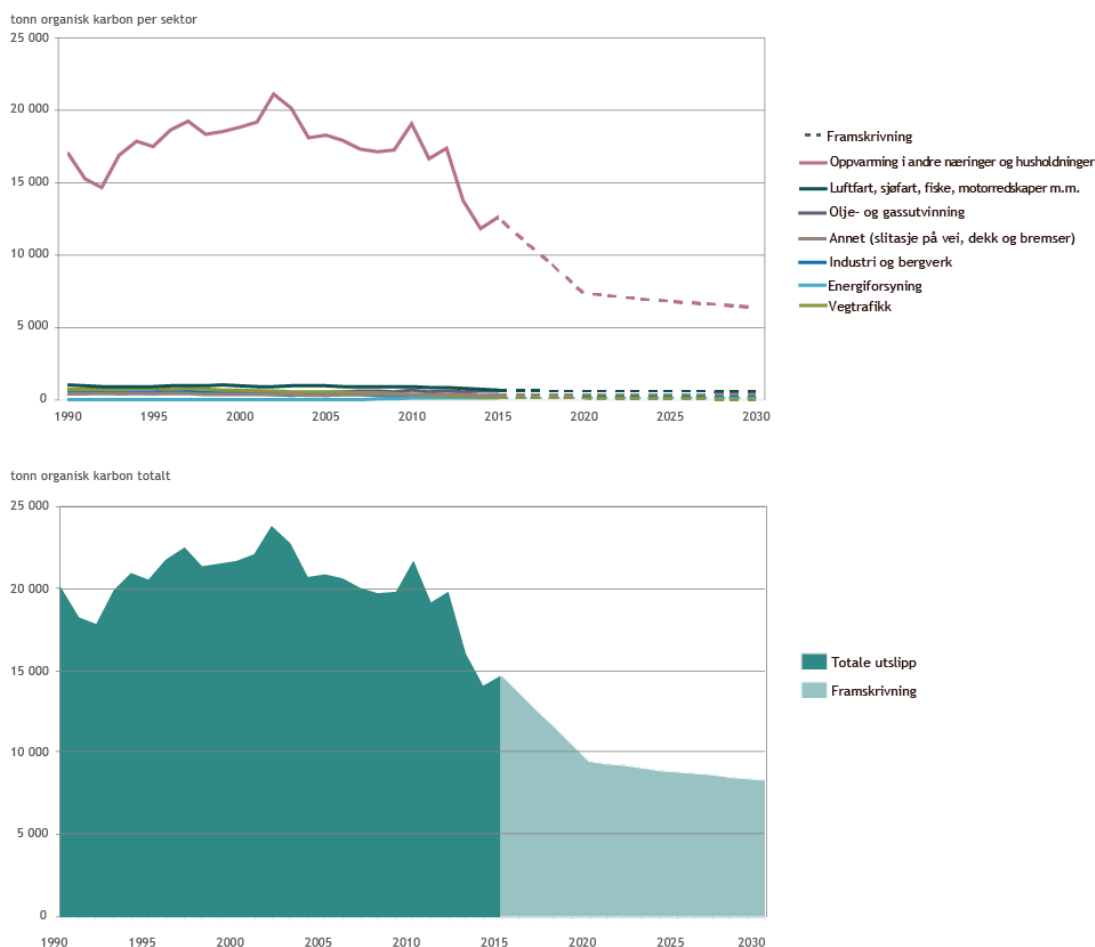
Utslippene av BC fra *"Luftfart, sjøfart fiske, motorredskaper m.m."* forventes å gå svakt ned fram mot 2030 som følge av bl.a. strengere utslippskrav til maskinene.

2.6 Organisk karbon (OC)

Figur 4 framstiller utslipp av tonn OC i referansebanen. Totale utslipp (1990-2015) er vist i mørk grønt og framskrivninger i lys grønt i den nedre delen av figuren. Utslipp per sektor er vist i den øvre del av figuren. Historiske utslipp (1990-2015) er vist med heltrukne linjer, mens framskrivingene mot 2030 er vist med stiplede linjer.

Utslippene av OC beregnes for alle sektorer unntatt *"Oppvarming i andre næringer og husholdninger"* og fakling av naturgass, som andeler av PM_{2,5} (partikler med en diameter mindre enn 2,5 mikrometer (µm)).

De totale utslippene av OC var 14 900 tonn i 2015 (Tabell 1 og figur 4). Utslippene ble redusert med 27 prosent i perioden 1990-2015. Som vist i figur 4 er *"Oppvarming i andre næringer og husholdninger"* (primært vedfyring, rød) den viktigste kildene til OC. Denne kilden sto for 85 prosent av utslippene i 2015. Utslippene i *"Oppvarming i andre næringer og husholdninger"* økte fra 1990 til 2002. Etter 2002 har utslippene fra denne sektoren vist en nedadgående trend. Totale utslipp ble redusert med 27 prosent fra 1990 til 2015, mens utslippene fra *"Oppvarming i andre næringer og husholdninger"* ble redusert med 26 prosent i denne perioden. Utslippene er forventet å gå ned med 43 prosent mellom 2015 og 2030 primært på grunn av strengere utslippskrav til partikler for nye ovner og redusert vedforbruk.

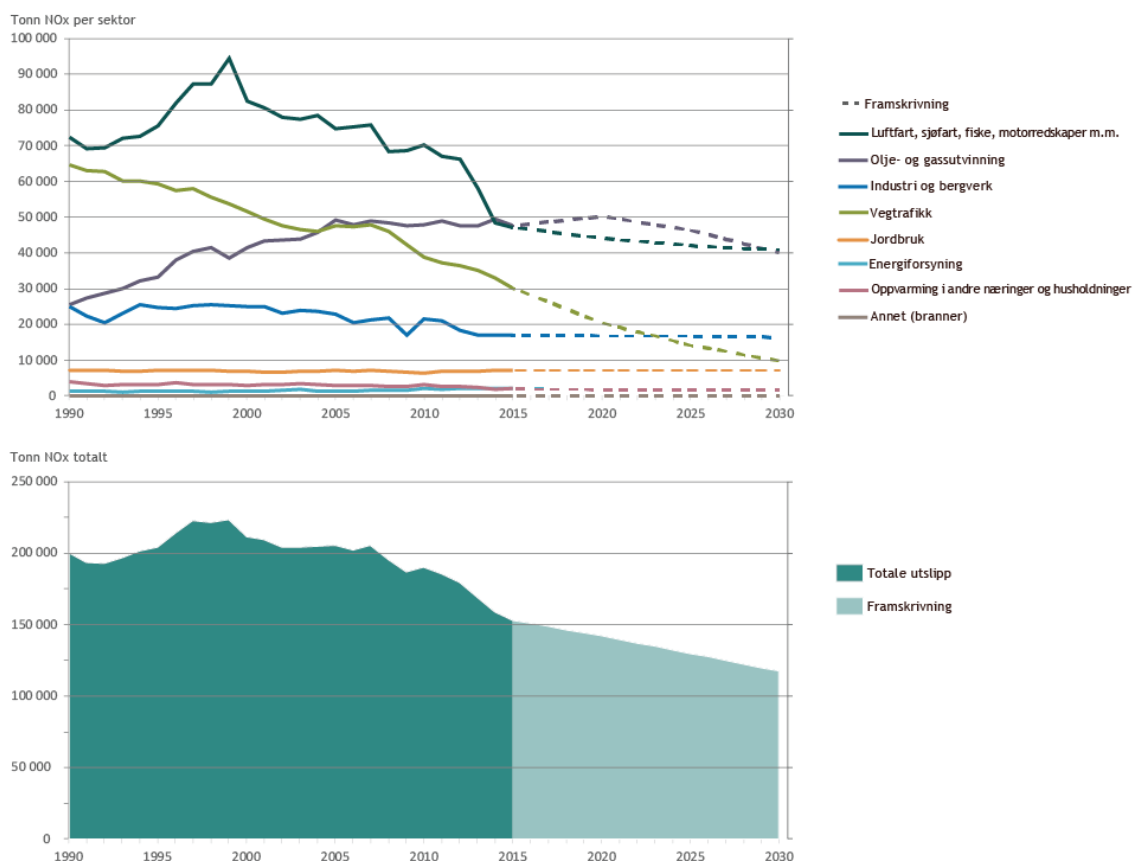


Figur 4: Totale og sektorvise utslipp av organisk karbon (OC) i perioden 1990-2015 og framskrivinger mot 2030. Enhet: Tonn OC. Kilde: Miljødirektoratet/SSB/Finansdepartementet

2.7 Nitrogenoksider (NO_x)

Figur 5 framstiller utslipp av NO_x i tonn i referansebanen. Totale utslipp (1990-2015) er vist i mørk grønt og framskrivinger mot 2030 i lys grønt i den nedre delen av figuren. Utslipp per sektor er vist i den øvre del av figuren. Historiske utslipp (1990-2015) er vist med heltrukne linjer, mens framskrivingene er vist med stiplede linjer.

De totale utslippene av NO_x er beregnet til 153 200 tonn i 2015 (Tabell 1 og figur 5). Utslippene ble redusert med 23 prosent i perioden 1990-2015. Som vist i figur 5 har "Luftfart, sjøfart, fiske, motorredskaper m.m." (mørk grønn) vært den største kilden til utslipp av NO_x fra 1990. På grunn av reduserte utslipp fra kysttrafikk og fiske blant annet på grunn av lavere aktivitet i denne sektoren, samt økning av NO_x i sektoren "Olje- og gassutvinning" (lilla), ble "Olje- og gassutvinning" den største sektoren i 2014. Utslipp fra "Vegtrafikk" (lys grønn) er den tredje største utslippskilden til NO_x i 2015.



Figur 5: Totale og sektorvise utslipp av NO_x i perioden 1990-2015 og framskrivinger mot 2030. Enhet: Tonn NO_x. Kilde: Miljødirektoratet/SSB/Finansdepartementet

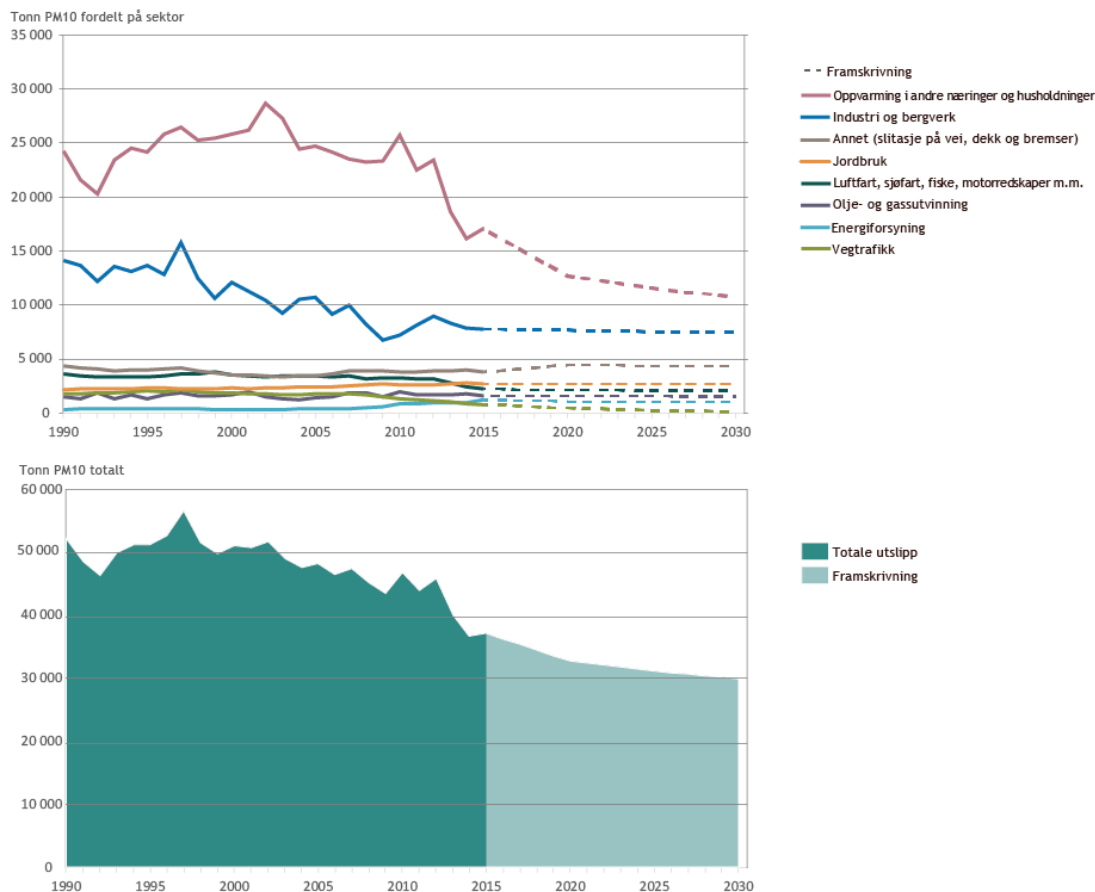
Sektoren "Luftfart, sjøfart, fiske, motorredskaper m.m." nådde en topp i 1999 og ble redusert med 50 prosent mellom 1999 og 2015. Årsakene til denne reduksjonen skyldes særlig redusert aktivitet og utslippsreducerende tiltak i regi av NO_x-fondet innen kysttrafikk og fiske. I tillegg har avgasskrav til motorredskaper gitt reduserte utslipp når bestanden fornyes.

Reduksjonen i utslippene fra "Vegtrafikk" har vært på 53 prosent og tilnærmet lineær mellom 1990 og 2015. Utslipp fra "Olje- og gassutvinning" økte relativt jevnt fram til 2005 og har deretter flatet noe ut.

Totale utslipp av NO_x er forventet å gå ned med 23 prosent mellom 2015 og 2030 (Tabell 1). Reduksjonene skyldes primært nedgang i utslipp fra "Vegtrafikk" og "Luftfart, sjøfart, fiske, motorredskaper m.m." som en følge av allerede vedtatte strengere avgasskrav til kjøretøy, fordi det forventes at det kommer flere nullutslippskjøretøy til erstatning for fossilbiler og NO_x-avtalen, en avtale om utslippsreduksjoner som ble inngått mellom det daværende Miljøverndepartementet og en rekke næringslivsorganisasjoner i 2008 og 2010. Fra 2027 er det forventet at utslipp fra "Olje- og gassutvinning" reduseres som følge av antatt lavere produksjon.

2.8 Svevestøv (PM₁₀)

Figur 6 framstiller utslipp av PM₁₀ (partikler med en diameter mindre enn 10 mikrometer (µm)) i tonn i referansebanen. Totale utslipp (1990-2015) er vist i mørk grønt og framskrivninger mot 2030 i lys grønt i den nedre delen av figuren. Utslipp per sektor er vist i den øvre del av figuren. Historiske utslipp (1990-2015) er vist med heltrukne linjer, mens framskrivingene er vist med stiplede linjer.



Figur 6: Totale og sektorvise utslipp av PM₁₀ i perioden 1990-2015 og framskrivninger mot 2030. Enhet: Tonn PM₁₀. Kilde: Miljødirektoratet/SSB/Finansdepartementet

De totale utslippene av PM₁₀ (partikler med diameter mindre enn 10 mikrometer (µm)) i Norge er estimert til 37 100 tonn i 2015 (Tabell 1 og figur 6). Utslippene gikk ned med 29 prosent fra 1990 til 2015²³. Som vist i figur 6 var de viktigste kildene til PM₁₀ i 2015 "Oppvarming i andre næringer og husholdninger" (primært vedfyring, 46 prosent av totalutslippet, rød) etterfulgt av utslipp i "Industri og bergverk" (21 prosent, mellomblå), og "Annet" (primært slitasje på vei, dekk og bremses, 10 prosent, grå).

BC- og OC-utslippene beregnes hovedsakelig som andeler av PM_{2,5} og PM_{2,5} er inkludert i PM₁₀. Utslippene av PM₁₀ fra vedfyring fluktuerer, i likhet med BC- og OC-utslippene, avhengig av for eksempel utendørstemperaturen, og nådde en topp i 2002. Etter 2010 har utslippene blitt redusert også som en følge av at stadig flere bytter til rentbrennende vedovn samt at

²³ [Informative Inventory Report \(IIR\) 2017. Norway](#)

vedforbruket gått ned mer enn overgangen til rentbrennende ovner skulle tilsi. Utslippene av PM_{10} fra "Industri og bergverk" har blitt redusert med 45 prosent mellom 1990 og 2015 som følge av nedleggelse av industri og strengere utslippskrav.

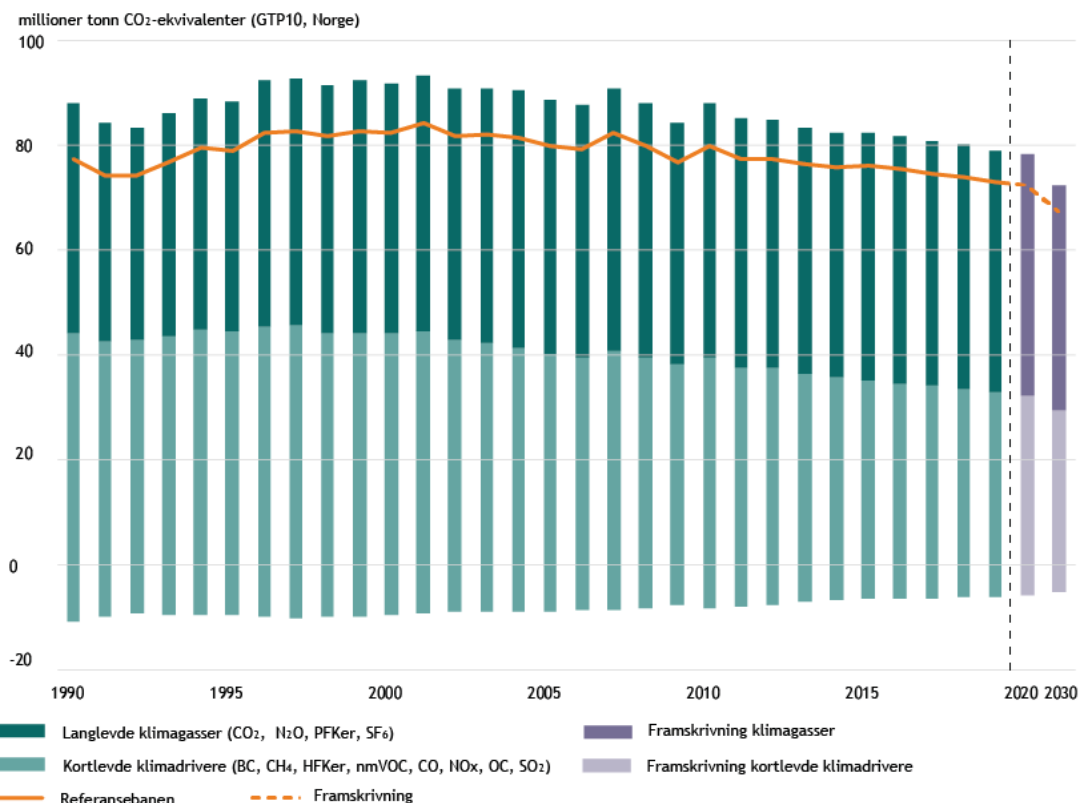
Totale PM_{10} -utslipp er forventet å gå ned 19 prosent mellom 2015 og 2030 (Tabell 1). Figur 6 viser at totale utslipp av PM_{10} forventes å avta framover mot 2030 primært på grunn av at den nedadgående trenden i utslippene fra "Oppvarming i andre næringer og husholdninger". Det forventes også en svak nedgang i utslippene fra "Industri og bergverk" mellom 2015 og 2030.

3. Klimaeffekt på kort sikt i av utslipp i referansebanen

Ved utredning av tiltak beskrives tiltakenes reduksjonspotensial i forhold til den utslippsutviklingen vi forventer basert på vedtatt politikk, en såkalt referansebane. Referansebanen vi benytter i denne analysen er målt i $CO_{2e}(GTP10, Norge)$ og inkluderer de seks Kyotogassene vi har utslipp av i Norge (CO_2 , CH_4 , N_2O , HFK-er, PFK-er og SF_6), de kortlevde komponentene BC, NO_x , CO, nmVOC, OC og SO_2 og både kvotepliktige og ikke-kvotepliktige utslipp. Metan og HFK-er er i tillegg til å være Kyotogasser også definert som kortlevde klimadrivere. Ved å inkludere utslipp av alle disse klimadrivere i referansebanen, vil beregninger av utslippsreduksjoner vise hvor stor klimaeffekt på kort sikt som kan oppnås ved å gjennomføre klimatiltakene i det beregningstekniske grunnlaget for Klimastrategimeldingen (M-782) og målrettede tiltak for å redusere kortlevde klimadrivere i forhold til det totale utslippet av klimadrivere i Norge. nmVOC var av metodiske årsaker ikke inkludert i rapporten "Klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter av klimatiltak" (M-1006), men har nå blitt inkludert. Vektfaktorer benyttet i denne analysen er oppgitt i vedlegg 1.

I figur 7 er referansebanen i $CO_{2e}(GTP10, Norge)$ angitt ved den oransje linjen. Referansebanen er bygd opp som følger:

- Lysegrønne søyler: Nasjonale utslipp av de kortlevde klimadrivere (BC, CH_4 , HFK-er, nmVOC, CO, NO_x , OC og SO_2)
- Mørkegrønne søyler: Nasjonale utslipp av langlevde klimagasser (CO_2 , N_2O , PFK-er og SF_6)
- Lilla farger viser framskrivingene for 2020 og 2030.

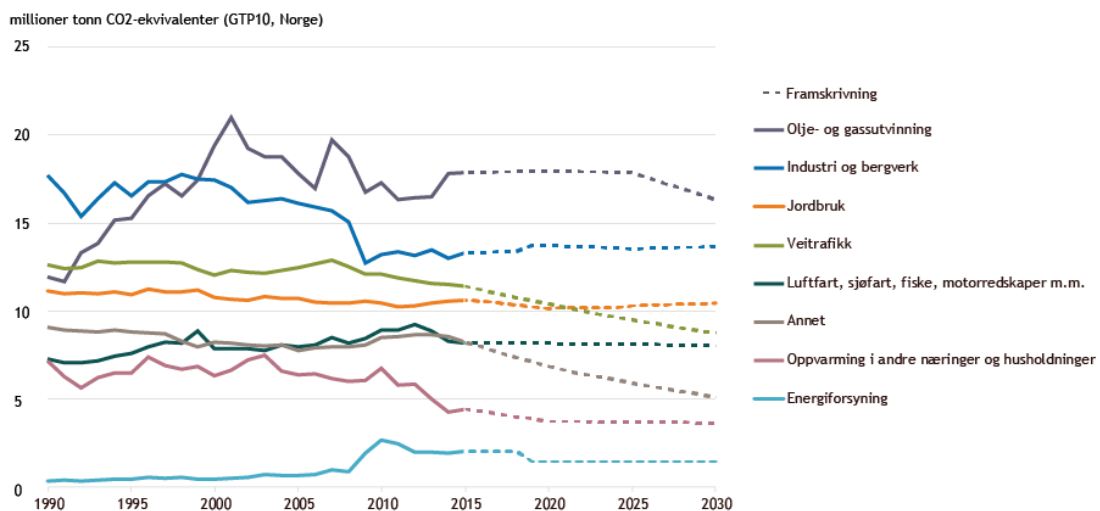


Figur 7 Oppbygning av referansebanen som er benyttet i denne analysen. Historiske utslipp 1990-2015, og framskrivinger mot 2030. Kilder: Miljødirektoratet/SSB/ Perspektivmeldingen 2017. Enhet: Millioner tonn CO_{2e}(GTP10, Norge)

Vi ser at noen av de lysegrønne stolpene går under null, og at referansebanen som består av summen av de kortlevde og langlevde klimadriverne (oransje linje) ligger tilsvarende langt fra toppen av diagrammet. Årsaken er at de kortlevde klimadriverne NO_x, OC og SO₂ har en avkjølede effekt på klimaet. Vi ser at klimaeffekten på kort sikt av disse avkjølede komponentene har blitt redusert over tid og at de er forventet å bli redusert framover mot 2030. Klimaeffekten på kort sikt av langlevde og kortlevde klimadrivere kan ved første øyekast se tilnærmet like stor ut. Ved nærmere ettersyn ser vi at forskjellen øker fra rundt 1996 og utover som et resultat av en større reduksjon i utslippene av kortlevde klimadrivere enn i langlevde klimagasser. Både i 2020 og 2030 er klimaeffekten av de langlevde gassene høyere enn klimaeffekten av de kortlevde klimadriverne målt i CO_{2e}(GTP10, Norge). Analysen av referansebanen viser altså at de langlevde klimagassene CO₂, N₂O, PFK-er og SF₆ har stor betydning for klimaeffekten også på kort sikt. Betydningen av disse gassene for klimaeffekt på kort sikt øker fra rundt 56 prosent i 1990 til 64 prosent i 2030 primært fordi andelen kortlevde klimadrivere avtar.

3.1 Klimaeffekt på kort sikt av utslipp i referansebanen per sektor

Figur 8 viser klimaeffekten på kort sikt per sektor for referansebanen slik den er beskrevet over. Historiske utslipp 1990-2015 er vist med heltrukne linjer og framskrivninger mot 2030 er vist med stiplede linjer. Flere av sektorene har oppnådd en reduksjon i klimaeffekt på kort sikt mellom 1990 og 2015. Det gjelder særlig "Industri og Bergverk", "Oppvarming i andre næringer og husholdninger" og "Veitrafikk". I sektorene "Olje- og gassutvinning", "Energiforsyning", og "Luftfart, sjøfart, fiske, motorredskaper m.m." har klimaeffekten på kort sikt økt. Vi ser av figuren at i 2030 er klimaeffekten på kort sikt av utslipp fra sektoren "Olje- og gassutvinning" (lilla) høyest, etterfulgt av utslipp fra "Industri og bergverk" (mellomblå) og "Jordbruk" (oransje). Referansebanen for veitrafikk (lys grønn) viser at den tilnærmet lineære reduksjonen i klimaeffekt fra 2007 fortsetter framover mot 2030. Tilsvarende reduksjoner finner vi fra 2013 og fremover i sektoren, "Annet" (grå), der blant annet utslipp av HFK-er, deponigass og vegslitasje ligger. Det forventes ingen store endringer i utslipp fra "Luftfart, sjøfart, fiske, motorredskaper m.m." (mørk grønn) i årene framover. Utslippene fra vedfyring som utgjør hoveddelen av "Oppvarming i andre næringer og husholdninger" (rød) er forventet å gå noe ned mot 2020 for deretter å holde seg på et stabilt nivå. Mindre endringer er ventet i sektoren "Energiforsyning" (lys blå) i årene framover. Bemerk at klimaeffekt på kort sikt i referansebanen er noe høyere i alle sektorene i forhold til tilsvarende figur i rapporten "Klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter av klimatiltak" (M-1006) som følge av at nmVOC-utslipp nå er inkludert. Endringen er spesielt utslagsgivende for sektorene "Olje- og gassutvinning" og "Annet" der klimaeffekten på kort sikt er henholdsvis rundt 0,7 og 0,5 millioner tonn CO_{2e}(GTP10, Norge).



Figur 8 Sektorvis utvikling i referansebanen. Historiske utslipp 1990-2015, og framskrivninger mot 2030. Enhet: Millioner tonn CO_{2e}(GTP10, Norge). Kilder: Perspektivmeldingen 2017 og Miljødirektoratet 2018.

4. Tiltak for å redusere klimadrivere i Norge

I dette kapittelet gir vi en samlet oversikt over tiltak som er utarbeidet dels med sikte på å redusere ikke-kvotepliktige klimagassutslipp (*"Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid"* (M-782/2017)) og dels med sikte på målrettet å redusere kortlevde klimadrivere (*"Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere"* (M89/2013)). I tillegg beskriver vi seks vedfyringstiltak som ble utredet av Norsk Energi og SINTEF Energiforskning i 2017.

4.1 Klimagasstiltak

Klimagasstiltakene som er inkludert i herværende rapport er listet i vedlegg 2 og er beskrevet i rapporten *"Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid"* (M-782/2017).

4.2 Tiltak rettet mot å redusere kortlevde klimadrivere

"Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere" (M89/2013) beskrev tiltak i sektorene: petroleum, industri, oppvarming i husholdninger, transport, jordbruk, og produkter med fluorgasser (HFK-er i produkter) og inkluderte 18 målrettede tiltak for å redusere utslipp av de kortlevde klimadriverne metan, HFK-er, svart karbon, organisk karbon, SO₂, samt ozon-forløperne nmVOC, NO_x og CO (Vedlegg 3). Det ble ikke identifisert tiltak for metan fra avfallsdeponi og nmVOC fra produkter og bensindistribusjon fordi det er allerede innført virkemidler for disse metan- og nmVOC-utslippene.

I rapporten, *"Klimatiltak mot 2030 - klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter"* (M-438/2015) analyserte vi tiltak rettet mot de seks Kyotogassene (både kvotepliktige og ikke-kvotepliktige utslipp) som vi har utslipp av i Norge, og foretok en kvalitativ vurdering av hvilke av handlingsplanstiltakene som hadde blitt inkludert i direktoratets løpende lavutslippsarbeid. En samlet, kvantitativ vurdering av alle tiltak som påvirker utslipp av klimadrivere i Norge, ble ikke foretatt fordi de to tiltaksutredningene ikke var gjort med utgangspunkt i samme referansebane.

I dette kapittelet oppsummerer vi status for de 18 tiltakene fra *"Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere"* (M89/2013) og beskriver vedfyringstiltak som ble utredet på nytt i 2017. Tiltak i jordbruks- og petroleumssektoren er også beskrevet i *"Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid"* (M-782/2017).

4.2.1 Ettermontering og innfasing av DPF på eksisterende mobile kilder

Mange av de løpende tiltaksutredninger som danner grunnlag for videreutvikling av klimapolitikken i Norge, dreier seg om skifte til nye teknologier ved nyinvesteringer. Dieselpartikkelfiltertiltakene fra *"Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere"* (M89/2013) fokuserer derimot på utslippsreduksjoner av svart karbon fra allerede eksisterende mobile kilder.

I *"Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere"* fra 2013 var det syv tiltak som innebar innfasing og eller ettermontering av dieselpartikkelfilter (DPF) (Vedlegg 3). Disse tiltakene bidro den gang med en betydelig reduksjon (34 prosent) i klimaeffekten på kort sikt i forhold til den totale reduksjonen handlingsplanstiltakene ga.

Miljødirektoratet arrangerte et fagmøte 14. desember 2017 for å innhente kunnskap fra fagekspertisen om ettermontering av dieselpartikkelfilter (DPF) på eksisterende mobile kilder fortsatt er et relevant tiltak med tanke på reduksjon av svart karbon. Representanter fra NO_x-fondet, Transportøkonomisk institutt (TØI), DNV-GL, Rambøll, Maskingrossistenes forening, Pon Equipment og Miljødirektoratet deltok.

Hovedkonklusjonen fra møtet var at det fremdeles kan være aktuelt å vurdere ettermontering av DPF på fiskebåter, busser som ikke har fabrikkmonterte DPF (dvs. Euro IV-busser) samt tyngre anleggsmaskiner (over 560 kW) og traktorer (over 56 kW eller 4 tonn). Vedlegg 4 inneholder rapporten fra møtet. Her gir vi en kort oppsummering av konklusjonene for de ulike tiltakene.

Ettermontering partikkelfilter (DPF) på anleggsmaskiner²⁴: Krav om at maskiner med motorstørrelse 56 kW-560 kW skal ha fabrikkmonterte DPF ble innført i Norge i 2012. Utskiftingshastigheten på disse maskinene er relativt høy (omløpstid på 3-5 år). Ettermontering av DPF anses derfor ikke som aktuelt for dette segmentet av anleggsmaskiner. De minste maskinene vil kunne være aktuelle for elektrifisering. Maskinene over 560 kW blir regulert først i 2019/2020 i Europa. Ettermontering av DPF kan derfor vurderes for denne kategorien maskiner.

Ettermontering og innfasing DPF kystskip: DPF anses som umoden teknologi for skip. Representantene fra NO_x-fondet og DNV-GL konkluderte med at hybridløsninger og LNG er bedre tiltak enn partikkelfilter. Slike tiltak gir utslippsreduserende effekt på en rekke komponenter, mens DPF kun reduserer partikkelutslipp. I tillegg kan DPF øke utslipp av andre komponenter som CO₂ og NO_x.

Ettermontering og innfasing DPF fiskebåter: Situasjonen i desember 2017 var at det bygges mange nye fiskebåter som en følge av høy alder og ledig verftskapasitet. Fiskeflåten egner seg godt for elektrifisering. Men det er få fiskebåter som har elektrisk motor i dag. I tillegg er landstrøm kun tilgjengelig på maksimalt 10 prosent av norske fiskebåthavner. DPF kan fremdeles være et tiltak for fiskebåter, men det er kanskje mer å hente på bedre teknologi på nye båter da mange gamle båter uansett skiftes ut nå og i årene framover.

²⁴ Anleggsmaskiner ble i fagmøtet definert som masseforflytningsmaskiner med sjåfør.

Innfasing og ettermontering DPF mobile rigger: Erfaringer fra landbaserte motorer er ikke nødvendigvis overførbare til rigger. Utfordringer med DPF på rigger er blant annet at det ofte ikke er plass for ettermontering. Derfor kommer DPF også i plasskonflikt med annet mulig rensesystem. Det er også utfordringer knyttet til drivstoffkvalitet, drift og vedlikehold. Bedre alternativer enn DPF er omlegging til gass og hybride løsninger med en grad av elektrifisering.

Ettermontering DPF lette kjøretøy: Dieslbiler fra Euroklasse 5 og oppover har fabrikkmonterte partikkelfilter. Elektrifisering og utvikling av nullutslippskjøretøy har gått raskere enn antatt. Tidsvinduet for ettermontering av DPF er derfor i ferd med å lukkes. Det er kun enkelte dieslbiler det vil kunne være aktuelt for rent teknisk å ettermontere DPF, men med en så rask innfasing av el som det er i Norge, er det lite sannsynlig at ettermontering vil være aktuelt.

Ettermontering DPF traktorer: For de lette traktorene (ca. 4 tonn, eller opp til på 56 kW motorstyrrelse) er det forventet at utvikling av batteriteknologi kan gå raskt, og at tidsvinduet for DPF dermed kan være i ferd med å lukkes. Dette er ikke tilfelle for de større maskinene, som fortsatt krever utvikling av lettere batterier som tar mindre plass. Større maskiner vil også kunne stille krav til oppgradering av elektrisk infrastruktur for å kunne lade. For de større maskinene vil derfor ettermontering/ innfasing av partikkelfilter på eksisterende traktorer fortsatt kunne være et relevant tiltak.

Ettermontering DPF tunge kjøretøy: Utskiftingstakten for tunge lastebiler er høy (over 60 prosent av kjørte km er gjort av biler yngre enn 4 år) og det er derfor ikke et aktuelt tiltak med ettermontering av partikkelfilter i Norge for denne gruppen kjøretøy. For busser kan det derimot være et aktuelt tiltak. Ved å ettermontere nytt rensesystem inkludert partikkelfilter, vil eldre busser fortsatt kunne være i drift også der det legges ned krav om at bussene tilfredsstiller Euro VI krav. En slik ettermontering er relativt omfattende da det kreves mye reguleringsteknikk i alle ledd for at rensesystemet skal fungere.

Miljødirektoratet vurderer det slik at innfasing og ettermontering av DPF ikke lenger er mest hensiktsmessig som partikkelreduerende tiltak for kystskip, mobile rigger, samt lette kjøretøy. Andre typer av tiltak bør eventuelt vurderes i stedet.

For tyngre anleggsmaskiner og traktorer, fiskebåter og eldre busser kan ettermontering av DPF for å redusere svart karbon fortsatt være en overgangsløsning fram til løsninger som både optimaliserer BC- og CO₂-reduksjoner er teknisk gjennomførbare.

4.2.2 Vedfyringstiltak

I "Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere" (M89/2013) ble det utredet to vedfyringstiltak, "Forsert utskifting til nye ovner og pelletskaminer" og "Bedre fyringsteknikk, ettersyn og vedlikehold". I 2017 utarbeidet Norsk Energi og SINTEF Energiforskning på oppdrag fra Miljødirektoratet en ny tiltaksutredning vedørende reduksjon av utslipp av klimadrivere fra vedfyring²⁵. Følgende tiltak ble utredet:

1. Forsert utskifting fra eldre til nyere vedovner

²⁵ <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M691/M691.pdf>

2. Forsert utskifting fra eldre til nyere og beste vedovner og pelletsovner
3. Bedret fyringsteknikk, nyere vedovner
4. Ettersyn og vedlikehold, nyere vedovner
5. Elektrostatisk partikkelrensing, nyere vedovner
6. Bedret trekkregulering vha røykgassvifte, nyere vedovner

Tiltakene er utredet for følgende komponenter: BC, OC, PM_{2,5}, PM₁₀, TSP²⁶, CO, CO₂, NO_x, N₂O, CH₄, nmVOC og SO₂.

Tiltak 1. Forsert utskifting til nyere vedovner: Ovner produsert etter 1998 er såkalt "rentbrennende" med lavere partikkelutslipp, og dermed også lavere BC- og OC-utslipp, og bedre virkningsgrad. I referansebanen forutsettes det en naturlig utskifting av eldre vedovner (produsert før 1998) til nyere vedovner (produsert etter 1998). Dette tiltaket beskriver en utskifting til nyere vedovner utover referansebanen.

Reduksjonspotensialet for vedfyringstiltakene er som alle andre tiltak avhengig av ambisjonsnivået som legges til grunn ved utarbeidelse av tiltakene. Det er ca. 470 000 eldre og 700 000 nyere ovner i Norge i dag. Tiltaket er utformet slik at det vil være igjen drøyt 270 000 eldre ovner i 2025, og ca. 40 000 i 2045. Årlig antall nye vedovner som følge av dette tiltaket vil være på rundt 8 000 (2018) til drøyt 13 000 (2029).

Tiltak 2. Forsert utskifting til nyere vedovner, beste vedovner og pelletsovner:

I referansebanen forutsettes det en naturlig utskifting av eldre vedovner (-97) til nyere (98-) vedovner. Dette tiltaket beskriver en utskifting utover referansebanen til nyere vedovner (50 prosent), de beste vedovnene (45 prosent) og pelletsovner (5 prosent).

Tiltaket er utformet slik at det vil være igjen drøyt 270 000 eldre ovner i 2025, og ca. 40 000 i 2045. Antall nyere vedovner og antall beste vedovner og pelletsovner som følge av dette tiltaket vil være på rundt 4000 (2018) til 6500 ovner per år i 2029.

Tiltak 3. Bedret fyringsteknikk - nyere vedovner: Tiltaket omfatter opplæring i bedre fyringsteknikk for nyere (98-) vedovner. Antall nyere ovner øker hvert år, og dermed blir det en økning i tiltakets omfang fra år til år. Utslippsreduksjon ved korrekt fyring kan være opptil 80 prosent. Dette er likevel urealistisk i praksis, en reduksjon på 50 prosent anses mer realistisk.

I beregningene ble det benyttet en reduksjonsgrad på 50 prosent for parametere påvirket av bedret forbrenning (CH₄, CO, nmVOC, OC, PM_{2,5}) med unntak av BC der vi har benyttet 25 prosent rensegrad. Det er forutsatt at det foretas opplæring hvert 5. år. Opplæringen bør omfatte elementær forbrenningsteknikk, opptenningsteknikk og fokus på viktighet av tørr ved.

Tiltaket er utformet slik at årlig antall ovner med tiltak øker fra ca. 15 000 i 2018 til 20 000 i 2025 og 27 000 i 2050. I 2025 omfatter tiltaket ca. 140 000 ovner.

²⁶ TSP: Total Suspended Particulate matter

Tiltak 4 Ettersyn og vedlikehold - nyere vedovner: Tiltaket omfatter systematisk ettersyn og vedlikehold av nyere vedovner. Undersøkelsen av hvordan manglende vedlikehold påvirker utslipp, viste at lekkasje som oppstår på grunn av en manglende pakning påvirker utslippene betydelig²⁷. Sammenligner man eksperimentelle data fra tester på en typisk moderne vedovn viser disse at en ovn uten pakning i døren økte partikkelutslippet med 30 prosent og BC-utslippet med 100 prosent på samme last. Basert på data fra undersøkelsen ble det benyttet en reduksjonsgrad på 10 prosent for parametere påvirket av ettersyn og vedlikehold (BC, CH₄, CO, nmVOC, OC, PM_{2.5}) med unntak av BC der vi har benyttet 20 prosent rensegrad. Det er forutsatt at det foretas ettersyn og vedlikehold hvert 5. år, der det blant annet etterses at ovnen er tett; hvis ikke foretas tetting av ovnen.

Tiltaket er utformet slik at årlig antall ovner med tiltak øker fra ca 15 000 i 2018 til 20 000 i 2025 og 27 000 i 2050. I 2025 omfatter tiltaket ca 140 000 ovner

Tiltak 5 Elektrostatisk partikkelrensing - nyere vedovner: SINTEF anbefaler ikke elektrostatisk partikkelrensing til eldre ovner fordi for mye uforbrente komponenter danner belegg og reduserer virkningsgraden betydelig. Høy rensegrad krever kontinuerlig vedlikehold og derfor anses en virkningsgrad på 60 prosent som realistisk for langtidsbruk i Norge. I beregningene er det benyttet rensegrad på 60 prosent for BC, OC og PM_{2.5}.

Tiltaket er utformet slik at totalt antall ovner med tiltak omfatter ca. 50 000 i 2025. I 2050 omfatter det snaut 170 000 ovner. Årlig antall ovner med tiltak er 6800 i 2025. Fra 2030 til 2050 er årlig antall ovner med tiltak ca. 4000.

Tiltak 6 Bedret trekkregulering - røykgassvifte - nyere vedovner: Forbrenningslufttilførselen til en vedovn er styrt av skorkestrekken og åpningsgraden på ventiler på vedovnen. Luftbehovet varierer mye i løpet av forbrenningssyklusen. Bedret trekkregulering vha. røykgassvifte kan bidra til bedret forbrenning og dermed reduserte utslipp. En vifte vil påvirke forbrenningsprosessen positivt, særlig i bygninger med gamle piper. 30 prosent anses som et realistisk anslag på hvor mye forbrenningsrelatert utslipp kan bli redusert med røykgassvifte. Selv om en vifte forbedrer forbrenningsprosessen så blir BC ikke tilsvarende redusert, og reduksjonen av BC antas å være cirka 15 prosent.

Tiltaket er utformet slik at totalt antall ovner med tiltak omfatter ca. 50 000 i 2025. I 2050 omfatter det snaut 170 000 ovner. Årlig antall ovner med tiltak er 6800 i 2025. Fra 2030 til 2050 er årlig antall ovner med tiltak ca. 4000.

Vedfyringstiltakene ble utredet på en annen referansebane (en justert utgave av referansebanen i tråd med Nasjonalbudsjettet 2015) enn referansebanen for Perspektivmeldingen 2017 (PM2017). Tiltakene er derfor skalert til PM2017. Vi har skalert tiltakene ned med en faktor 0,74 som angir forskjellen mellom energimengden av vedforbruket i gammel (NB2015b) og ny referansebane for vedfyring (PM2017) i 2025. Alle komponentene er skalert med samme faktor for alle år.

²⁷ <http://www.miljodirektoratet.no/no/Publikasjoner/2016/Mars-2016/Effect-of-maintenance-on-particulate-emissions-from-residential-woodstoves/>

Tiltakene "*Forsert utskifting til nye vedovner*" og "*Forsert utskifting til beste vedovner og pelletsovner*" representerer ulike scenarier for utskifting av eldre vedovner. De er "overlappende", dvs. at effekten av tiltakene ikke kan legges sammen. Vi har valgt å inkludere tiltaket "*Forsert utskifting til beste vedovner og pelletsovner*" i herværende analyse fordi mange av ovnene som selges i dag har et langt lavere utslipp enn de ovnene som omtales som nye ovner (utslipp under 10 g/kg partikler) i tiltaksutredningen.

Vedfyringstiltakene er inkludert i tiltaksporteføljen for tiltak rettet mot å redusere klimadrivere i Norge. Miljødirektoratet arbeider nå med en utredning av virkemidler for å utløse vedfyringstiltak.

4.2.3 Jordbrukstiltak

Tiltakene for jordbrukssektoren i "*Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere*" (M89/2013) reduserer utslipp av metan og er:

1. Biogass fra husdyrgjødsel
2. Biogass fra våtorganisk avfall
3. Overgang fra rødt til hvitt kjøtt
4. Redusert spill av mat

Alle disse fire tiltakene er blitt videreutviklet i forbindelse med lavutslippsarbeidet i Miljødirektoratet og er nå integrert i tiltaksporteføljen for tiltak rettet mot å redusere klimadrivere i Norge. Tiltak som reduserer utslipp av klimagassen metan vil kunne bidra til å nå Norges klimamål for ikke-kvotepliktig sektor.

Biogass: Biogasstiltakene "*Biogass fra husdyrgjødsel*" og "*Biogass fra våtorganisk avfall*" er slått sammen til ett tiltak og er nærmere beskrevet i NIBIO-rapporten *Klimatiltak i jordbruk og matsektoren. Kostnadsanalyse av fire tiltak*²⁸. Tiltaket heter nå "*Biogass fra husdyrgjødsel*" og er ett av fem tiltak for jordbrukssektoren i "*Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid*" (M-782/2017). Tiltaket i M-782-rapporten er skalert slik at det i 2030 er 20 prosent av husdyrgjødsel som benyttes til biogassproduksjon og at 1/3 av mengden husdyrgjødsel benyttes i biogassanlegg på gårdsnivå og 2/3 av mengden husdyrgjødsel kombineres med våtorganisk avfall i store sambehandlingsanlegg. Biogassen blir enten benyttet til oppvarming på gårdsnivå eller oppgradert til å brukes i bybusser. Helseeffekter når biogass erstatter diesel i bybusser er inkludert i beregningen av tiltakskostnaden.

Overgang fra rødt til hvitt kjøtt: Dette tiltaket er erstattet med tiltaket "*Overgang fra kjøtt til vegetabilsk og fisk*" og er ett av fem tiltak for jordbrukssektoren i "*Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid*" (M-782/2017). Tiltaket er nærmere beskrevet i NIBIO-rapporten "*Klimatiltak i jordbruk og matsektoren. Kostnadsanalyse av fire tiltak*"²⁸. Tiltaket "*Overgang fra kjøtt til vegetabilsk og fisk*" innebærer å redusere inntaket av rødt kjøtt og øke forbruket av frukt, grønt og fisk. Det er antatt at energi- og proteininntaket pr person er tilnærmet det samme i tiltaket som i referansebanen. Helsegevinster av å redusere inntaket av rødt kjøtt er inkludert i beregningen av tiltakskostnaden for dette tiltaket.

²⁸ Klimatiltak i jordbruk og matsektoren. Kostnadsanalyse av fire tiltak. Nibio rapport, Vol. 3, nr. 85, 2017.

Grunnen til at vi har tatt ut tiltaket *"Overgang fra rødt til hvitt kjøtt"* som lå inne i handlingsplanen for kortlevde klimadrivere fra vår nåværende analyse om klimatiltak i jordbruket er at klima- og helseeffekten er større ved overgang til vegetabilsk og fisk.

Redusert spill av mat: I handlingsplanen for kortlevde klimadrivere gikk dette tiltaket ut på at matsvinnet i husholdningene er halvert innen 2030. En videreutvikling av dette tiltaket har bidratt til at flere ledd i verdikjeden nå er inkludert. Tiltaket heter nå *"Mindre matsvinn"* og er nærmere beskrevet i NIBIO-rapporten *"Klimatiltak i jordbruk og matsektoren"*.

*Kostnadsanalyse av fire tiltak*²⁸ og er ett av fem tiltak for jordbrukssektoren i *"Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid"* (M-782/2017). Tiltaket *"Mindre matsvinn"* halverer matsvinnet innen 2030 i alle matvaregrupper og i fire deler av verdikjeden: matindustri, grossist, dagligvarehandelen og husholdningene.

4.2.4 Petroleumstiltak

Tiltakene for petroleumssektoren i *"Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere"* (M89/2013) reduserer utslipp av metan og nmVOC og er:

1. Økt gjenvinning av nmVOC og metan ved råoljelasting offshore
2. Reduksjon av utslipp fra kaldventilering offshore

Tiltakene er nå integrert i tiltaksporteføljen for tiltak rettet mot å redusere klimadrivere i Norge.

Økt gjenvinning av nmVOC og metan ved råoljelasting offshore: Tiltaket *"Økt gjenvinning av nmVOC og metan ved råoljelasting offshore"*, ble først utredet i forbindelse med handlingsplanen. Tiltaket inngår i *"Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid"* (M-782/2017). Tiltaket er ett av to tiltak for petroleumssektoren i denne rapporten, og erstatter det gamle handlingsplanstiltaket.

Tiltaket *"Økt gjenvinning av nmVOC og metan ved råoljelasting offshore"* forutsetter at alle skytteltankere som opererer på norsk sokkel har installert VOC-håndteringsteknologi som under oljelasting gir en gjennomsnittlig gjenvinningsgrad på 95 % for nmVOC og 75 % for metan innen 2030. . Teknologien som forutsettes tatt i bruk er basert på kondensasjon av VOC-gassene som damper av under lasting og utnyttelse av kondensatet på skipet, slik at VOC-anlegget inngår som en integrert del av skipets drift. Gjenvunnet kondensat kan benyttes til eksempelvis energiproduksjon og drivstoff om bord på skipet.

Reduksjon av utslipp fra kaldventilering offshore: I tillegg til *"Økt gjenvinning av nmVOC og metan ved råoljelasting offshore"* er tiltaket, *"Reduksjon av utslipp fra kaldventilering offshore"* inkludert i *"Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid"* (M-782/2017). Tiltaket reduserer utslipp av metan og nmVOC fra produksjonsinnretninger ved at avgass enten resirkuleres til prosessen (gjenvinnes) eller sendes til fakkell hvor avgassen brennes i stedet for å slippes direkte ut til atmosfæren.

4.2.5 Industri

I *"Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere"* (M89/2013) ble følgende tiltak utredet:

1. Energieffektivisering i deler av industrien
2. Ombygging til Freilandprosess i silisiumkarbidindustrien

Energieffektivisering i deler av industrien: Tiltaket består i energieffektiviserende tiltak på ventilasjon (behov, ventilasjonsprinsipp, styring og gjenvinning), oppvarming av industriens lokaler, bruk av varmepumper for gjenvinning av energi, tiltak i energisentraler (gjenvinning av spillvarme, røkgass, isolering, kjeldrift, dampsystem, utskiftning av kjeler) og prosess tiltak som reduserer termisk energibehov og er rettet mot utslippsreduksjoner av svart karbon. Tiltaket omfatter flere bedrifter innen undersektoren *"Annen industri"* slik den er definert i utslippsregnskapet, og er beregnet basert på en betraktning knyttet til det samlede energiforbruket i den aktuelle bransjen. Tiltaket er nå blitt delvis erstattet med tiltaket *"Energieffektivisering i næringsmiddelindustrien"* som er dokumentert i *"Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid"* (M-782/2017). I tillegg er det mulig at deler av potensialet er utløst gjennom ENOVAs støtteordninger. I herværende rapport inngår kun tiltaket *"Energieffektivisering i næringsmiddelindustrien"* fra *"Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid"* (M-782/2017).

Ombygging til Freilandprosess i silisiumkarbidindustrien: Silisiumkarbidindustrien omfatter to industrianlegg, Saint Gobain Lillesand og Washington Mills da tiltakene i *"Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere"* (M89/2013) ble utredet. Tiltaket er rettet mot reduksjon av karbonmonoksid (CO) og er et prosessendringstiltak. Det forutsetter at prosessombyggingen vil redusere utslippene av CO til null. Freilandprosessen gjør det mulig å samle opp avgassen, slik at CO-gassen kan forbrennes og energigjenvinnes. *"Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid"* (M-782/2017) inkluderer tiltaket *"Økt bruk av trekull i silisiumkarbidindustrien"*. Dette tiltaket erstatter imidlertid ikke tiltaket *"Ombygging til Freilandprosess i silisiumkarbidindustrien"*.

4.2.6 HFK-gassene

Følgende tiltak for å redusere utslipp av HFK-er var utredet i handlingsplanen for kortlevde klimadrivere:

1. Utslippsreduksjoner av HFK gjennom lekkasjekontroll og oppsamling
2. Utslippsreduksjoner ved å benytte HFK med lavere vektfaktor og løsninger med lite fyllingsbehov

Da disse tiltakene ble utredet, viste resultatene at de hadde en høy klimaeffekt på kort sikt. I lys av strammere krav som er på vei til å bli implementert i norsk regelverk, har disse tiltakene i all vesentlig grad blitt lagt inn i referansebanen. Norge har ratifisert Kigali-avtalen under Montrealprotokollen som innebærer en gradvis nedfasing av bruk av HFK-er, blant annet ved innføring av importkontroll. Dessuten vil skjerpede krav om lekkasjekontroll og begrensninger i bruk av en rekke HFK-er med høy GWP snart tre i kraft når EUs reviderte F-gassforordningen blir implementert i norsk regelverk. Vi forventer videre at økningen de siste årene av den norske avgiften på import av HFK-er, vil føre til en ytterligere reduksjon av

bruken av HFK-er med høy GWP. Økningen i avgiften har også medført at økende volumer HFK-er er samlet opp til destruksjon. Miljødirektoratet avventer derfor ytterligere utredninger av tiltak og virkemidler for å redusere utslipp av HFK-er. Tiltak rettet mot HFK-er ble derfor ikke inkludert i *"Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid"* (M-782/2017).

4.2.7 Oppsummert status for tiltak rettet mot kortlevde klimadrivere

Av de 18 målrettede tiltakene på kortlevde klimadrivere, som ble utredet i *"Forslag til handlingsplan for å redusere kortlevde klimadrivere i Norge"* (M89/2013) er oppsummert status:

- Metantiltakene er enten helt eller delvis inkludert i Miljødirektoratets løpende lavutslippsarbeide og var inkludert i *"Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid"* (M-782/2017).
- HFK-tiltakene har blitt erstattet med reguleringer gjennom internasjonale avtaler som er vedtatt implementert i norsk regelverk.
- For flere av dieselpartikkelfiltertiltakene har tidsvinduet lukket seg. Målrettede tiltak for å redusere utslipp av svart karbon fra fiskebåter, eldre busser samt tyngre anleggsmaskiner og traktorer ved ettermontering av dieselpartikkelfilter kan ifølge anbefalinger fra fagmøtet som ble avholdt fortsatt være aktuelle (se 4.2.1 og vedlegg 4) som overgangsløsninger men er ikke utredet på nytt og derfor ikke inkludert her.
- Av tiltakene i industrien er energieffektiviseringstiltaket delvis erstattet av et annet tiltak. Det andre tiltaket reduserer kun ozonforløperen CO. Effekten av O₃ er ikke inkludert i analysen fordi andel norskprodusert ozon over Norge er svært liten²⁹. Av den grunn er ikke tiltak som reduserer CO omfattet av denne analysen.
- Vedfyringstiltak er fortsatt relevante, men er utredet på nytt og erstattet av de nye tiltakene.

En detaljert oversikt over status for tiltakene i *"Forslag til handlingsplan for å redusere kortlevde klimadrivere i Norge"* (M89/2013) er gitt i tabell 2.

²⁹ [M-89, Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere](#)

Tabell 2: Oversikt over status for tiltakene fra "Forsalg til handlingsplanen for norske utslipp av kortlevde klimadrivere" (M89/2013)

1	Redusert spill av mat	Videreutviklet og integrert i lavutslippsarbeidet som tiltaket <i>"Mindre matsvinn"</i> .
2	Forsert utskifting til nye ovner og pelletskaminer	Utredet på nytt som tiltakene <i>"Forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets"</i> og <i>"Forsert utskifting til nye vedovner"</i> . Tiltakene over kan ikke gjennomføres samtidig fordi de overlapper med hverandre.
3	Energieffektivisering i deler av industrien	Delvis integrert i lavutslippsarbeidet som tiltaket <i>"Energieffektivisering i næringsmiddelindustrien"</i> .
4	Overgang fra rødt kjøtt til hvitt kjøtt	Videreutviklet og integrert i lavutslippsarbeidet som tiltaket <i>"Overgang fra kjøtt til mer vegetabilsk og fisk"</i> .
5	Bedre fyringsteknikk, ettersyn og vedlikehold	Utredet på nytt som tiltakene <i>"Bedre fyringsteknikk-nyere vedovner"</i> og <i>"Ettersyn og vedlikehold-nyere vedovner"</i> .
6	Redusere fyllingsbehovet og benytte HFK med lav klimaeffekt	Tiltaket er ikke lenger aktuelt. Kravene i EUs reviderte F-gassforordning ble 14. desember 2018 implementert i norsk regelverk og er vurdert å ha en større effekt for å redusere utslippene av HFK-er enn dette tiltaket. EUs krav er i all vesentlighet inkludert i referansebanen (PM2017).
7	Ettermontering partikkelfilter (DPF) anleggsmaskiner	Aktuelt kun for tyngre maskiner over 560 kW motorstørrelse. Ikke utredet. Tidsvinduet kan være i ferd med å lukkes også for tyngre maskiner.
8	Økt gjenvinning av nmVOC og metan ved råoljelasting offshore	Videreutviklet og integrert i lavutslippsarbeidet under samme navn.
9	Ettermontering og innfasing DPF kystskip	Hybridløsninger og LNG anses som mer aktuelle tiltak enn partikkelfilter.
10	Ettermontering og innfasing DPF fiskebåter	DPF kan fremdeles være et tiltak for fiskebåter, men mange fiskebåter skiftes nå ut og tiltaket må vurderes opp mot utskifting til ny teknologi. Delvis erstattet av <i>"Tekniske og operasjonelle tiltak i fiskeflåten"</i> .
11	Oppfølging av lekkasjekontroll og oppsamling av HFK	Tiltaket er ikke lenger aktuelt. Kravene i EUs reviderte F-gassforordning ble 14. desember 2018 implementert i norsk regelverk og er vurdert å ha en større effekt for å redusere utslippene av HFK-er enn dette tiltaket. EUs krav er i all vesentlighet inkludert i referansebanen (PM2017).
12	Innfasing og ettermontering DPF mobile rigger	Omlegging til gass og hybride løsninger med en grad av elektrifisering anses som bedre alternativ. Ikke inkludert.
13	Ombygging til Freilandprosess i silisiumkarbid-industrien	Dette kan fremdeles være et aktuelt tiltak for å redusere ozonforløperen, CO. Effekten av O ₃ er ikke inkludert i analysen fordi andel norskprodusert ozon over Norge er svært liten. Av den grunn er ikke utslippsreduksjoner av ozonforløperne CO omfattet av analysen.
14	Ettermontering DPF lette kjøretøy	Fabrikkmonterte filtre og elektrifisering av bilparken gjør at tidsvinduet har lukket seg for tiltaket.
15	Innfasing av biogass til buss fra husdyrgjødsel	Videreutviklet og integrert i lavutslippsarbeidet som <i>"Biogass fra husdyrgjødsel"</i>
16	Ettermontering DPF traktorer	Aktuelt kun for større traktorer over 56 kW motorstørrelse. Ikke utredet. Tidsvinduet kan være i ferd med å lukkes.
17	Innfasing av biogass til buss fra våtorganisk avfall	Videreutviklet og integrert i lavutslippsarbeidet som <i>"Biogass fra husdyrgjødsel"</i> .
18	Ettermontering DPF tunge kjøretøy	Tiltaket anses ikke som aktuelt for tunge lastebiler. Tiltaket er i tillegg delvis erstattet av <i>"Overføring av gods fra vei til sjø og bane"</i> . For busser som ikke tilfredsstiller Euro IV krav kan tiltaket være aktuelt. Ikke utredet. Tidsvinduet kan være i ferd med å lukkes.

Miljødirektoratet arbeider kontinuerlig med utviklingen av nye og forbedrede tiltak for å redusere Norges klimaavtrykk. I den anledning arrangerte vi et vedfyringsseminar 30. august 2018 for å innhente kunnskap om klimateffekt, utslippsregnskap, tiltak og virkemidler. Rapporten fra møtet er vedlagt (vedlegg 5).

Porteføljen av tiltak som reduserer klimadrivere i Norge inkludert i denne analysen består således av 34 klimagasstiltak og 5 tiltak rettet mot å redusere utslipp fra vedfyring. Disse tiltakene er lagt inn i Miljødirektoratets analyseverktøy, Klimatall, slik at klimateffekt på kort sikt og helseeffekter av tiltakene kan analyseres der.

5. Klimateffekt av tiltak for å redusere klimadrivere

Vi har analysert 34 klimagasstiltak og 5 tiltak rettet mot å redusere utslipp fra vedfyring. Disse tiltakene er lagt inn i Miljødirektoratets analyseverktøy, Klimatall, slik at klimateffekt på kort sikt og helseeffekter av tiltakene kan analyseres der. En analyse av klimateffekt på kort sikt og helseeffekter av klimatiltak er dokumentert i rapporten *"Klimateffekt på kort sikt og helseeffekter av klimatiltak"* (M-1006/2018). Her gir vi en samlet oversikt over resultatene.

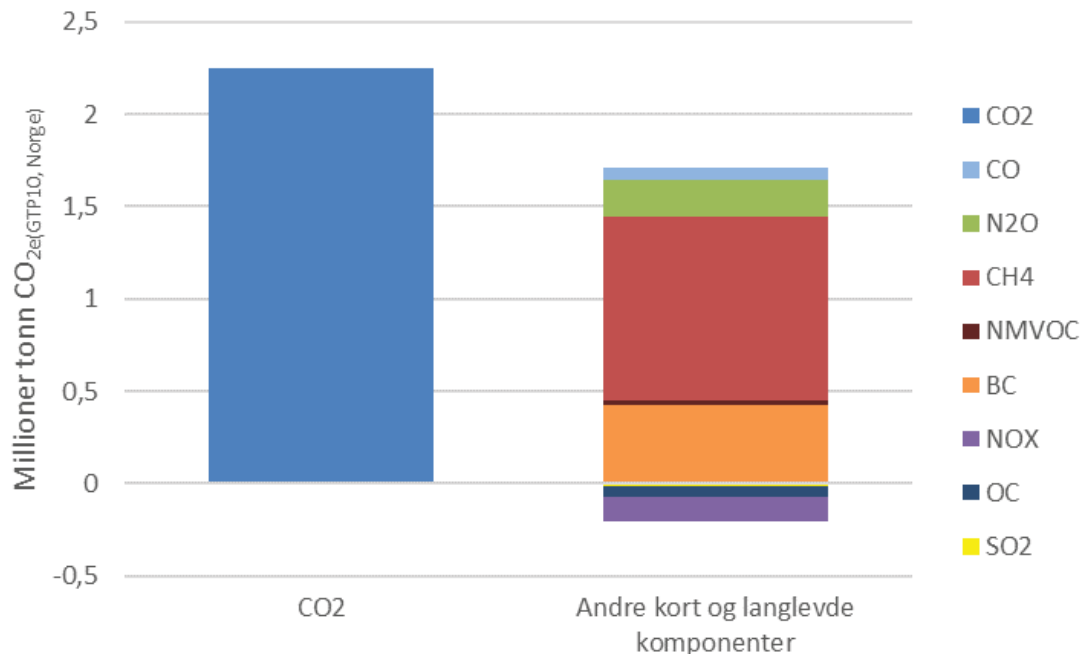
5.1 Klimateffekt på kort sikt per komponent

Figur 9 viser samlet gjennomsnittlig årlig utslippsreduksjoner over perioden 2017-2030 (14 år) av tiltakene som er inkludert i herværende analyse. Vi har valgt å bruke gjennomsnittlig årlige reduksjoner fordi vi mener at det gir et mer robust resultat enn å se på reduksjonene kun for ett enkelt år for eksempel 2030. Videre har vi valgt å starte analysen i 2017 fordi noen av tiltakene, slik de er utredet, har utslippsreduksjoner dette året.

Samlet sett reduserer de 39 tiltakene som er inkludert i denne analysen klimateffekten på kort sikt med rundt 3,8 millioner tonn CO_{2e}(GTP10, Norge) (Figur 9). Vi ser at CO₂-reduksjonene som alle tiltakene i denne analysen medfører, har en faktor på 1,5 høyere klimateffekt på kort sikt enn den samlede klimateffekten av reduksjoner i de andre klimadriverne (summert i stolpen "Andre kort- og langlevde komponenter"). CO₂-reduksjoner er altså det viktigste for å redusere klimateffekt på kort sikt av norske ikke-kvotepliktige utslipp. Klimateffekten på kort sikt av CO₂-reduksjoner er imidlertid betydelig lavere enn ved tidligere analyser³⁰, noe som skyldes at vi denne gangen kun inkluderer tiltak som reduserer ikke-kvotepliktige utslipp. Av komponenter utenom CO₂ som bidrar til redusert klimateffekt på kort sikt er metan viktigst (rød farge), deretter følger BC (oransje farge) og N₂O (grønn farge). NO_x reduksjonene (lilla farge) spesielt, men også SO₂ (gul farge) og OC (mørk blå) medfører en oppvarming.

³⁰ [M-438, Klimatiltak mot 2030 - klimateffekt på kort sikt og helseeffekter](#)

Ved å inkludere vedfyringstiltak i tillegg til klimatiltak i analysen, reduseres klimaeffekten på kort sikt med rundt 0,3 millioner tonn $\text{CO}_{2e(\text{GTP10, Norge})}$ eller 8 prosent. Årsaken til det er at vedfyringstiltakene reduserer vesentlige mengder BC og/eller metan. I tillegg reduseres andre oppvarmende komponenter som nmMVOC, CO og N_2O ved enkelte av tiltakene. OC, og i enkelte tilfeller også NO_x og SO_2 , som har en avkjølede effekt på atmosfæren, reduseres også i vedfyringstiltakene. I sum har imidlertid vedfyringstiltakene positiv klimaeffekt (avkjøling) på kort sikt.

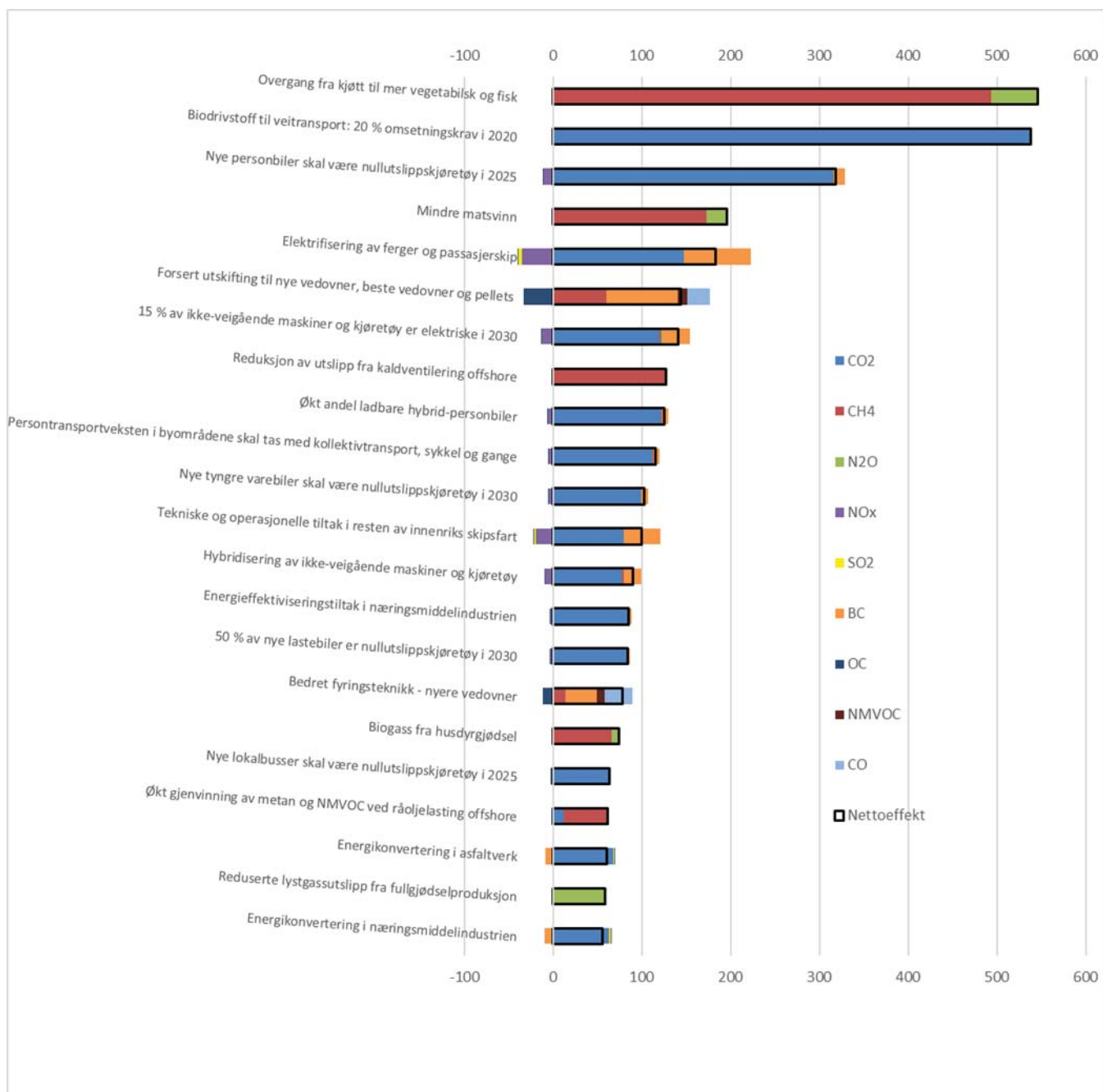


Figur 9: Klimaeffekt på kort sikt (gjennomsnittlige årlige utslippsreduksjoner i perioden 2017-2030) av klimatiltakene i "Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid" (M-782/2017) og vedfyringstiltakene. Enhet: Millioner tonn $\text{CO}_{2e(\text{GTP10, Norge})}$. Kilde: Miljødirektoratet

5.2 Klimaeffekt på kort sikt per tiltak

De tiltakene som bidrar mest til klimaeffekten på kort sikt er vist i figur 10. Figuren viser gjennomsnittlig årlige utslippsreduksjoner i GTP10 over perioden 2017-2030 for de 22 tiltakene som har klimaeffekt på kort sikt på over 50 000 tonn $\text{CO}_{2e(\text{GTP10, Norge})}$.

I figur 10 vises den avkjølede effekten av tiltakene til høyre for nullpunktet, mens tiltakenes oppvarmende effekt vises til venstre. At tiltak gir oppvarmende effekt skyldes reduserte utslipp av de avkjølede komponenter NO_x , OC og SO_2 , eller økte utslipp av oppvarmende komponenter som BC. Netto klimaeffekt på kort sikt er vist med en svart ramme.



Figur 10 Tiltakene i denne analysen som bidrar mest til klimaeffekten på kort sikt, samt klimaeffekten på kort sikt av de ulike komponentene tiltaket påvirker. Gjennomsnittlig årlige utslippsreduksjoner i perioden 2017-2030. Enhet: Tusen tonn $CO_{2e}(GTP10, Norge)$. Kilde: Miljødirektoratet

Figur 10 viser at klimaeffekten på kort sikt for mange av tiltakene skyldes reduksjonen i CO_2 -utslipp (mørk blå farge) som transporttiltakene medfører. Videre ser vi at flere av jordbrukstiltakene har høy klimaeffekt på kort sikt. Det gjelder i særdeleshet tiltaket "Overgang fra kjøtt til mer vegetabilsk og fisk", men også "Redusert matsvinn" og "Biogass fra husdyrgjødsel". Den høye klimaeffekten skyldes særlig metanreduksjonene (rød farge) tiltakene medfører. Metanreduksjoner vektlegges mye høyere når vi ser på klimaeffekt på en kortere tidshorisont enn 100 år (se vedlegg 1). I tillegg reduserer disse to tiltakene og tiltaket "Reduserte lystgassutslipp fra produksjon av fullgjødsel" utslipp av lystgass (grønn farge).

I utslippsreduksjonen for biogasstiltaket er det bare utslippsreduksjoner knyttet til jordbrukssektoren som er inkludert. Det vil si reduserte metan- og lystgassutslipp fra

gjødselhåndtering. I tillegg kan tiltaket medføre utslippsreduksjoner i andre sektorer dersom biogassen erstatter fossil energi, for eksempel som drivstoff i transportsektoren eller fossil energi til oppvarming i gårdsdrift. Denne mulige substitusjonseffekten av tiltaket er ikke kvantifisert her fordi ingen av tiltakene i *"Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid"* (M-782/2017) direkte er knyttet opp mot bruken av biogass fra dette biogasstiltaket.

Halvparten av tiltakene i figur 10 (11 tiltak) finner vi i transportsektoren. Det tiltaket som bidrar mest til klimaeffekt på kort sikt er *"Biodrivstoff til veitransport: 20 % omsetningskrav i 2020"*. Den avkjølende klimaeffekten på kort sikt skyldes CO₂-reduksjonen tiltakene gir (blå farge). Tiltaket medfører også en liten økning i SO₂ slik det er utredet. En del av transporttiltakene rettet mot ikke-veigående mobile kilder som ferger og passasjerskip, andre skip i innenriks skipsfart og anleggsmaskiner, reduserer også betydelige utslipp av BC (oransje farge). At ikke flere av veitrafikktiltakene gir større BC-reduksjoner skyldes at utslippene i referansebanen avtar så kraftig for veitrafikken at det er svært begrensede BC-utslipp igjen i 2030 (se kapittel 2.5). Dermed vil tiltakene i *"Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid"* (M-782/2017) i liten grad bidra til ytterligere utslippsreduksjoner. For flere av transporttiltakene ser vi dessuten at den avkjølende effekten av reduserte BC-utslipp i noen grad motsvares av den oppvarmende effekten av reduserte NO_x-utslipp (lilla farge). Utslipp av NO_x fører til skader på helse og miljø. Norge har forpliktet seg til å redusere disse utslippene i henhold til Gøteborgprotokollen samt at Norge har grense-verdier og nasjonale mål for luftkvalitet. Reduksjon av NO_x-utslippene må dermed kompenseres med forsterket innsats mot oppvarmende komponenter dersom man skal oppnå klimagevinst på kort sikt samtidig som våre utslippsforpliktelser i henhold til Gøteborg-protokollen og nasjonale mål skal overholdes.

Vi har ikke nok kunnskap til å beregne hvordan utslipp av NO_x og partikler endrer seg når diesel erstattes med biodiesel. Utslippsfaktorene for diesel og biodiesel er derfor identiske. Biodrivstofftiltakene påvirker i våre beregninger således ikke NO_x- og partikkelutslippet og dermed heller ikke helseeffektene.

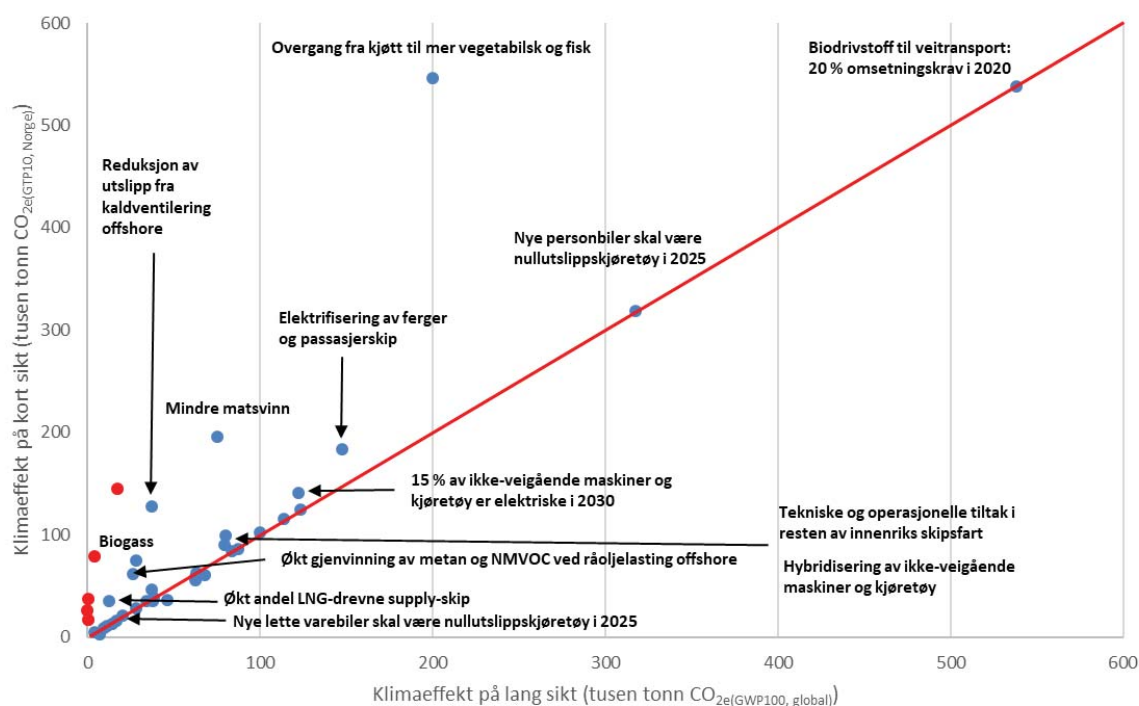
Vedfyringstiltakene *"Forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets"* og *"Bedret fyringsteknikk"* er også blant tiltakene som har en klimaeffekt på kort sikt over 50 000 tonn CO_{2e}(GTP10, Norge). Det skyldes reduksjoner i BC (oransje farge), metan (rød), CO (lys blå) og nmVOC (brun). De to tiltakene i olje- og gassektoren, *"Reduksjon av utslipp fra kald-ventilering offshore"* og *"Økt gjenvinning av metan og NMVOC ved råoljelasting offshore"* gir redusert klimaeffekt hovedsakelig på grunn av metanreduksjonene tiltakene medfører. I tillegg reduserer gjenvinningstiltaket også noe CO₂.

De to energikonverteringstiltakene, *"Energikonvertering i asfaltverk"* og *"Energikonvertering i næringsmiddelindustrien"* medfører økte utslipp av BC og SO₂. Det er fordi substitusjon av fossile brenslers med biobrenslers (for eksempel trepellets) gir høyere utslipp av disse komponentene slik tiltakene er utredet i denne analysen.

5.3 Klimaeffekt på kort og lang sikt av tiltakene

Figur 11 viser tiltakenes klimaeffekt på kort sikt (gjennomsnittlig årlige utslippsreduksjoner) slik de er beregnet i denne analysen (vertikal akse), mot tiltakenes klimaeffekt på lang sikt

(gjennomsnittlig årlige utslippsreduksjoner) (horizontal akse). Hvert tiltak er representert med en prikk. Klimagas tiltakene fra "Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid" (M-782/2017) er markert med blå prikker, mens vedfyringstiltakene er markert med røde prikker.



Figur 11: Klimaeffekt på lang sikt (x-akse) og kort sikt (y-akse) sikt av tiltak inkludert i "Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid" (M-782/2017) (blå prikker) og vedfyringstiltakene (røde prikker). Enhet: Tusen tonn $CO_{2e}(GWP100, global)$ (x-akse) og tusen tonn $CO_{2e}(GTP10, Norge)$ (y-akse). Kilde: Miljødirektoratet

Tiltak som primært reduserer CO_2 -utslipp ligger langs den røde linja. Det er fordi klimaeffekten både på kort og lang sikt regnes i CO_2 -ekvivalenter der CO_2 -utslipp i begge tilfeller vektet med en faktor på én. Selv om bruk av vekt faktorer er en etablert måte å beregne klimaeffekten av ulike komponenter på, betyr det ikke at den reelle klimaeffekten av CO_2 -utslipp er den samme på kort og lang sikt. Akseverdiene på aksene i figuren er derfor ikke sammenlignbare. Tiltakenes plassering langs begge akser påvirkes både av hvor store utslippene fra hvert enkelt segment er i referansebanen og av ambisjonsnivået for tiltaket.

Alle veitransporttiltakene ligger på eller svært nær den røde linja fordi de primært reduserer CO_2 . Flere av disse tiltakene har høy klimaeffekt både på kort og lang sikt. Det gjelder spesielt tiltak der dieselbruken reduseres. Tiltak som "Biodrivstoff til veitransport: 20 % omsetningskrav i 2020" og "Nye personbiler skal være nullutslippskjøretøy i 2025", finner vi derfor til høyre hjørne av figuren.

Over den røde linja finner vi tiltak som har høyere klimaeffekt på kort sikt enn på lang sikt. Det er spesielt "metantiltakene" som kommer bedre ut på kortsikt. Eksempler på slike tiltak er "Overgang fra kjøtt til mer vegetabilsk og fisk", "Mindre matsvinn", "Reduksjon av utslipp fra kaldventilering offshore", "Biogass fra husdyrgjødsel" og "Økt gjenvinning av metan og NMVOC ved råoljelasting offshore". Videre gjelder det transporttiltak som i tillegg til å redusere CO_2 også reduserer BC som "Elektrifisering av ferger og passasjerskip", "Økt andel

LNG-drevne supply-skip", Tekniske og operasjonelle tiltak i resten av innenriks skipsfart, "15 % av ikke-veigående maskiner og kjøretøy er elektriske i 2030" og "Hybridisering av ikke-veigående maskiner".

Under den røde linja finner vi tiltak som har lavere klimaeffekt på kort sikt enn på lang sikt. Eksempler på slike tiltak er *"Energikonvertering i asfaltverk", "Energikonvertering i næringsmiddelindustrien" og "Overføring av godstransport fra lastebil til jernbane og sjø"* (tiltakene er ikke navngitt i figur 11). I våre beregninger øker BC- utslippet dersom disse tiltakene gjennomføres og tiltakene vil således bidra til oppvarming.

5.3.1 Sammenligning av tiltakenes klimaeffekt på kort og lang sikt

De tiltakene som har høyest klimaeffekt på kort sikt (over eller lik 100 tusen tonn CO_{2e}(GTP10, Norge)) er:

1. Overgang fra kjøtt til mer vegetabilsk og fisk
2. Biodrivstoff til veitransport: 20 % omsetningskrav i 2020
3. Nye personbiler skal være nullutslippskjøretøy i 2025
4. Mindre matsvinn
5. Elektrifisering av ferger og passasjerskip
6. Forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets
7. 15 % av ikke-veigående maskiner og kjøretøy er elektriske i 2030
8. Reduksjon av utslipp fra kaldventilering offshore
9. Økt andel ladbare hybrid-personbiler
10. Persontransportveksten i byområdene skal tas med kollektivtransport, sykkel og gange
11. Nye tyngre varebiler skal være nullutslippskjøretøy i 2030
12. Tekniske og operasjonelle tiltak i resten av innenriks skipsfart

Tiltak med høyest klimaeffekt på lang sikt (over eller lik 100 tusen tonn CO_{2e}(GWP100, global)) er:

1. Biodrivstoff til veitransport: 20 % omsetningskrav i 2020
2. Nye personbiler skal være nullutslippskjøretøy i 2025
3. Overgang fra kjøtt til mer vegetabilsk og fisk
4. Elektrifisering av ferger og passasjerskip
5. Økt andel ladbare hybrid-personbiler
6. 15 % av ikke-veigående maskiner og kjøretøy er elektriske i 2030
7. Persontransportveksten i byområdene skal tas med kollektivtransport, sykkel og gange
8. Nye tyngre varebiler skal være nullutslippskjøretøy i 2030

Sammenligner vi vurderingen gjort for klimaeffekt på kort og lang sikt, ser vi at mange av tiltakene er de samme, men rangeres noe annerledes. Med ett unntak (Overgang fra kjøtt til mer vegetabilsk og fisk) er årsaken til at endringene er små at de største tiltakene er transporttiltak som i all hovedsak reduserer CO₂.

Tiltak som mindre matsvinn (metantiltak), redusert kaldventilering (metan- og nmVOC-tiltak) og forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets (BC- og metantiltak), vektlegges vesentlig høyere på kort sikt enn på lang sikt. Det er fordi metan- og spesielt BC-reduksjoner gir en betydelig høyere klimaeffekt på kort sikt enn på lang sikt.

De av tiltakene i analysen som har høy klimaeffekt både på kort og lang sikt er identisk med tiltakene som har høy klimaeffekt på lang sikt. Dette skyldes i dette tilfellet delvis at

utgangspunktet var et sett av tiltak som allerede var valgt ut basert på klimaeffekt på lang sikt og dels pga. den metodiske begrensningen som ligger i at tiltak som primært reduserer CO₂ vektet likt på kort og lang sikt.

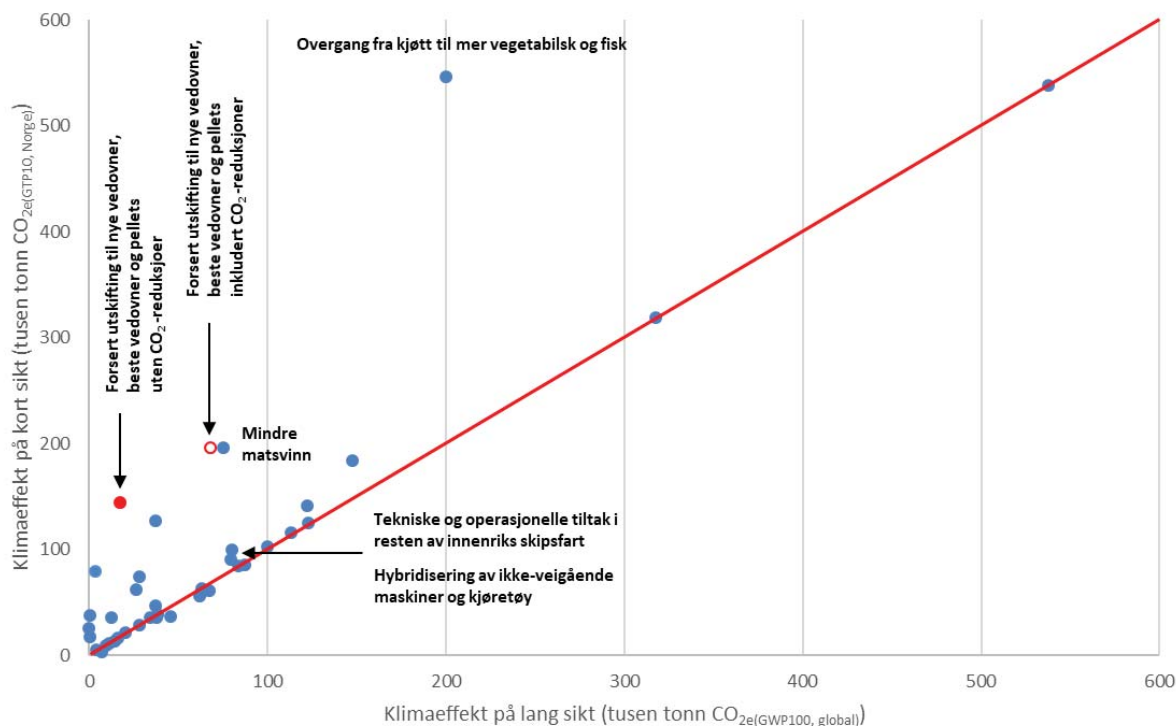
I en framtidig analyse vil det være mer interessant å vurdere klimaeffekt på kort sikt av ulike tiltak på lik linje med klimaeffekt på lang sikt slik at man kan løfte fram tiltak som har stor klimaeffekt på kort sikt, men ikke kommer "gjennom nåløyet" basert på måloppnåelse på lang sikt. På denne måten kan man sammenstille en tiltaksportefølje som gir vesentlige reduksjoner både på lang og kort sikt ved å velge tiltak som har høy klimaeffekt på kort sikt og/eller tiltak som har høy klimaeffekt både på kort og lang sikt i tillegg til tiltak som har høy klimaeffekt på lang sikt. Dette vil bidra både til å dempe temperaturøkningen og beholde det langsiktige perspektivet Parisavtalen gir.

5.3.2 Klimaeffekt på kort og lang sikt av vedfyringstiltak

I figur 11 representerer den røde prikken som ligger høyest oppe tiltaket *"Forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets"*. Figuren viser at tiltaket har relativt høy klimaeffekt på kort sikt. Det skyldes reduksjoner av metan, BC, CO og nmVOC. Tiltaket *"Forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets"* har imidlertid også en klimaeffekt på lang sikt som tilsvarer for eksempel klimagasstiltaket *"Nye lette varebiler skal være nullutslippskjøretøy i 2025"*. Årsaken til det er at vedfyringstiltaket reduserer betydelig mengder metan (rundt 700 tonn). Tiltaket *"Bedret fyringsteknikk - nyere vedovner"* er representert ved den røde prikken som ligger rett under *"Forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets"*. Dette tiltaket har klimaeffekt på lang sikt tilsvarende klimagasstiltaket *"30 % av nye motorsykler og mopeder er elektriske i 2030"*. De tre siste vedfyringstiltakene: *"Ettersyn og vedlikehold"*, *"Bedret trekkregulering"* og *"Elektrostatisk partikkelrensing"* har lavere klimaeffekt på kort sikt, og har liten til ingen klimaeffekt på lang sikt.

Det er første gang klimaeffekten på lang sikt av vedfyringstiltak er inkludert på lik linje med klimaeffekten av klimagasstiltak i våre analyser (figur 11). I *"Forslag til handlingsplan for å redusere kortlevde klimadrivere i Norge"* (M89/2013) vurderte vi klimaeffekten av vedfyringstiltakene både på kort og lang sikt, men da inkluderte vi alle klimadriverne i analysen av klimaeffekt på lang sikt, og ikke kun Kyotogassene. Vi konkluderte da med at vedfyringstiltak primært var helsetiltak på lang sikt. Beregningene viser nå at tiltakene *"Forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets"* og *"Bedret fyringsteknikk - nyere vedovner"* også har klimaeffekt på lang sikt. Vedfyringstiltakene vi har inkludert i herværende rapport er utredet på nytt og er således ikke identisk med tiltakene i handlingsplanen. Slik sett er det ikke unaturlig at resultatene av analysene avviker. I dette tilfellet er det imidlertid ikke kun utformingen av tiltakene men også definisjonen av klimaeffekt på lang sikt som er årsaken til at analysene gir forskjellig resultat. I handlingsplanen inkluderte vi både Kyotogassene og de kortlevde klimadriverne i definisjonen av klimaeffekt på lang sikt. Det førte til at vedfyringstiltakene medførte en liten oppvarming på lang sikt beregnet med GWP100, global. Ved nærmere ettertanke ble definisjonen av klimaeffekt på lang sikt endret til kun å omfatte Kyotogassene i tråd med hva som er vanlig å benytte i analyser av klimatiltak. Klimaeffekten på lang sikt av de nye vedfyringstiltakene, *"Forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets"* og *"Bedret fyringsteknikk - nyere vedovner"* blir således høyere både fordi disse tiltakene reduserer mer metan enn de tidligere tiltakene og fordi den oppvarmende effekten av reduserte utslipp av organisk karbon ikke er regnet med i beregning av klimaeffekt på lang sikt. Følsomhetsberegninger viser at tiltakene nå har en avkjølende effekt både på kort og lang sikt uavhengig av hvilken av de to definisjonen på klimaeffekt på lang sikt som benyttes.

Tiltaket "Forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets" reduserer CO₂ fordi det antas at vedforbruket reduseres når nyere og beste vedovner og pelletsovnene erstatter de gamle ovnene. CO₂ fra forbrenning av biobrensler regnes som karbonnøytralt i utslippsregnskapet i tråd med internasjonalt regelverk. Vi har derfor ikke tatt hensyn til CO₂-reduksjonene som vedfyringstiltakene medfører i hovedanalysen, men vi har utført en følsomhetsberegning for å synliggjøre hvilket utslag CO₂-reduksjonene gjør på klimaeffekt på kort og lang sikt dersom de hadde vært regnet med.



Figur 12: Følsomhetsberegning med og uten CO₂-reduksjoner av tiltaket "Forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets". Klimaeffekt på lang sikt (x-akse) og kort sikt (y-akse) sikt av tiltak inkludert i "Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid" (M-782/2017) (blå prikker) og vedfyringstiltakene (røde prikker). Den røde sirkelen viser plassering av dette vedfyringstiltaket dersom vi inkluderer CO₂ i beregningene. Enhet: Tusen tonn CO_{2e}(GWP100, global) (x-akse) og tusen tonn CO_{2e}(GTP10, Norge) (y-akse). Kilde: Miljødirektoratet

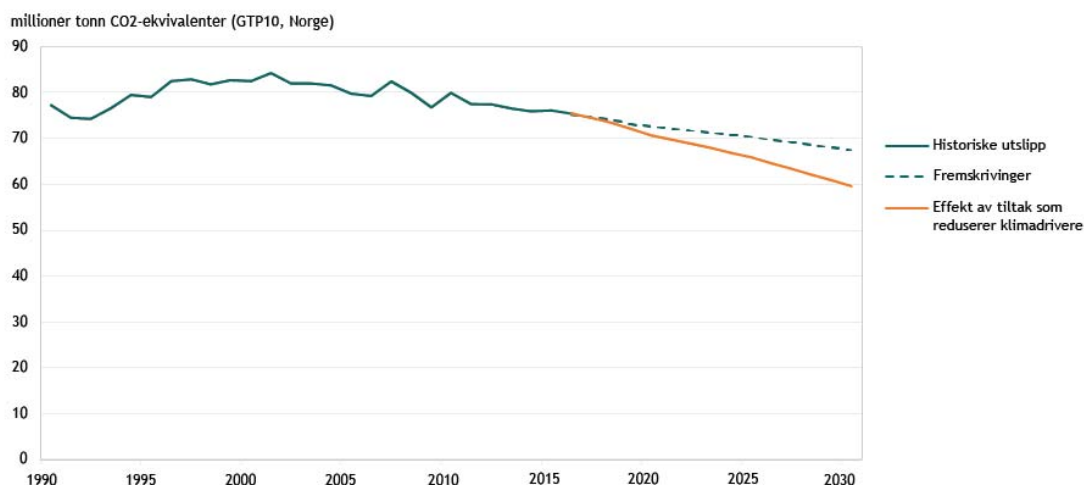
Figur 12 viser plassering av vedfyringstiltaket "Forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets" uten CO₂-reduksjoner (rød prikk) og med CO₂-reduksjoner (rød sirkel). Tiltaket endrer seg med om lag 50 tusen tonn CO₂-ekvivalenter på begge akser dersom vi regner med CO₂-reduksjonene tiltaket gir. Klimaeffekten på kort sikt tilsvarer da klimaeffekten av tiltaket "Mindre matsvinn". Det er kun tiltaket "Overgang fra Kjøtt til mer vegetabilsk og fisk" som gir høyere klimaeffekt på kort sikt. På lang sikt er klimaeffekten av tiltaket i samme størrelsesorden som tiltakene "Mindre matsvinn", "Tekniske og operasjonelle tiltak i resten av innenriks skipsfart" og "Hybridisering av ikke-veigående maskiner og kjøretøy".

6. Samlet reduksjonspotensial av tiltakene

I dette kapitlet beskriver vi det samlede reduksjonspotensialet av tiltakene som er inkludert i analysen i forhold til referansebanen. Reduksjonene er beskrevet både med hensyn på klimaeffekt på kort sikt og med hensyn på reduksjoner i tonn av svart karbon og metan.

6.1 Samlet klimaeffekt på kort sikt

Figur 13 viser hvor mye tiltakene i denne analysen reduserer klimaeffekten på kort sikt i forhold til framskrivingen (stiplet) i referansebanen (grønn farge). Reduksjonen for klimagasstiltakene og vedfyringstiltakene i hovedanalysen er framstilt samlet (oransje farge). Reduksjonen i klimaeffekt på kort sikt for tiltakene samlet er i 2030 på rundt 12 prosent. Vedfyringstiltakene bidrar ca. 1 prosent.



Figur 13: Klimaeffekt på kort sikt av klimagasstiltakene i "Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 – norsk omstilling i europeisk samarbeid" (M-782/2017) og vedfyringstiltaken. Enhet: Millioner tonn $CO_{2e}(GTP10, Norge)$. Kilde: Miljødirektoratet

6.2 Utslippsreduksjoner av svart karbon og metan

Arktisk råd vedtok i 2017 et kollektivt mål om å redusere utslippene av svart karbon med 25 - 33 prosent i 2025 sammenlignet med 2013. De oppfordret samtidig landene til å redusere utslipp av metan. Målet er frivillig og landene har ingen nasjonale utslippsforpliktelser knyttet til målet.

I dette kapittelet framstiller vi utslipp i referansebanen og utslippsreduksjoner av BC og metan som følger av tiltakene beskrevet i kapittel 4.

6.2.1 Svart karbon

Tabell 3 viser utslipp av svart karbon i referansebanen og utslippsreduksjoner etter ytterligere tiltak omtalt i denne analysen. Utslippsreduksjonen for svart karbon som følge av tiltak utover referansebanen er også fordelt på sektorene. Reduksjonen av BC i referansebanen er på 28 prosent i 2025 sammenlignet med 2013-nivå. Dersom tiltakene i denne analysen gjennomføres viser våre beregninger at BC-reduksjonene vil øke til 33 prosent over perioden 2013-2025. I året 2025 er reduksjonen på 7 prosent i forhold til referansebanen.

Tabell 3: Utslipp av BC i referansebanen og utslippsreduksjoner etter ytterligere tiltak. Enhet: Tonn BC													
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Framskrivninger av BC i referansebanen	3741	3396	3274	3199	3124	3048	2973	2897	2858	2818	2778	2738	2698
Framskrivninger etter tiltak					3122	3047	2961	2874	2802	2727	2652	2575	2509
Utslippsreduksjoner av BC utover referansebanen					1	1	12	23	56	90	126	163	189
<i>Industri og bergverk</i>					0	-2	-3	-4	-4	-5	-6	-7	-8
<i>Oppvarming i husholdninger</i>					0	0	10	21	32	44	57	70	83
<i>Veitrafikk</i>					1	3	6	5	7	11	16	22	16
<i>Luftfart, sjøfart, fiske motorredskaper m.m.</i>					0	-1	-1	1	20	40	59	79	98
Prosentvis reduksjon av BC i 2025 ifht referansebanen													7 %

Vi ser av tabell 3 at det er tiltak i sektorene "Luftfart, sjøfart, fiske motorredskaper m.m. og Oppvarming i husholdningene" som fører til de største utslippsreduksjonene av BC. Analysen viser at det er tiltaket "Forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets" som bidrar med de største reduksjonene av BC-utslipp, etterfulgt av "Elektrifisering av ferger og passasjerskip". Andre tiltak som gir større (over 10 tonn) reduksjoner i BC-utslipp er i prioritert rekkefølge: "LNG til supply-skip", "Tekniske og operasjonelle tiltak i resten av innenriks skipsfart", "Bedret fyringsteknikk" og "Elektrostatisk partikkelrensing", "Ettersyn og vedlikehold".

Negative tall betyr at vi har beregnet en økning i BC-utslippene. Tiltakene "Energikonvertering i asfaltverk" og "Energikonvertering i næringsmiddelindustrien" som ligger i sektoren "Industri og Bergverk" samt "Overføring av gods fra vei til sjø og bane" i sektoren "Luftfart, sjøfart, fiske motorredskaper m.m." gir ifølge våre beregninger økte BC-utslipp. Økningen i utslipp av BC ved tiltakene "Energikonvertering i asfaltverk" og "Energikonvertering i næringsmiddelindustrien" skyldes at substitusjon av fossile brenslere med bioenergi (for eksempel trepellets) gir høyere BC-utslipp. Tiltaket "Overføring av gods fra vei til sjø og bane" øker BC-utslippene fordi skipene slipper ut mer BC enn lastebilene ifølge våre beregninger.

6.2.2 Metan

Tabell 4 viser utslipp av metan i referansebanen og utslippsreduksjoner etter ytterligere tiltak omtalt i denne analysen. Reduksjonen av metan i referansebanen er på 9 prosent i 2025 sammenlignet med 2013-nivå. Dersom tiltakene i denne analysen gjennomføres viser våre beregninger at metan-reduksjonene vil øke til 16 prosent over denne perioden. I året 2025 er reduksjonen på 8 prosent i forhold til referansebanen.

Tabell 4: Utslipp av metan i referansebanen og utslippsreduksjoner etter ytterligere tiltak.
Enhet: Tonn CH₄

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Framskrivninger av metan i referansebanen	209756	212732	207691	205441	203190	200940	198689	196439	195036	193658	192281	190904	190620
Framskrivninger etter tiltak					203196	200954	198283	191261	187964	184676	181384	178077	175856
Utslippsreduksjoner av metan utover referansebanen					-6	-14	406	5178	7072	8982	10897	12827	14764
<i>Olje- og gass</i>					0	0	288	699	1 110	1 522	1 934	2 345	2 756
<i>Oppvarming i husholdninger</i>					0	0	139	285	440	602	772	948	1 132
<i>Veitrafikk</i>					3	5	9	15	19	30	41	56	80
<i>Luftfart, sjøfart, fiske motorredskaper m.m.</i>					-9	-19	-30	-34	-35	-36	-39	-38	-46
<i>Jordbruk</i>					0	0	0	4 213	5 538	6 864	8 189	9 516	10 842
Prosentvis reduksjon av metan i 2025 ifht referansebanen													8 %

Vi ser av tabell 4 at det er tiltak i sektorene "Jordbruk" som gir de største utslippsreduksjonene av metan. Analysen viser at det er tiltaket "Overgang fra kjøtt til vegetabilsk og fisk" som bidrar med de største utslippsreduksjonene etterfulgt av "Redusert matsvinn". Andre tiltak som gir større (over 500 tonn) reduksjoner i metanutslipp er i prioritert rekkefølge: "Reduksjon av utslipp fra kaldventilering offshore", "Biogass fra husdyrgjødsel", "Forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets" og "Økt gjenvinning av metan og NMVOC ved råoljelasting offshore".

I sektoren "Luftfart, sjøfart, fiske motorredskaper m.m." fører tiltaket "Overføring av gods til sjø og bane" til en økning i metanutslippet gjennom hele perioden 2013-2025. Denne økningen skyldes at en høyere aktivitet til sjøs medfører en større økning i metanutslippet enn den metanreduksjonen som oppnås fra veitransport. Dette er fordi skip har langt høyere metanutslipp per liter drivstoff enn kjøretøy.

7. Helseeffekter

Helseeffektene av klimatiltakene i "Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid" (M-782/2017) er dokumentert i "Klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter av klimatiltak" (M-1006/2018). I herværende rapport er helse-effekten av vedfyringstiltakene inkludert i tillegg.

7.1 Helseeffekter av redusert lokal luftforurensning

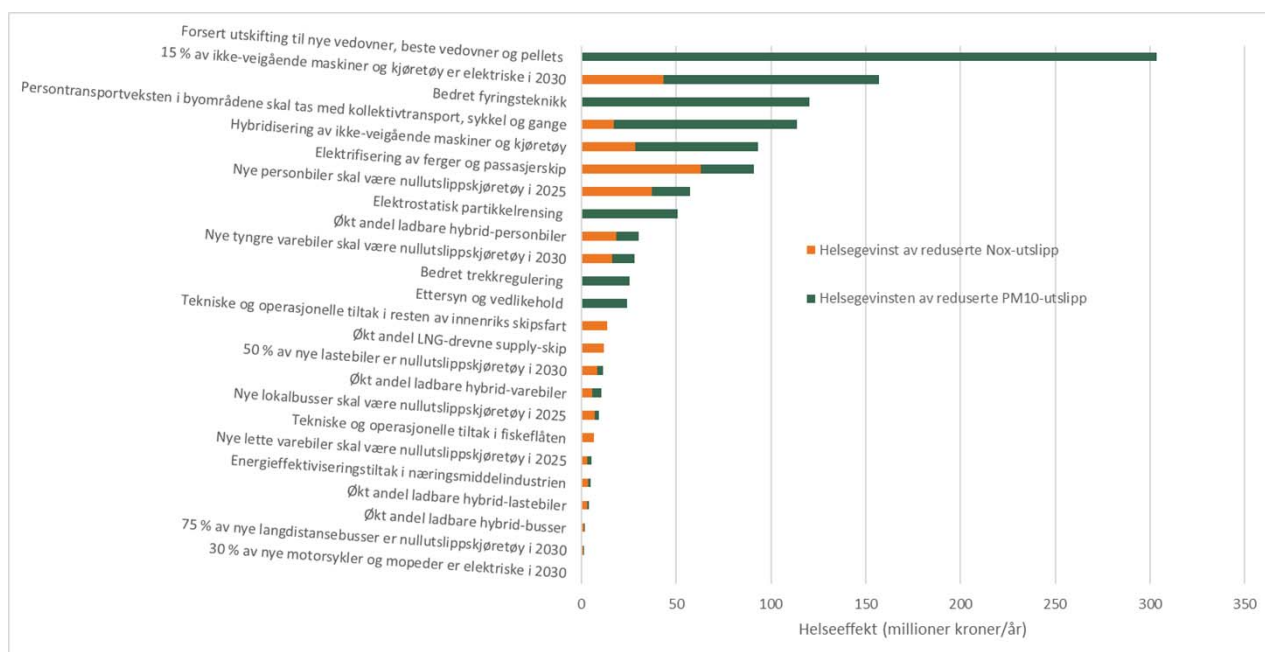
Utslipp av luftforurensningskomponenter som svevestøv/partikler (PM) og nitrogenoksider (NO_x) kan påvirke befolkningens helse ved å føre til utvikling av sykdom, forverre sykdom og forkorte levetiden. Det er utarbeidet nasjonale verdsettingsanslag som skal uttrykke skadekostnader knyttet til utslipp av partikler og NO_x, herunder fra Statens Vegvesens håndbøker om konsekvensanalyser³¹, og Vista Analyses rapport om marginale eksterne kostnader for ulike miljøpåvirkninger til Grønn skattekommisjon³². Helseeffekten i dette kapittelet er beregnet ut fra hvor mye NO_x og PM₁₀ tiltakene reduserer. Verdien av utslippsreduksjoner av PM₁₀ og NO_x er definert etter antagelse om befolkningstettheten der tiltaket er antatt å ha effekt (se vedlegg 6 og 7).

I figur 14 vises gjennomsnittlig årlig helsegevinst per tiltak over perioden 2017-2030 for alle de 24 tiltakene som ifølge beregningene har helsegevinst som følge av reduserte NO_x- og partikkelutslipp. Som det framgår av figuren er det vedfyringstiltaket, *"Forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets"* som gir den desidert største helsegevinsten. . Gjennomsnittlig årlig helsegevinst er beregnet til rundt 300 millioner kroner. Dette er fordi tiltaket reduserer store mengder PM₁₀ (i gjennomsnitt rundt 800 tonn per år). Videre ser vi at alle tiltak bortsett fra vedfyringstiltakene og *"energieffektivisering i næringsmiddelindustrien"* ligger i transportsektoren. En mer detaljert analyse viser at det er de tiltakene som reduserer dieselbruken til fordel for elektriske løsninger eller hybridteknologi som er best for helsa. Det tiltaket som ifølge våre beregninger gir nest størst helsegevinst er *"anleggsmaskintiltaket"*, *"15 % av ikke-veigående maskiner og kjøretøy er elektriske i 2030"*. Deretter følger *"Bedret fyringsteknikk"*, *"Persontransportveksten i byområdene skal tas med kollektivtransport, sykkel og gange"*, *"Hybridisering av ikke-veigående maskiner og kjøretøy"*, *"Elektrifisering av ferger og passasjerskip"* og *"Nye personbiler skal være nullutslippskjøretøy i 2025"*.

Slik tiltakene er utredet reduserer alle tiltakene i figur 14 både PM₁₀ og NO_x bortsett fra *"Bedret fyringsteknikk"*, *"Elektrostatisk partikkelrensing"*, *"Bedret trekkregulering"*, *"Ettersyn og vedlikehold"* og *"30 % av nye motorsykler og mopeder er elektriske i 2030"*. Alle vedfyringstiltakene reduserer PM₁₀, men det er kun *"Forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets"* som er antatt også å redusere mindre mengder NO_x. Tiltaket *"30 % av nye motorsykler og mopeder er elektriske i 2030"* reduserer kun NO_x dette skyldes manglende utslippsfaktorer for partikler. Grunnen til at tiltakene *"Tekniske og operasjonelle tiltak i resten av innenriks skipsfart"*, *"Økt andel LNG-drevne supply-skip"* og *"Tekniske og operasjonelle tiltak i fiskeflåten"* ikke medfører noen helsegevinst fra reduserte partikkelutslipp er at disse reduksjonene har blitt verdsatt med 0 kr/kg PM₁₀ (se vedlegg 7).

³¹ Statens Vegvesen (2014 og 2018). Konsekvensanalyser, Håndbok V712. Statens Vegvesen.

³² Vista Analyse (2015). Karin Ibenholt, Kristin Magnussen, Ståle Navrud og John Magne Skjelvik: «Marginale eksterne kostnader ved enkelte miljøpåvirkninger», Vista Analyse rapport 2015/19. Vista Analyse.

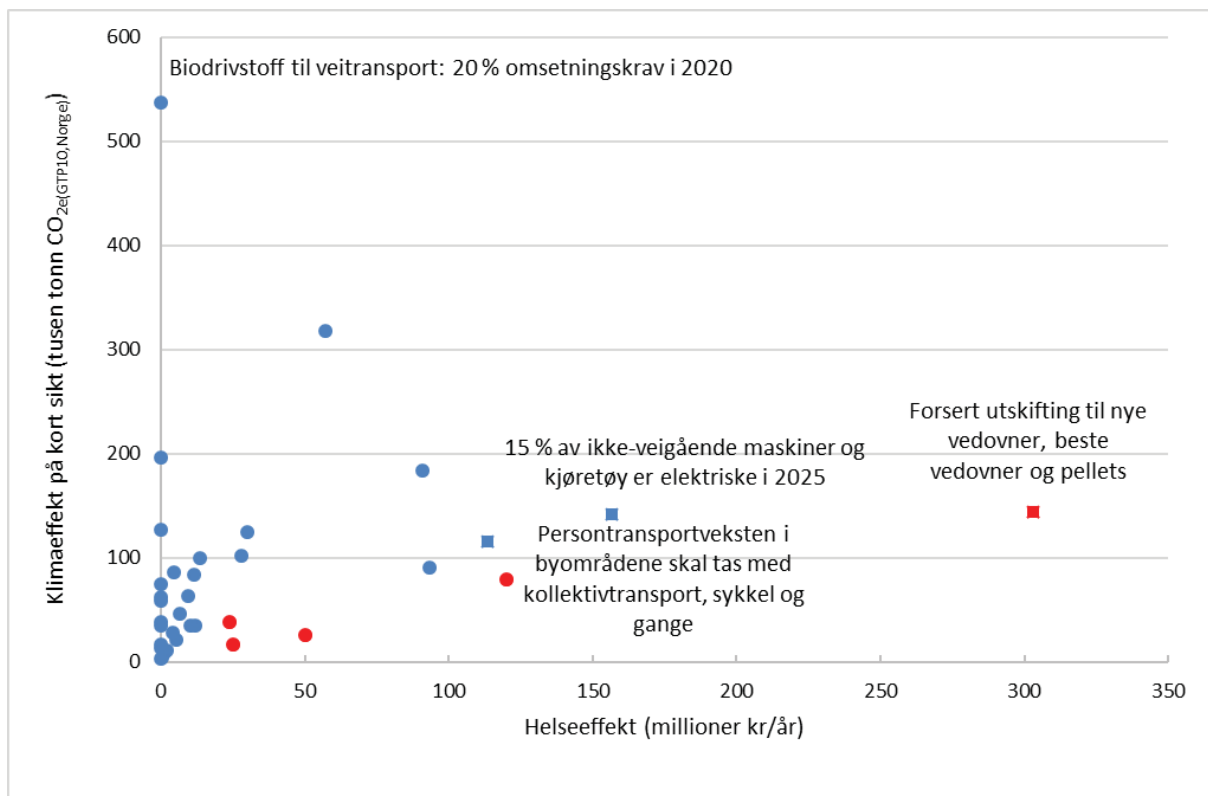


Figur 14: Gjennomsnittlig årlig helsegevinst per tiltak over perioden 2017-2030 for alle tiltak som i følge beregningene har helsegevinst som følge av reduserte PM_{10} - og NO_x -utslipp. Enhet: Millioner 2014-kroner per år (ikke neddiskontert). Kilde: Miljødirektoratet

Den samlede gjennomsnittlige helsegevinsten per år er beregnet å være på rundt 1,3 milliarder kroner (ikke-neddiskonterte størrelser).

Tiltak som innebærer overgang fra fossile brenslers til faste biobrenslers og overføring av gods fra vei til sjø og bane er beregnet å gi noe økt helsebelastning (ikke vist i figur 14).

Energikonverteringstiltakene øker både partikkel og NO_x utslippet noe, mens overføring av gods fra vei til sjø og bane gir en minimal økning i NO_x utslipp. Den samlede helsegevinsten ville således vært noe høyere (rundt 20 millioner kroner gjennomsnittlig per år høyere) dersom disse tiltakene ikke var inkludert.



Figur 15: Helseeffekt som følge av reduserte utslipp av NO_x og PM_{10} (x-akse) og klimaeffekt på kort sikt (y-akse) av tiltakene i tiltak inkludert i denne analysen. Tiltakene i "Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid" (M-782/2017) er markert i blått og vedfyringstiltakene i rødt. Helse- og klimaeffekten er beregnet for gjennomsnittlige utslippsreduksjoner i perioden 2017-2030. Enhet x-akse: Millioner kroner per år (ikke neddiskontert). Enhet y-akse: Tusen tonn $\text{CO}_{2e}(\text{GTP}_{10}, \text{Norge})$. Kilde: Miljødirektoratet.

Figur 15 viser beregnet helsegevinst av tiltakene på x-aksen og klimaeffekt på kort sikt på y-aksen. Tiltakene i "Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid" (M-782/2017) er markert i blått og vedfyringstiltakene er markert i rødt.

Tre av tiltakene gir ifølge beregningene en helseeffekt på over 100 millioner kroner/år og klimaeffekt på kort sikt over 100 tusen tonn $\text{CO}_{2e}(\text{GTP}_{10}, \text{Norge})$. Disse tiltakene er markert med firkanter. Det gjelder tiltakene: "Forsert utskifting til nye vedovner, beste vedovner og pellets", "15 % av ikke-veigående maskiner og kjøretøy er elektriske i 2025" og "Persontransportveksten i byområdene skal tas med kollektivtransport, sykkel og gange".

Biodrivstofftiltakene får som vi ser av figur 15 ingen helseeffekt i vår analyse fordi kunnskapsgrunnlaget er for dårlig til å kunne anslå endringer i partikler og NO_x ved overgang fra diesel og bensin til biodrivstoff.

Det må understrekes at usikkerheten knyttet til beregninger av helsegevinster er stor, og kan variere til dels betydelig med verdsettelsesfaktorene som legges til grunn. Vi viser til rapporten "Klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter av klimatiltak" (M-1006/2018) for følsomhetsberegninger knyttet til beregning av helsegevinster fra lokal luftforurensning.

7.2 Helseeffekter av endret kosthold

Tiltaket *"Overgang fra kjøtt til mer vegetabilsk og fisk"* går ut på å legge om kostholdet slik at hver person spiser mindre kjøtt og mer vegetabilske produkter og fisk hvert år. Tiltaket er utredet av Nibio³³ og nærmere beskrevet i *"Klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter av klimatiltak" (M-1006/2018)*³⁴. Nibio har i beregningen av den samfunnsøkonomiske tiltakskostnaden beregnet den samfunnsøkonomiske verdien av helseeffekter ved overgang fra kjøtt til mer vegetabilsk i kostholdet slik at kostrådene³⁵ følges i 2050. Det er ikke beregnet helsegevinst av å øke inntaket av fisk. Nibio har tatt utgangspunkt i beregninger gjort av Helsedirektoratet³⁶.

Beregningene av helseeffekter som følge av endret forbruk i tråd med kostrådene viser at den totale helsegevinsten for tiltaket i 2030 er på rundt 3,4 milliarder kroner. Den største andelen av helsegevinsten skyldes redusert forbruk av bearbeidet og rødt kjøtt (2 860 millioner kroner). Beregnet gjennomsnittlig helsegevinst per år i årene 2017-2030 er ca. 1,8 milliarder kroner (ikke-neddiskonterte størrelser).

³³ Klimatiltak i jordbruk og matsektoren. Kostnadsanalyse av fire tiltak. Nibio rapport, Vol. 3, nr. 85, 2017.

<https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2452538>

³⁴ M-1006, Klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter av klimatiltak

³⁵ <https://helsedirektoratet.no/Lists/Publikasjoner/Attachments/1014/Helsedirektoratets%20kostråd%20IS-2377.pdf>

³⁶ Samfunnsgevinster av å følge Helsedirektoratets kostråd, Helsedirektoratet rapport 03/2016

Vedlegg

Vedlegg 1 – Vektfaktorer for analysen

Tabell V1: Vektfaktorer benyttet i denne analysen er vist i tabellene nedenfor.



GTP₁₀, Norge

CH ₄	86
CO ₂	1
N ₂ O	279
NM VOC	14
C ₂ F ₆	8040
C ₃ F ₈	5890
CF ₄	4850
CO	9
HFK-125	6700
HFK-23	11354
HFK-32	3180
HFK-134a	4470
HFK-134	4231
HFK-143a	5903
HFK-143	1682
HFK-152a	514
HFK-227ea	5508
NO _x	-28
OC	-62
BC	2700
SF ₆	15144
SO ₂	-74

GWP₁₀₀, Global

CH ₄	25
CO ₂	1
N ₂ O	298
C ₂ F ₆	12200
C ₃ F ₈	8830
CF ₄	7390
HFK-125	3500
HFK-23	14800
HFK-32	675
HFK-134a	1430
HFK-134	1100
HFK-143a	4470
HFK-143	353
HFK-152a	124
HFK-227ea	3220
SF ₆	22800

Vedlegg 2 – Oversikt over klimatiltak

Tabell V2: Klimatiltak inkludert i herværende analyse

1	Persontransportveksten i byområdene skal tas med kollektivtransport, sykkel og gange
2	Overføring av gods fra vei til sjø og bane
3	Nye personbiler skal være nullutslippskjøretøy i 2025
4	Nye lette varebiler skal være nullutslippskjøretøy i 2025
5	Nye lokalbusser skal være nullutslippskjøretøy i 2025
6	Nye tyngre varebiler skal være nullutslippskjøretøy i 2030
7	50 % av nye lastebiler er nullutslippskjøretøy i 2030
8	75 % av nye langdistansebusser er nullutslippskjøretøy i 2030
9	Biodrivstoff til veitransport: 20 % omsetningskrav i 2020
10	Omsetningskrav for biodrivstoff i ikke-kvotepliktig innenriks luftfart
11	Økt andel ladbare hybrid-personbiler
12	Økt andel ladbare hybrid-varebiler
13	Økt andel ladbare hybrid-lastebiler
14	Økt andel ladbare hybrid-busser
15	30 % av nye motorsykler og mopeder er elektriske i 2030
16	15 % av ikke-veigående maskiner og kjøretøy er elektriske i 2030
17	Hybridisering av ikke-veigående maskiner og kjøretøy
18	Elektrifisering av ferger og passasjerskip
19	Økt andel LNG-drevne supply-skip
20	Tekniske og operasjonelle tiltak i fiskeflåten
21	Tekniske og operasjonelle tiltak i resten av innenriks skipsfart
22	Mindre matsvinn
23	Biogass fra husdyrgjødsel
24	Stans i nydyrking av myr
25	Overgang fra kjøtt til mer vegetabilsk og fisk
26	Bedre tilpasset bruk av gjødsel
27	Brukte tekstiler til materialgjenvinning
28	Økt andel trekull i silisiumkarbidindustrien
29	Energieffektiviseringstiltak i næringsmiddelindustrien
30	Energikonvertering i næringsmiddelindustrien
31	Reduserte lystgassutslipp fra fullgjødselproduksjon
32	Energikonvertering i asfaltverk
33	Økt gjenvinning av metan og NMVOC ved råoljelasting offshore
34	Reduksjon av utslipp fra kaldventilering offshore

Vedlegg 3 – Oversikt over tiltak fra "Forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere"

Tabell V3: Oversikt over tiltakene fra "Forsalg til handlingsplan for norske utslipp av kortlevde klimadrivere" (M89/2013)

1	Redusert spill av mat
2	Forsert utskifting til nye ovner og pelletskaminer
3	Energieffektivisering i deler av industrien
4	Overgang fra rødt kjøtt til hvitt kjøtt
5	Bedre fyringsteknikk, ettersyn og vedlikehold
6	Redusere fyllingsbehovet og benytte HFK med lav klimaeffekt
7	Ettermontering partikkelfilter (DPF) anleggsmaskiner
8	Økt gjenvinning av nmVOC og metan ved råoljelasting offshore
9	Ettermontering og innfasing DPF kystskip
10	Ettermontering og innfasing DPF fiskebåter
11	Oppfølging av lekkasjekontroll og oppsamling av HFK
12	Innfasing og ettermontering DPF mobile rigger
13	Ombygging til Freilandprosess i silisiumkarbid-industrien
14	Ettermontering DPF lette kjøretøy
15	Innfasing av biogass til buss fra husdyrgjødsel
16	Ettermontering DPF traktorer
17	Innfasing av biogass til buss fra våtorganisk avfall
18	Ettermontering DPF tunge kjøretøy

Vedlegg 4 – Rapport fra fagmøte om reduksjon av svart karbon fra mobile kilder

Rapport fra fagmøte i Miljødirektoratet 14. desember 2017: Reduksjon av svart karbon fra mobile kilder

Bakteppet for møtet er bl. a. at det i Arktisk råd er satt et kollektivt mål om reduksjon av svart karbon (BC)³⁷. Miljødirektoratet laget i 2013 et forslag til handlingsplan for norske utslipp av kortlevede klimadrivere³⁸. Videre har direktoratet utført arbeid med å identifisere klimatiltak mot 2030, og har påvist at flere av tiltakene også vil ha en effekt på BC³⁹. For å oppnå en reduksjon av BC utslippet i tilstrekkelig grad er det imidlertid synliggjort at det vil være behov for målrettede BC-tiltak. Målrettede tiltak som har blitt vurdert i handlingsplanen er ettermontering av partikkelfilter på ulike mobile kilder. Miljødirektoratet ønsket nå en kunnskapsoppdatering for å besvare deler av en bestilling fra Klima- og miljødepartementet og går ut på å vurdere om ettermontering av dieselpartikkelfilter (DPF) på eksisterende mobile kilder fortsatt er et relevant tiltak med tanke på reduksjon av BC.

Kildene i fokus er anleggsmaskiner, kystskip, fiskebåter, mobile rigger, lette kjøretøy, traktorer og tunge kjøretøy som til sammen sto for rundt 40% av BC utslippene i Norge i 2015. Programmet for møtet og deltakerlista er vedlagt.

Kystskip og mobile rigger: NO_x-fondet v/ Tommy Johnsen

NO_x-fondet jobber med de middels store skipene, typisk fra 750 kW til 20 MW motorstørrelse, som er NO_x-avgiftspliktige. De minste skipene er ikke avgiftspliktige, mens de største skipene er skip i internasjonal trafikk, som ikke går fra havn til havn i Norge og derfor heller ikke er dekket av norsk regelverk.

Utslippsreducerende tiltak generelt er NO_x-fondets kompetanse, og de jobber ikke spesifikt med BC. Kunnskapen fra deres arbeid kan likevel ha overføringsverdi for BC, fordi det er dieselmotoren som er i sentrum av arbeidet. I motsetning til det som var nevnt innledningsvis at det trengs målrettede tiltak, er erfaringen til NO_x-fondet at det stort sett er flere tiltak som må til for å treffe et bredere spekter av utslippene. Tiltak som adresserer flere utslippskomponenter samtidig vil også være å foretrekke der det er mulig. Aktuelle tiltak som er i fokus er:

- 1) Omlegging til gass. Gir 99 % reduksjon av partikler.
- 2) Elektrifisering. Reduksjon av utslipp kommer an på graden av elektrifiseringen.

³⁷ <https://oaarchive.arctic-council.org/handle/11374/610>

³⁸ <http://www.miljodirektoratet.no/no/Publikasjoner/2014/September-2014/Forslag-til-handlingsplan-for-norske-utslipp-av-kortlevde-klimadrivere/>

³⁹ <http://www.miljodirektoratet.no/no/Publikasjoner/2015/Desember-2105/Klimatiltak-mot-2030---klimaeffekt-pa-kort-sikt-og-helseeffekter/>

- 3) Batterier. Jevner ut lasten på motoren og vil kunne gi 10- 50 % reduksjon av partikkelutslippene.
- 4) Selective Catalytic Reduction (SCR). Gir først og fremst reduksjon for NO_x og noe på hydrokarboner (HC).
- 5) DPF. Risiko for økt drivstoff-forbruk og mer CO₂, og også mer NO_x, i den grad DPF fortrenger NO_x-reduserende tiltak.

Utfordringer med DPF er blant annet at det ikke er plass for ettermontering. Derfor kommer DPF også i plasskonflikt med annet mulig rensesystem. Videre er det få produkt- og serviceleverandører som vil kunne utvikle et marint produkt med tilhørende tjenester over det tidsperspektivet som trengs. DPF forventes å ha en rask degradering på marine fartøy som har en levetid på minst 30 år og det er få kontrollmuligheter for å sjekke tilstanden til filteret. Marint drivstoff (MGO) er vurdert til å være et problem fordi svovelinnholdet er høyere (<1000 ppm) enn diesel brukt for landtransport (<10ppm). Det forventes at drivstoffet vil bidra til kortere levetid på filtrene på skip enn for eksempel for biler. Erfaringer fra landbaserte motorer er altså ikke nødvendigvis overførbare til skip og rigger. Ellers er det også andre praktiske forhold knyttet til drift og vedlikehold som gjør at det blir sett på som en utfordring. Kostnader: 0.5-1 mill./MW (De fleste skipene er mellom 1 og 10 MW).

Konklusjon: Man bør heller jobbe med mer helhetlige tiltak for å få redusert alle utslippene fremfor en renseteknologi som er vurdert til å ikke være så godt egnet for dette segmentet. Bedre alternativer enn DPF er omlegging til gass og hybride løsninger med en grad av elektrifisering.

Lette og tunge kjøretøy: TØI v/Rolf Hagman

Lette og tunge kjøretøy er den kildegruppen der vi har mest kunnskap om de reelle utslippene og som har hatt streng regulering i lang tid. Utslippene av partikler har gått kraftig ned pr. kjørte kilometer. Fabrikkmonterte DPF har gitt god effekt på partikkelutslippene for lette og tunge dieselskjøretøy både når det gjelder masse og antall partikler. En uheldig effekt av DPF er at man øker andelen NO₂ av det totale NO_x utslippet pga. forhold knyttet til den kjemiske prosessen i filteret og brenn-temperaturen.

Med dagens bilpark vil det kun være få lette dieslbiler der ettermontering av partikkelfilter vil kunne være aktuelt i Norge (ettersom dieslbiler i Euroklasse 5 har fabrikkmonterte partikkelfilter). Dette gjelder modeller i Euroklasse 4 der det i en overgangsperiode mot Euro 5 var valgfritt om man ønsket partikkelfilter eller ikke. Bensinbiler med direkteinnsprøytning viser igjen noe økte utslipp av partikler, som er en trend som må overvåkes fremover.

Utskiftingstakten for tunge lastebiler er høy (over 60 % av kjørte km er gjort av biler yngre enn 4 år) og det er derfor ikke et aktuelt tiltak med ettermontering av partikkelfilter i Norge for denne gruppen kjøretøy. For busser kan det derimot kunne være et aktuelt tiltak. Ved å ettermontere nytt rensesystem inkludert partikkelfilter, vil eldre busser fortsatt kunne være i drift også der det legges ned krav om Euro VI busser. En slik ettermontering er relativt omfattende da det kreves mye reguleringsteknikk i alle ledd for at rensesystemet skal fungere. Det er her altså ikke snakk om bare å sette inn et partikkelfilter. Kostnaden pr. buss er på rundt 260 000 kr.

Konklusjon: Busser kan kanskje ha nytte av tiltak om ettermontering av rensesystem. Det er muligens også aktuelt for noen personbiler.

Fiskebåter og traktorer: Rambøll v/Heidi Ødegård Berg

Rambøll har laget en rapport om alternativ teknologi på traktorer. Siemens, Nelfo, Elektroforeningen og Bellona har gjort en mulighetsstudie om elektrifisering av flåten av

fiskebåter^{40,41}. På grunnlag av disse arbeidene er Rambølls vurdering at ettermontering av partikkelfilter på fiskebåter og traktorer kan være et aktuelt tiltak for reduksjon av BC.

Fiskebåter: Den norske kystfiskeflåten er på ca. 3000 båter. De har et relativt likt driftsmønster og egner seg godt for elektrifisering. Men det er få fiskebåter som har elektrisk motor i dag. Alderen på båtene er 30 år i snitt, slik at flere er klare for utskifting. Det finnes hybride løsninger tilgjengelig som vil kunne halvere drivstofforbruket. En slik løsning vil derimot kreve landstrøm. Det er 550 fiskebåthavner og 30-50 av disse er estimert til å kunne ha landstrøm om kort tid. Dette er vurdert til å være et veldig optimistisk anslag for havner med landstrøm. Det vil uansett bety at de fleste båtene ikke vil ha tilgang til strøm. Det er derfor vurdert til at ettermontering fortsatt vil kunne være et mulig tiltak.

Som nevnt er alderen høy, og flere fiskebåter vil bli erstattet i årene som kommer. Det bygges også for øyeblikket mange nye fiskebåter som en følge av høy alder og ledig verftskapasitet som nedgangstider i petroleumsrelaterte næringer. Spørsmålet om ettermontering er aktuelt må da også vurderes opp mot hvilken utslippsreduksjon nyere motorer kan gi. Det er stor uvisshet om hvilken utslippsfaktor man eventuelt kan forvente for BC fra disse.

Traktorer: Elektrifiseringen av biler har gått veldig raskt, men teknologien er i liten grad implementert for traktorer. Det finnes løsninger for de lettere traktorene. Det er anslått at 4-tonns traktorer eller lettere (<56W) er aktuelle for batteriteknologi i dag. For de tyngre traktorene trengs det mer teknologiutvikling før elektrifisering kan bli aktuelt. I tillegg til selve kjøretøYTEKNOLOGIEN trengs det også infrastruktur for lading. Flere steder vil det kunne kreve nytt nett. Ettermontering vil derfor kunne være relevant i enkelte tilfeller.

Konklusjon: DPF kan være et tiltak for fiskebåter, men det er kanskje mer å hente på bedre teknologi på nye båter da mange gamle båter uansett skiftes ut nå og i årene framover. For de større traktorene vil ettermontering av partikkelfilter være relevant i enkelte tilfeller.

Anleggsmaskiner: MGF og Pon Equipment v/ Andreas Walnum.

Anleggsmaskiner er her spesifisert som masseforflytningsmaskiner (med sjåfør.)

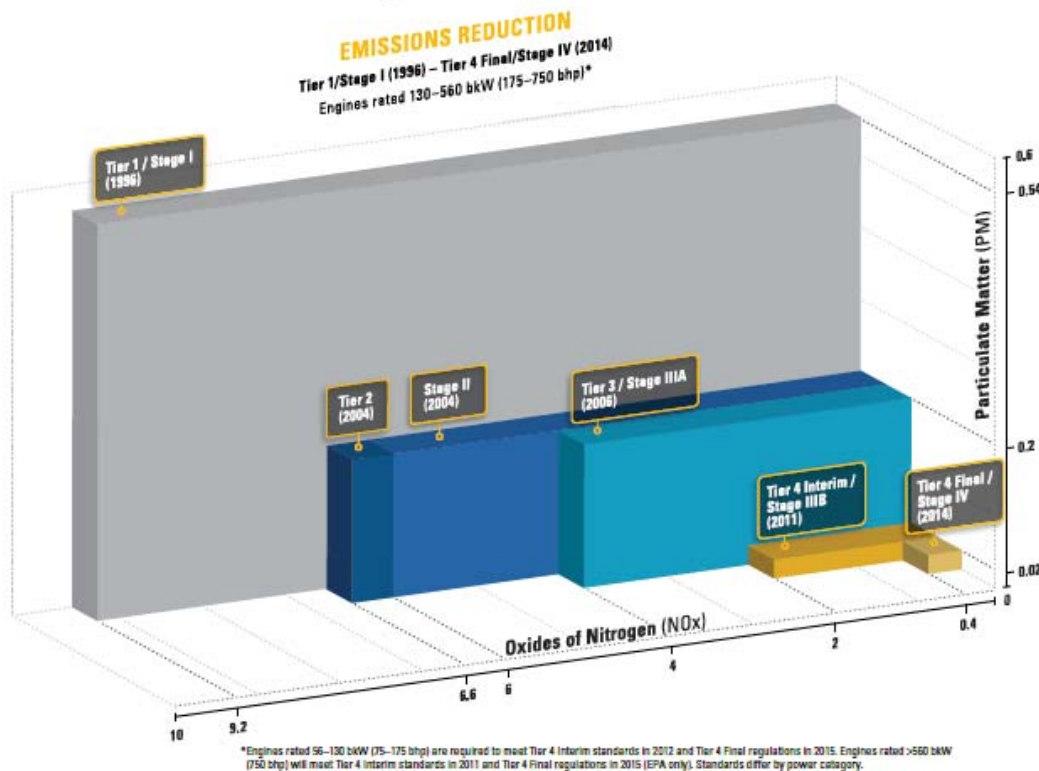
Regelverket for ikke veigående maskiner forvaltes av arbeidstilsynet⁴². Regelverket gjeldende for anleggsmaskiner og er det samme regelverk som gjelder for landbrukstraktorer.

Utslippsreguleringen er gitt i ulike trinn slik figur 1 viser.

⁴⁰ Kilde: Elektrifisering av kystfiskeflåten. Siemens, Nelfo, Elektroforeningen, Bellona, 2017.

⁴¹ <http://www.miljodirektoratet.no/no/Publikasjoner/2016/Desember-2016/Mulighetsrommet-for-alternativ-teknologi-pa-traktorer/>, Rambøll, 2016

⁴² Forordning 2016/1628 (<http://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/1628/oj>) er ikke vedtatt av EØS-komiteen enda. Miljøkravene for ikke-veigående maskiner er i dag regulert i vedlegg XII til maskinforskriften, som viser til kravene fastsatt i [det nå opphevede] direktiv 97/68/EF (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1518510017599&uri=CELEX:31997L0068>). Dette EU-direktivet ble erstattet av Parlaments- og rådsforordning 2016/1628 av 14. september 2016 (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1518509849094&uri=CELEX:32016R1628>). Som følge av at forordningen erstatter direktivet, ble det våren 2017 foreslått endringer i maskinforskriften og dennes vedlegg XII. Høringsdokumentene ligger på arbeidstilsynets hjemmesider (<https://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/horinger/forslag-til-endringer-i-forskrift-om-maskiner/>). Det er i etterkant av forordningen også gitt 3 kommisjonsforordninger som inneholder utfyllende bestemmelser (kommisjonsforordning 2017/654, 2017/655 og 2017/656)



Figur 1 Utslippsgrense for PM og NO_x for forbrenningsmotorer i ikke-veigående maskiner for ulike utslippsstandarder samt introduksjonsår for de ulike standardene. Enheten på aksene er gram per kilowatt-time (g/kWh) (Europeisk standarder er referert til som "Stage" og amerikanske standarder som "Tier"). Se også <https://www.dieselnet.com/standards/eu/nonroad.php#s3>

Mye av utslippskuttene frem til Trinn III (2006) ble tatt med motoreffektivisering og motorregulering. Ytterligere reduksjoner har kommet med blant annet DPF og endring i forbrenningstemperatur. Trinn IIIB var det første med DPF for de fleste maskiner med motorstørrelse 56 kW-560 kW. Trinn IIIB ble innført i Norge i 2012 og Trinn IV, som inkluderer SCR (Selective Catalytic Reduction) kom i 2015. Noen foregående maskinmodeller har plass til eventuell ettermontering av SCR. Maskiner med motorstørrelse på 19kW-56 kW fikk ikke strengere krav ved Trinn IV og holder således kun tidligere trinns reguleringskrav. De over 560 kW har vært uregulert i Europa. For Trinn V (som blir gjeldende 2019/2020) blir alle maskiner over 8 kW regulert med tanke på utslipp. De minste maskinene vil kunne være aktuelle for elektrifisering. Maskiner som brukes innendørs er i dag allerede elektrifisert i de fleste tilfeller. De aller største maskinene er mindre mobile og er i enkelte tilfeller også mulig å bruke med strøm f.eks. i gruver.

Status for det norske markedet er at antall maskiner som har enten Trinn III eller IV teknologi er raskt stigene. I 2016 var anslagsvis 40 % av maskinene Trinn IIIB/Trinn IV. Det forventes at tallene for 2018 vil vise at halvparten av maskinene har Trinn IIIB/Trinn IV. En maskin har typisk levetid på 3-5 år i Norge.

Det finnes muligheter for ettermontering av filter, men det er erfart problemer med motorhavari og mye ekstra kostnader der det ikke er tilrettelagt for slik renseteknologi i utgangspunktet. Ut ifra den relativt høye utskiftingstakten vil nok de fleste maskineiere også i et kostnadsperspektiv heller kjøpe ny maskin der alt er montert og tilpasset, enn å ettermontere ekstra rensesystem. Det finnes derfor lite erfaring med ettermontering.

Konklusjon: Ettermontering av DPF er ikke aktuelt fordi den raske utskiftingstakten for anleggsmaskiner tilsier at man raskt vil ha fabrikkmonterte DPF i (en høy andel av) maskinene. Maskinene over 560 kW blir regulert først i 2019/2020 (Trinn V) i Europa. Ettermontering av DPF kan derfor vurderes for denne kategorien maskiner.

Kystskip: DNV GL AS v/Kjell Martinsen

Det er mye usikkerheter rundt BC utslipp, både når det gjelder definisjon og faktiske utslippsfaktorer. Det er uansett viktig å ha både klima- og helseeffektene i tankene når man vurderer eventuelle tiltak. Hvor utslippet skjer er avgjørende for å bestemme klima- og helseeffektene.

Skip er vurdert til å kanskje være verstingene for BC utslipp, men segmentet "skip" omfatter et stort spekter av typer og størrelser. Det er også en sektor der flere skip ikke blir påvirket av norsk lovgivning, men der internasjonale regler gjelder. Mindre skip er de eldste og flere har en alder på opp mot 40 år. De minste skipene er også de det er flest av.

Når man ser på forbruk av drivstoff, slik det er fordelt langs kysten av Norge, varierer dette for ulike skips kategorier. Passasjerbåtene har størst drivstofforbruk, etterfulgt av offshore supplyskip og fiskebåter.

Det er pågående arbeid i IMO for å enes om utslippsfaktorer (EF) for BC. BC utslipp er av DNV-GL vurdert som proporsjonalt med drivstofforbruk, avhengig av motorstørrelse og aktivitet og med en faktor på 0,18 g BC/kg drivstoff. Det er stort usikkerhet i faktoren, og tall fra ulike kilder viser stort sprik. DNV-GL har nylig skalert EF til 0,35 g BC/kg drivstoff for sine utslippsberegninger. Det er også varierende hvordan BC blir definert og det er utfordringer knyttet til målemetode. Standardiseringsarbeid er i gang innenfor IMO.

I en rapport fra 2017⁴³ har ICCT estimert det globale BC utslippet fra skip til å være ca. 67 kilotonn (kt) i 2015 med en nedre og øvre grense på mellom 53 kt and 80 kt. Estimatenes korresponderer henholdsvis til en EF for flåtegjennomsnitt på 0,25 g/kg drivstoff og med en nedre og øvre grense på 0,20 to 0,30 g/kg drivstoff. Avhengig av skipstype kan EF for BC være høyere og lavere enn dette. For eksempel er det beste estimatet for cruise skip 0,34 g/kg drivstoff med en variasjon på 0,28 til 0,40 g/kg drivstoff.

Som tiltak er det vurdert til at det er mer å hente på andre reduserende tiltak enn partikkelfilter. Mulige tiltak er:

- 1) Hastighetsreduksjon og energieffektivisering vil redusere drivstofforbruket
- 2) Drivstoffendringer med vanninnblanding.
- 3) Overgang til finere typer drivstoff med lavere svovelinhold.
- 4) Gassvasker/Skrubber/Scrubbers er effektivt for å fjerne svovel fra høy-svovel drivstoff
- 5) Overgang til flytende naturgass (LNG)
- 6) Alternative drivstoff som biodiesel og biogass istedenfor tungolje, marin diesel olje (MDO), og marin gass olje (MGO)
- 7) DPF, men umoden teknologi for skip
- 8) Hybridskip, gjør at maskinen kan operere jevnere.
- 9) Elektrisk (batteri/hydrogen)
- 10) Landstrøm

Det er antatt at LNG vil kunne ha store reduksjonsmuligheter for partikler og NO_x. En bekymring fra Miljødirektoratet er graden av metanlekkasje. Nylig har det blitt publisert en rapport som

⁴³ ICCT, 2017: <https://www.theicct.org/publications/black-carbon-emissions-global-shipping-2015>

har vurdert dette og det har vist seg å være en nedgang i slik lekkasje fra bruk av LNG på skip⁴⁴. Miljødirektoratet har enda ikke vurdert effekten av de nye resultatene.

Konklusjon: Det blir vurdert til at det er mer å hente på hybridløsninger og LNG enn partikkelfilter. DPF teknologien er umoden for skip og virker kun på partikler. Kan ha negativ innvirkning på utslipp av andre komponenter CO₂ og NO_x.

Oppsummering fra diskusjonen

Marint drivstoff er en av de største utfordringene knyttet til ettermontering av DPF.

Svovelinholdet er så høyt at filteret raskt tettes og ikke fungerer etter hensikten. Det gjelder for alle marine fartøy i tillegg kommer kostnader og utfordringer med vedlikehold av løsningen. Mulig økt drivstoff-forbruk (estimert til å gi 1- 5 % økning) er også sett på som et problem samt at DPF vil kunne gi negative konsekvenser med økte utslipp for andre komponenter som CO₂ og NO_x.

Videre er det flere argumenter for at andre løsninger vil kunne være mer effektivt for å redusere BC. Usikkerheter rundt BC-utslippene for ulike båtstørrelser og bruksmønster gjør at det er store usikkerheter i effekten av et tiltak.

Denne usikkerheten gjelder også for fiskebåter, men for fiskebåter blir det spesielt viktig hva fiskebåtene som skiftes ut blir erstattet med. Flåten er gammel og nå i ferd med å skiftes ut. Trenden er at det blir færre, men større båter. Kravene til utslipp og teknologi på fiskebåtene burde i så måte allerede ha vært på plass, for å sikre en god utslippsreduksjon ved utskiftningen av båtene. Flere av fiskebåtene ligger også brakk.

Kun en tiende del av aktuelle havner for fiskebåter er antatt å gi tilgang på landstrøm. Det bør gjøres en vurdering av hvor mye havnene som ikke vil få landstrøm benyttes, for å kunne anslå hvor stor del av fiskeflåten som ikke har landstrøm som alternativ. Tiltak som landstrøm vil være spesielt viktig for den type skip som ligger lenge til kai. Cruiseskip trenger så mye strøm at det for enkelte havner uansett ikke vil være et aktuelt tiltak for den gruppen skip.

Overgang til biodiesel er ikke forventet å gi noen stor endring for BC og NO_x⁴⁵.

Bønder har mange traktorer hver og de nyeste, og ofte de største traktorene, brukes mest. Flere bønder har traktorer som kun brukes til spesifikke formål og derfor har liten driftstid pr år. For disse vil det nok ikke være reelt å sette på partikkelfilter pga. kostnader.

Anleggsmaskiner har relativ kort levetid og man vil raskt fase inn nyere maskiner der rensesystem allerede er installert. Kommuner kan ha stor påvirkning ved å spesifisere utslippsnivå ved anbud. Tunge lastebiler har som anleggsmaskiner en høy utskiftingstakt og har høy andel Euro V og Euro VI allerede i dag. Utfordringer fremover vil derimot kunne være knyttet til dårlig vedlikehold eller at produsenter og eller bileiere manipulerer kjøretøyene slik at rensesystemet ikke fungerer.

For lette biler er det kun enkelte dieslbiler som kan ha nytte av ettermontering av DPF. Sett i et perspektiv mot 2030 er det derimot antatt en så rask innfasing av elektriske biler at det av den grunn antagelig ikke er et reelt tiltak for lette biler.

Konklusjonene fra presentasjonene og diskusjon etterpå er oppsummert i tabellen under.

Er ettermontering/innfasing av partikkelfilter på eksisterende mobile kilder fortsatt et relevant tiltak med tanke på reduksjon av svart karbon?

⁴⁴ GHG and NO_x emissions from gas fuelled engines: Mapping, verification, reduction technologies. SINTEF Ocean AS Report: OC2017 F-108

⁴⁵ <https://www.nho.no/Prosjekter-og-programmer/NOx-fondet/Nyhetsarkiv/2017/nox-utslipp-ved-biodrivstoff/>

Kilde	Ja/nei	Begrunnelse/kommentar	Kostnads- vurdering
Kystskip	Nei	<p>Begrunnelse: Det er utfordringer med plass og holdbarheten pga. det marine drivstoffet. Hovedfokus for utslippsreduserende tiltak for denne kategorien er vurdert til å være overgang til gass og hybridløsninger.</p> <p>Kommentar Det er lite erfaring med DPF for større marine maskiner. For mindre høyhastighetsmaskiner er det benyttet med hell, men andre utslippsreduserende tiltak bør likevel vurderes før filter. Ved bruk av naturgass kan man senere gå over på biogass.</p>	Usikkert.
Mobile rigger	Nei	<p>Begrunnelse: Det blir vurdert til å være for store utfordringer knyttet til plass, vedlikehold og service av ettermontert DPF, samt at kostnadene vil være store.</p> <p>Kommentar Andre alternativ er først og fremst hybride løsninger som kan kutte «toppene» i effektuttaket. Det er også pekt på at potensialet for energi-effektivisering er underutnyttet.</p> <p>Det er et støtteprogram for batteriteknologi i NO_x-fondet. Om det vil være aktuelt til en slik kostnad vil også være koblet mot investeringsviljen i olje- og gassektoren. Det er i dag en rigg som har fått ettermontert SCR og de sliter noe med den operasjonelle driften.</p>	Usikkert.
Fiskebåter	Delvis	<p>Begrunnelse: For fiskebåter er det mulig at ettermontering av partikkelfilter kan være aktuelt for eksisterende fiskebåter fordi elektrifiseringen av flåten i liten grad er implementert og man vil fortsatt være avhengig av fossilt drivstoff frem mot 2030.</p> <p>Kommentar Fiskebåter kan kanskje også være et satsningsområde for tiltak fordi utslippene kommer langt nord. Det er ikke kjent hvordan DPF vil fungere på fiskebåter, men utfordringene med marint drivstoff, samt plassproblemer, nevnt for skip og rigger vil nok også kunne være et problem for fiskebåtene. Gjennomsnittsalder for flåten</p>	Kostnad ikke kjent.

		er 30 år, som er veldig høyt. Store deler av flåten må skiftes ut innen få år. Hvilken teknologi det byttes til er noe som bør tas med i vurderingen om hvilke tiltak som vil være mest aktuelle.	
Traktorer	Delvis for de større traktorene	<p>Begrunnelse: Elektrifisering og utvikling av batteriteknologi for kjøretøy har gått raskere enn antatt, men teknologien er fortsatt i liten grad implementert for traktorer. Det er et skille mellom lette og tyngre traktorer. Skillet går på ca. 4 tonn, eller på 56 kW motorstørrelse. For de lette traktorene er det forventet at utviklingen kan gå raskt, og at tidsvinduet dermed kan være i ferd med å lukkes. Dette er ikke tilfelle for de større maskinene, som fortsatt krever utvikling av lettere batterier som tar mindre plass. Større maskiner vil også kunne stille krav til oppgradering av elektrisk infrastruktur for å kunne lade. For de større maskinene vil derfor ettermontering/innfasing av partikkelfilter på eksisterende traktorer fortsatt kunne være et relevant tiltak.</p> <p>Kommentar De største traktorene er gjerne også de som er nyest. Det er uvisst hvordan utslippene av BC er for traktorer. For de traktorene som er veldig gamle er det gjerne mer sannsynlig at de byttes ut enn at man ettermonterer partikkelfilter.</p>	Kostnad ikke kjent.
Lette kjøretøy	Nei	<p>Begrunnelse: Fordi elektrifisering og utvikling av nullutslippskjøretøy har gått raskere enn antatt. Tidsvinduet er i ferd med å lukkes.</p> <p>Kommentar Det er kun enkelte dieserbiler det vil kunne være aktuelt for rent teknisk å ettermontere DPF, og med en så rask innfasing av el som det er i Norge er det lite sannsynlig at ettermontering vil være aktuelt. Det er usikkert rundt klimaeffekten av DPF på grunn av mulig økning i CO₂-utslipp fra økt drivstofforbruk. Mulig økt helserisiko pga. økt NO₂ utslipp (gjelder alle kategorier kjøretøy).</p>	Kostnad per filter 10 000 kr (TØI-rapport 940/2008). Pluss arbeidskostnader.

Tunge kjøretøy	Nei for gods/ Ja for busser	<p>Begrunnelse: For bybusser kan det være en løsning i en overgangsfase. Det gir muligheter som gjør at litt eldre busser kan fortsette i drift og være med i anbud der siste utslippsklasse (Euro VI) kreves. For andre godskjøretøy er det relativt rask utskifting og andelen Euro VI er raskt stigende.</p> <p>Kommentar</p> <p>For bybusser er det mot 2030 forventet flere busser med elektrisk drift.</p>	Kombinert rensesystem ca. 250 000 pr buss for Euro 6 standard. Inkludert arbeid.
Anleggsmaskiner	Nei / kanskje for de største over 560 kW	<p>Begrunnelse: Fordi tiltaket er for sent ute i forhold til gjeldene EU-regelverk som regulerer utslipp fra anleggsmaskiner. Ca. 35% av dagens maskinpark har allerede DPF. Med dagens utskiftingstakt, ca. 4000 maskiner pr. år, vil hovedvekten av maskiner ha originalt DPF i løpet av relativt få år. Maskinene over 560 kW er ikke regulert i Europa og det kan derfor muligens være noe å hente for denne kategorien.</p>	Ettermontert C6.6: 185,500 (Delekostnad 155,500 + 30t estimert modifisering og montering).



Reduksjon av svart karbon fra mobile kilder

Fagmøte i Miljødirektoratet 14. desember 2017

- [09.00] Registrering
- [09.30] Velkommen og innledning. Vigdis Vestreng, Sjefingeniør, Miljødirektoratet
- [09.40] Kystskip og mobile rigger. Tommy Johnsen, Daglig leder, NOx-fondet
- [09.55] Fiskebåter og traktorer. Heidi Ødegård Berg, Fagspesialist, Rambøll Energi
- [10.10] Lette og tunge kjøretøy. Rolf Hagman, Forsker, Avdeling for sikkerhet og miljø, TØI
- [10.25] Anleggsmaskiner. Andreas Walnum, leder teknisk senter, Pon Equipment
- [10.40] Kystskip mm. Kjetil Martinsen, Ingeniør, DNV GL AS
- [10.55] Diskusjon ledet av fungerende seksjonsleder i Seksjon for transport og luftkvalitet, Kaya Grjøtheim/Vigdis Vestreng, Miljødirektoratet:

Er ettermontering/innfasing av DPF på mobile kilder fremdeles relevant?
- [11.30] Miljødirektoratet inviterer til lunsj for de som har anledning. Slutt for alle andre

Miljødirektoratet

Telefon: 03400/73 58 05 00 | Faks: 73 58 05 01 | E-post: post@miljodir.no | Nett: www.miljodirektoratet.no | Post: Postboks 5672 Torgarden, 7485 Trondheim
Besøksadresse Trondheim: Brattørkaia 15, 7010 Trondheim | Besøksadresse Oslo: Grensenvingen 7, 0661 Oslo

Vedlegg 2: Deltagerliste

Reduksjon av svart karbon fra mobile kilder

Fagmøte i Miljødirektoratet 14. desember 2017

Deltakerliste

Navn	Institusjon	Tittel	E-post	Telefon
Kjell Martinsen	DNV GL AS	Ingeniør	kjetil.martinsen@dnvgl.com	950 37 216
Njål Hagen	MGF	Fagsjef	nh@mgf.no	22 44 78 73 / 917 93 407
Tommy Johnsen	NOx-fondet	Daglig leder	tommy.johnsen@nox-fondet.no	992780 07
Andreas Walnum	Pon Equipment	Leder for teknisk senter	andreas.walnum@pon.com	952 93 241
Heidi Ødegård Berg	Rambøll	Fagspesialist Energi til Transport	heidi.berg@ramboll.com	416 99 649
Ingrid Sundvor	TØI	Forsker	ingrid.sundvor@toi.no	90 22 09 28
Rolf Hagman	TØI	Forsker	rha@toi.no	48 0539 86
Aurora Stenmark	Miljødirektoratet	Rådgiver	aurora.stenmark@miljodir.no	400721 42
Kaya Grjotheim	Miljødirektoratet	Fungerende seksjonsleder	kaya.grjotheim@miljodir.no	467443 57
Maria Malene Kvalevåg	Miljødirektoratet	Sjefingeniør	maria.kvalevag@miljodir.no	997911 00
Pål Amdal Magnusson	Miljødirektoratet	Rådgiver	pal.amdal.magnusson@miljodir.no	915773 80
Bjørn A. Christensen	Miljødirektoratet	Sjefingeniør	bjorn.christensen@miljodir.no	467438 31
Sissel Sandgrind	Miljødirektoratet	Sjefingeniør	sissel.sandgrind@miljodir.no	480947 36
Vigdis Vestreng	Miljødirektoratet	Sjefingeniør	vigdis.vestreng@miljodir.no	908990 54

Vedlegg 5 – Rapport fra vedfyringsseminar

Møtereferat

VEDFYRING – Utslippsestimer, klimaeffekter og tiltak

Oslo, Romeriksåsen, Miljødirektoratets konferansesenter Helsfyr
2018-08-30 kl 10:00-14:00

INNKALT AV

Silje Aksnes Bratland, Maria
Malene Kvalevåg , Vigdis
Vestreng

REFERERT AV

Morten Seljeskog

TILSTEDE

FRAVÆRENDE

ORIENTERING

DELTAKERE

Anders Arvesen (NTNU), Karin Kindbom (IVL), Susana Lopez-Aparicio (NILU), Dag Borgnes (Norsk Energi), Morten Seljeskog (SINTEF Energi AS), Bruce Denby (Meteorologisk Institutt), Peder Gjølstad Røhnebæk (SSB), Miljødirektoratet: Anna von Streng Velken, Anne Zimmer Jacobsen, Fredrik Weidemann, Julien Jabot, Kristin Eine, Line Merete Karlsøen, Maria Malene Kvalevåg, Nina Martinsen, Sandrine Benard, Silje Aksnes Bratland, Vigdis Vestreng

PROSJEKT NR/SAK NR

Møterapport fagseminar vedfyring,
Miljødirektoratet 2018

DATO UTSENDT

2018-09-27

GRADERING

Åpen

Agenda



PROGRAM

VEDFYRING – Utslippsestimer, klimaeffekter og tiltak

Fagmøte i Miljødirektoratet 30. august 2018

[10.00-10.10]	Velkommen, Miljødirektoratet
[10.10-10.50]	Cooling aerosols and changes in albedo counteract warming from CO ₂ and black carbon from forest bioenergy in Norway, Anders Arvesen, NTNU
[10.50-11.30]	Emission estimates on a national scale - experiences of Nordic countries, Karin Kindbom, IVL
[11.30-12.00]	Lunsj
[12.15-12.55]	Advances in Methods and Practices on developing high resolution emissions from Residential Wood Combustion, Susana Lopez-Aparicio, NILU
[12.55-13.35]	Tiltak og mulige virkemidler for å redusere utslipp fra vedfyring i Norge, Dag Borgnes, Norsk Energi
[11.35– 14.00]	Diskusjon om kunnskapshull og mulig videre arbeid

Miljødirektoratet

Telefon: 03400/73 58 05 00 | Faks: 73 58 05 01 | E-post: post@miljodir.no | Nett: www.miljodirektoratet.no | Post: Postboks 5672 Torgarden, 7485 Trondheim
Besøksadresse Trondheim: Brattørkaia 15, 7010 Trondheim | Besøksadresse Oslo: Grensesvingen 7, 0661 Oslo

Referat

Innledning av Miljødirektoratet

Miljødirektoratet informerte innledende rundt hvilke vedfyringsrelaterte prosjekter det arbeides med for tiden, relatert til oppdraget de har fått av Klima- og Miljødepartementet vedrørende kilder til utslipp og komponenter, som påvirker klima på kort og lang sikt og helse. Bakgrunnen er internasjonale- og nasjonale føringer gjennom forurensningsforskriften, Gøteborgprotokollen, Arktisk råd mm. Det er ventet strengere utslippskrav i nær framtid for partikler, som blant annet Ecodesign 2022.

Så langt har det ikke skjedd noe mer spesifikt når det gjelder utslippskrav eller metoder for svart karbon. Mulighet for å få dette inn i standardiseringsarbeidet (CEN TC295) og/eller Ecodesign ble diskutert.

Cooling aerosols and changes in albedo counteract warming from CO₂ and black carbon from forest bioenergy in Norway

Anders Arvesen, NTNU

Arvesen innledet foredraget med å belyse bakgrunnen for arbeidet med en studie av klimaeffektene av stasjonær bioenergi i Norge. Forskerne har brukt livssyklusanalyser til å analysere hvordan hele biomassens verdikjede, fra hogst til leveranse hos kunden, har både oppvarmende og nedkjølende påvirkninger på klimaet. De har inkludert effekter av klimagasser (inkludert CO₂ fra biomasse), jordoverflatens refleksjon (albedo), utslipp av partikler og andre kortlevde klimadrivere i regnskapet. Analysen av partikkelutslipp var basert på omfattende arbeid med utslippsmålinger og vurderinger av SINTEF Energi.

Funnene i denne studien viser et sammensatt bilde. På den ene siden gir oppvarming med stasjonær bioenergi en vesentlig oppvarmende klimaeffekt som gir grunn til bekymring. På den andre siden gir vedfyring også betydelig nedkjøling. Bakgrunnen for presentasjonen er en nylig publisert studie som ser på klimapåvirkning i Norge, basert på såkalte stasjonære bioenergisystemer, altså varme fra vedovner og fra fjernvarme produsert av trebiomasse. Studiet ble nylig publisert i Scientific Reports for Nature Publishing Group⁴⁶. Det har vært gjennomført mye forskning på dette temaet, men aldri før en så omfattende studie på ulike effekter på et nasjonalt nivå. Dette er første gang alle de ulike faktorene har blitt satt sammen i en studie. Studien ble utført gjennom forskningsprosjektet FME CenBio, og det er NTNU i samarbeid med SINTEF Energi, Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) og Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) som står bak.

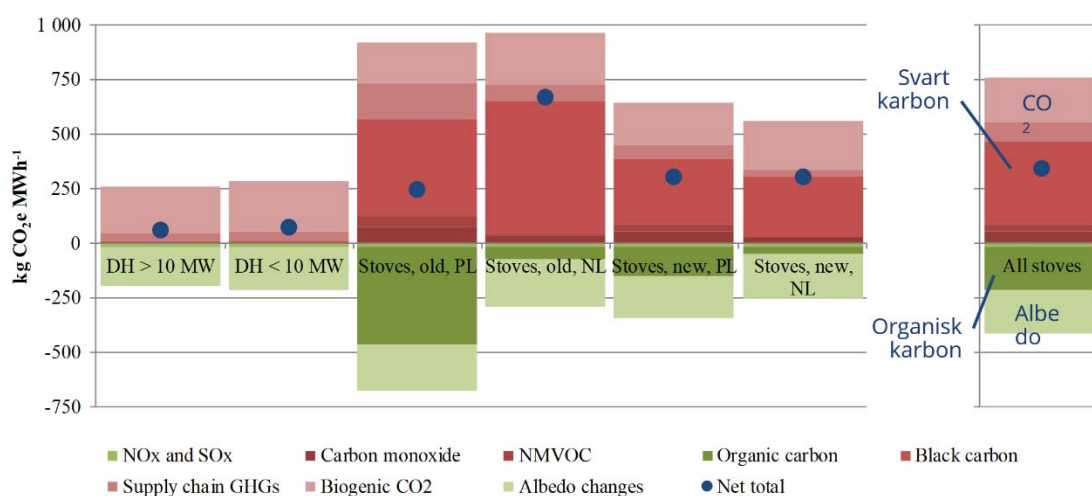
OECD besluttet i 1991 at forbrenning av biomasse ikke skulle medregnes i CO₂-regnskapet. Antakelsen var at CO₂ som slippes ut uansett tas opp igjen av naturen, og at utslippene på denne måten nøytraliseres. Bioenergi fra skog er karbonnøytral i den forstand at skog er en fornybar ressurs. Trær i vekst absorberer CO₂. Ved uttak av skog eller andre former for biomasse som så konverteres i prosesser som medfører utslipp av CO₂, vil imidlertid atmosfærens CO₂-konsentrasjon øke midlertidig før den etter hvert vil synke igjen. Hogst påvirker klimaet i negativ retning med blant annet utslipp av fossil CO₂ fra anleggsmaskiner. Endringene i jordoverflaten som følger med hogst har derimot en kjølede effekt fordi åpne områder (hogstflater) reflekterer mer av det innkommende sollyset tilbake i atmosfæren enn skogkledde områder. Nedkjølingseffekten varierer avhengig av hvor i landet hogsten skjer, ettersom ulike deler av landet har forskjellig sol- og snøforhold og skogtetthet. I dette studiet har forskerne tatt hensyn til alle disse faktorene.

I studiet har forskerne også analysert hvordan utslipp fra vedfyring påvirker klimaet så som CO₂, CO, metan og ulike typer partikler. De fire komponentene med størst bidrag er CO₂, BC, OC og albedo. Studien bruker indikatoren GWP100 («Global Warming Potential») for en tidsperiode på 100 år. Studien bruker globale GWP100-verdier for BC og OC fordi stedsavhengige GWP100-verdier har enda større usikkerhet. I realiteten er imidlertid klimaeffektene av BC og OC stedsavhengige.

⁴⁶ Arvesen et al., *Cooling aerosols and changes in albedo counteract warming from CO₂ and black carbon from forest bioenergy in Norway*, Scientific Reports 8:3299

I foredraget ble det lagt mest vekt på BC og OC. Mens organiske karbonpartikler (OC) virker avkjølende, har svart karbon (BC) en oppvarmende effekt i atmosfæren. I tillegg reduserer svart karbon, når dette deponeres på snødekte overflater, noe av snøens evne til å reflektere sollys og bidrar til økt nedsmelting. Svart karbon fra fyring med biomasse utgjør hele 1,6 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i Norge, viser studien (Se figur 4 i Arvesen et al. (2018), Scientific Reports 8:3299). Analysen viser at svart karbon er den komponenten som bidrar mest til den netto oppvarmende klimaeffekten fra vedfyring. Studien understreker samtidig at estimatene er beheftet med stor usikkerhet, som kommer både fra usikker tallfesting av utslipp og usikker tallfesting av klimaeffektene av utslipp.

Tiltak som kan reduserte utslipp av svart karbon vil også vil ha en positiv helseeffekt som følge av bedre luftkvalitet. 2016 hadde 730 000 husholdninger som fyrer med ved – ovner med ny teknologi. Vedforbruket har avtatt de siste årene og ifølge SSB har mengden ved brent i ovner med gammel teknologi avtatt med mer enn 75 % de siste 20 årene. Gamle ovner slipper ut mer svart karbon enn nye og hvis denne utviklingen fortsetter vil vedovner i nær fremtid komme ned på samme nivå som pelletsovner. Utfordringen er de minste partiklene. Sot er spesielt små partikler hovedsakelig i nano-størrelse. Det er disse utslippene som oftest er vanskeligst å bli kvitt.



Figur 1: Hentet fra [Arvesen et al. \(2018\), Scientific Reports 8:3299](#).

Studien viser at klimapåvirkningen fra forbrenning av biomasse i stasjonære anlegg i Norge (vedfyring og biomassebaserte fjernvarmeanlegg (District Heating (DH)) bidrar til både avkjøling og oppvarming. Kjøleeffekten grunnet reflekterende aerosoler samt albedo (refleksjon fra jordoverflaten) oppveier mellom 60-70% av den totale oppvarmingen, noe som gir en netto oppvarming på henholdsvis 340 og 69 kg CO₂e MWh⁻¹ for hhv. vedovner og fjernvarmeanlegg (Figur 1). Det er stor variasjon i disse tallene avhengig av hvor det hugges (albedoen måles) samt partikkelutslipp som følge av valg/variasjon i teknologi.

Diskusjon:

Etter foredraget ble det stilt spørsmål rundt beregningsmetodikken for CO₂-utslippene fra bruk av biomasse og hvilke tidsperspektiv som er mest relevant å benytte. GWP₁₀₀ måler integrert strålingspådriv over 100 år mens tidshorisonten for klimatiske temperaturendringer ligger mellom 20-40 år. I følge Arvesen vil bruk av GWP₁₀₀ legge betydelig vekt på relativt kortvarige effekter som sot og organisk karbon gir mens det legges liten vekt på den ekstremt langvarige effekten av fossilt CO₂. GWP₁₀₀ er ikke nødvendigvis den riktige måleenheten for å beregne klimaeffekt fra vedfyring og finnes det bedre alternativ? Det ble også diskutert:

- Hvordan ovner opereres i virkeligheten, tid på nominell (NL) og delast (PL). Gamle ovner har høye utslipp men også høye utslipp av OC som veier opp for klimapåvirkningen.
- Miljødirektoratet arbeidet med å få inn BC i Ecodesign.

- Ikke glemme helseeffektene av å redusere utslipp fra vedfyring.
- Resultatene i livsløpsanalysen, for alle komponenter fra vedfyring, har høy usikkerhet da de er basert på utslippsfaktorer som er høyst usikre. Dvs. at vi fremdeles ikke vet om måledata fra laboratoriet stemmer med utslipp i «real-life».

Konklusjon:

Av komponenter som slippes ut fra vedfyring er det de tre komponentene; CO₂, BC, OC samt bidraget fra albedoeffekten som et resultat av trehogst, som i hovedsak innvirker på klimaet og den globale temperaturen. Svart karbon fra fyring med biomasse bidrar alene til hele 1,6 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i Norge per år, men virkningen veies i noen grad opp av samtidige utslipp av avkjølede organisk karbon. I tillegg medfører albedoeffekten av å hugge skog avkjøling. Fyring på lav last/effekt og gammel teknologi slipper ut signifikant mer av uforbrente komponenter som PM og CO. Resultatene fra disse livssyklusstudiene har en signifikant usikkerhet og er helt avhengig av at benyttede utslippsfaktorer stemmer overens med reelle utslipp. I tillegg, selv om studien baserer seg på beste tilgjengelige GWP100-verdier for BC og OC, har disse verdiene stor usikkerhet. I og med den sterke påvirkningen utslipp fra vedfyring har på klimaet anbefales det videre arbeid for å få bedre bl.a. utslippsunderlag.

Emission estimates on a national scale - experiences of Nordic countries

Karin Kindbom, IVL

Kindbom innledet med å forklare at bakgrunnen for dette arbeidet var ønsket om å komme fram til mer nøyaktige utslippsfaktorer for kortlevde klimapådrivere spesielt i de nordiske landene.

Fra 2013 og fram til 2018, med støtte fra Nordisk Ministerråd, har IVL Svenska Miljöinstitutet ledet fire større prosjekter hvor man har samlet bakgrunnsinformasjon, sett på kunnskapshull, gjort eksperimentelle målinger og søkt etter løsninger som kan redusere utslipp av kortlevde klimapådrivere fra forbrenning av biomasse (hovedsakelig som ved eller pellets) i husholdningene. Denne typen oppvarming er en stor kilde til PM_{2,5} og BC i de nordiske landene (Danmark (DK), Finland (FI), Norge (NO), Sverige (SE)). Utslippsestimater og teknologi varierer mye mellom de nordiske landene og er avhengig av faktorer som målemetode, forbrenningsteknologi, fyringsvaner hos sluttbruker og kvalitet på brenselet. Nødvendig kunnskap om aktivitetsdata har blitt forsøkt innsamlet, såsom mengde brensel og andel av dette som brennes på feil måte.

Ett av prosjektene hadde som mål å komme opp med forbedrede utslippsfaktorer for nordisk teknologi. Komponentene som ble målt var: EC, OC, PM_{2,5}, CH₄, NMVOC, CO. Testmetodene som ble benyttet var: EN standard 303-5 (kjeler), vedovner o.l.: EN 16510 (en ny europeisk harmonisert standard som ble benyttet i 2013 i sin daværende uferdige form) og Norsk Standard NS 3058/59:1994. Det ble benyttet uttynningstunell (et alternativ i EN 16510 men med tvungen trekk 12 Pa) og tilleggseksperiment på ekstreme forhold ble utført; lav- og høy effekt, fuktig- og tørt brensel. For PM ble en syklon benyttet for å begrense PM til PM_{2,5}. Da det eksisterer en mengde forskjellige teknologier og modellvarianter ble disse forsøkt gruppert (vedovner; moderne, gamle, kakkelovner, pelletsovner og saunaovner – Kjeler; moderne og tradisjonelle, pellets- og flisfyrte) vedovner, pellets-kaminer og flisfyrte for å kunne benytte måleresultatene i utslippsregnskapet. Forholdet mellom lav og høy effekt ble funnet å være signifikant og varierte mellom 1 og opp til 3.5 for nesten alle teknologier og komponenter (bortsett fra EC). De høyeste forskjellene ble faktisk funnet for tradisjonelle vedkjeler, pelletsovner og på flisfyrte kjeler (opptil 15 ganger høyere utslipp av uforbrente hydrokarboner). Hovedfunnene var generelt at gammel teknologi hadde høyere utslipp enn ny, at fyring på feil måte økte utslippene signifikant, ingen korrelasjon mellom PM_{2,5} og EC samt at EC i minst grad påvirkes av hvordan teknologien brukes.

Ovnsteknologi, vedforbruk og hvordan ovnen opereres for SE, FI, DK ble innsamlet gjennom bruk av spørreskjema, intervju med feiere. Andel ved som brennes ved feil betingelser er basert på ekspertvurderinger. DK, FI, NO og SE benytter hhv. 10, 13, 3 og 5 typer av teknologier i sine

utslippsregnskap. Direkte sammenlignet (uten å ta hensyn til folketallet) har FI og SE det høyeste forbruket av biomasse (68 og 45 TJ) til oppvarming av bolighus, mens NO har det laveste (25 TJ).

Resultatene fra to representative vedovner viser at den norsk målemetoden resulterer i generelt høye verdier for både PM, EC og OC sammenligner med EN16510. Noe av grunnen til dette er at den er utarbeidet bl.a. for å ta hensyn til nettopp feil fyring ved at fire effektområder veies opp mot et kjent bruksmønster. Et annet viktig punkt i Norsk Standard er at masse brensel som testes beregnet ut fra det fysiske brennkammervolumet, noe som ikke er beskrevet i EN 16510. Tester (SINTEF, Dibk Norge) viser at en reduksjon i masse testbrensel på 50% utgjør cirka en tilsvarende reduksjon av utslippene. Noen av resultatene for PM, EC og OC fra prosjektet ble sammenlignet med nåværende og foreslåtte reviderte norske utslippsfaktorer. Resultatene avviker med opptil 100% for PM_{2.5} og EC, og opp til 290% for OC. Det er bekymringsfullt at slike forskjeller kan oppstå til tross for at målingene er utført i laboratorier av personer med lang erfaring i bruk målemetoder. Tidligere Round-robin tester har gitt lignende resultat. Erfaring viser at forskjellige testlaboratorier rundt om i Europa leverer varierende resultat ved godkjenning av vedovner, noe som indikerer at NS 3058/59 fremdeles er for åpen for tolkninger.

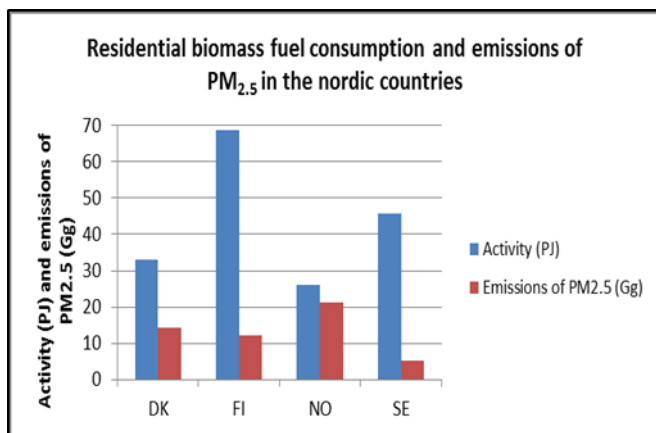
IVL presenterte og nye utslippsfaktorene i mg/MJ for PM_{2.5}, EC, OC, CH₄ og NMVOC oppgitt for nominell, samt topp- og lavlast for spesifiserte kjel- og ovnsgrupperinger. Hvordan disse tallene brukes i utslippsregnskapet ble ikke tatt opp.

Videre ble det i ett av de siste prosjektene foreslått en metode for å korrelere nasjonale utslippsfaktorer ved å ta hensyn til hvor mye av vedforbruket som forbrennes på feil måte. Summen av utslippene for en komponent blir da prosentandel brensel benyttet på rett måte multiplisert med normal utslippsfaktor pluss prosentandel brensel benyttet feil, multiplisert med normal utslippsfaktor, multiplisert med en faktor for dårlig forbrenning:

$$EF = EF_{\text{Normal}} \times S_{\text{Normal}} + \text{Ratio}_{\text{Bad/Good}} \times EF_{\text{Normal}} \times S_{\text{Bad}}$$

S = Andel forbrukt brensel, **Ratio** = Faktor for feil forbrenning, feil bruk av ovn/kjel, **EF** = utslippsfaktor

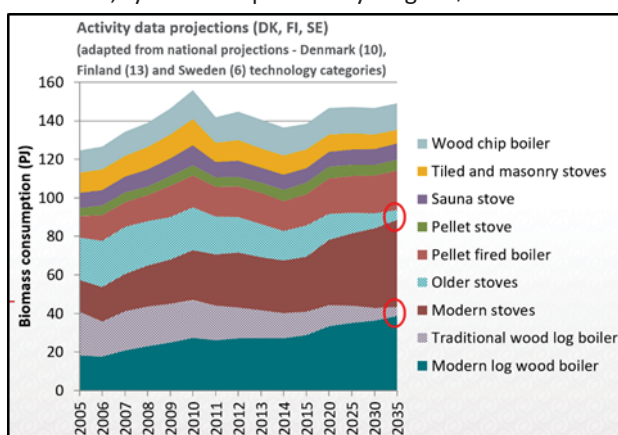
Hvor mye av vedforbruket som forbrennes feil, vil variere fra land til land og er teknologiavhengig. I Sverige har man kommet fram til at rundt 10 % av vedforbruket forbrennes på feil måte. Faktoren for feil forbrenning ble ikke oppgitt for svenske forhold.



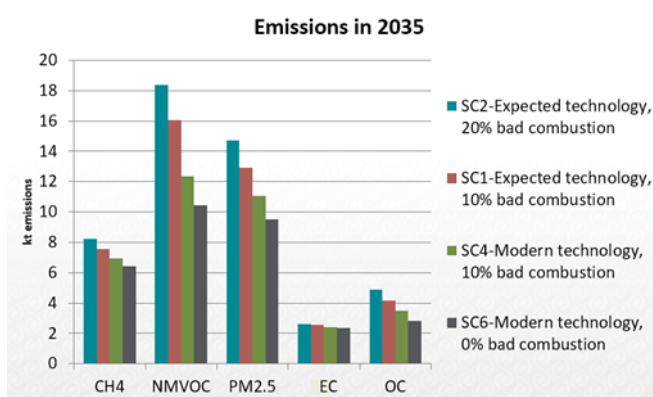
Figur 2 over, fra presentasjonen, viser at Norge per 2012 hadde de høyeste utslippene av PM_{2.5} (sammenliknet med DK, FI, SE), mer enn 4 ganger høyere utslipp enn SE, mens SE hadde de laveste av alle landene, til tross for dobbelt så mange innbyggere og dobbelt så høyt forbruk av brensel, som Norge. Figuren ble presentert for å illustrere hvor forskjellige aktivitetsdata og utslippsregnskap er mellom de Nordiske landene. Det kommer imidlertid ikke fram i presentasjonen hvorvidt disse tre landene nå har like utslippsfaktorer, heller ikke i hvilken grad disse er endret i fht. ovennevnte data for 2012.

Figur 3 under viser projeksjoner for aktivitetsdata for DK, FI og SE. Når det gjelder tiltak for kortlevede klimapådrivere er disse både i SE, DK, FI, i hovedsak basert på naturlig utskifting av gammel teknologi samt å unngå feil fyring, i tillegg til aktive utskiftingskampanjer. Nasjonale projeksjoner for DK, SE og FI, antyder en tilnærmet utfasing av både gamle vedovner og kjeler innen 2035. IVL's siste prognoser for vedforbruket i DK, FI, SE er vist i figuren med et totalt vedforbruk på 150 PJ i 2035. Nasjonale framskrivninger viser

tydelig en synkende andel utdatert teknologi, som byttes ut med moderne. I og med det relativt stabile forbruket, tyder dette på en utbytting i størrelsesorden 1:1, altså liten endring i totalt antall enheter.



Figur 3 Framskrivning av fast biomasse forbrukt i ulike teknologier for Danmark, Finland og Sverige.



Figur 4 over viser svenske utslippsscenario i 2035 for vedfyring for CH₄, PM_{2.5}, NMVOC, OC og EC/BC for dagens og morgendagens teknologi og hvordan utslippene varierer signifikant avhengig av hvor mye av vedforbruket som brennes på feil måte. Ut fra figuren ser vi at det er EC i 2035 scenariet som er minst teknologi- og brukeravhengig. Grunnet mer oppmerksomhet rundt EC/BC, vil det forhåpentligvis komme ny og bedre teknologi enn det som er antatt i scenariet, som gjør at man kan redusere mer av både CH₄, EC/BC og OC.

Diskusjon:

Etter foredraget ble det diskutert at ulike teknologier benyttes i de ulike Nordiske land og at dette vanskeligjør sammenligninger. I tillegg ble det diskutert hvordan man får fram korrekte aktivitetsdata og hvordan man best kan ta hensyn til hvordan vedovner opereres av sluttbruker i det virkelige liv. SINTEF mente at det hadde vært interessant å forespurt IVL om de kunne laget en oppdatert figur 2 basert på oppdaterte utslippsfaktorer og samtidig hørt om utslippsfaktorene for SE, DK og FI nå er identiske for de spesifiserte ovnsgrupperingene.

Norge deltok ikke i 2016-2018: "Potentials for reducing the health and climate impacts of residential biomass combustion in the Nordic countries" (TN2018:530), men deltok forøvrig i alle øvrige delene av prosjektet.

Konklusjon:

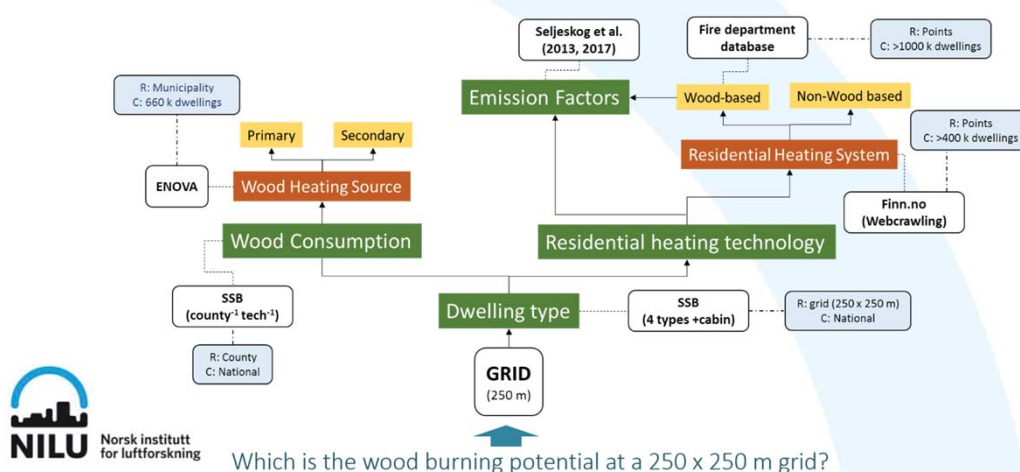
Hovedfunnene var generelt at gammel teknologi hadde høyere utslipp enn ny, at fyring på feil måte økte utslippene signifikant, ingen korrelasjon mellom PM_{2.5} og EC samt at EC i minst grad påvirkes av hvordan teknologien brukes.

Advances in Methods and Practices on developing high resolution emissions from Residential Wood Combustion

Susana Lopez-Aparicio, NILU

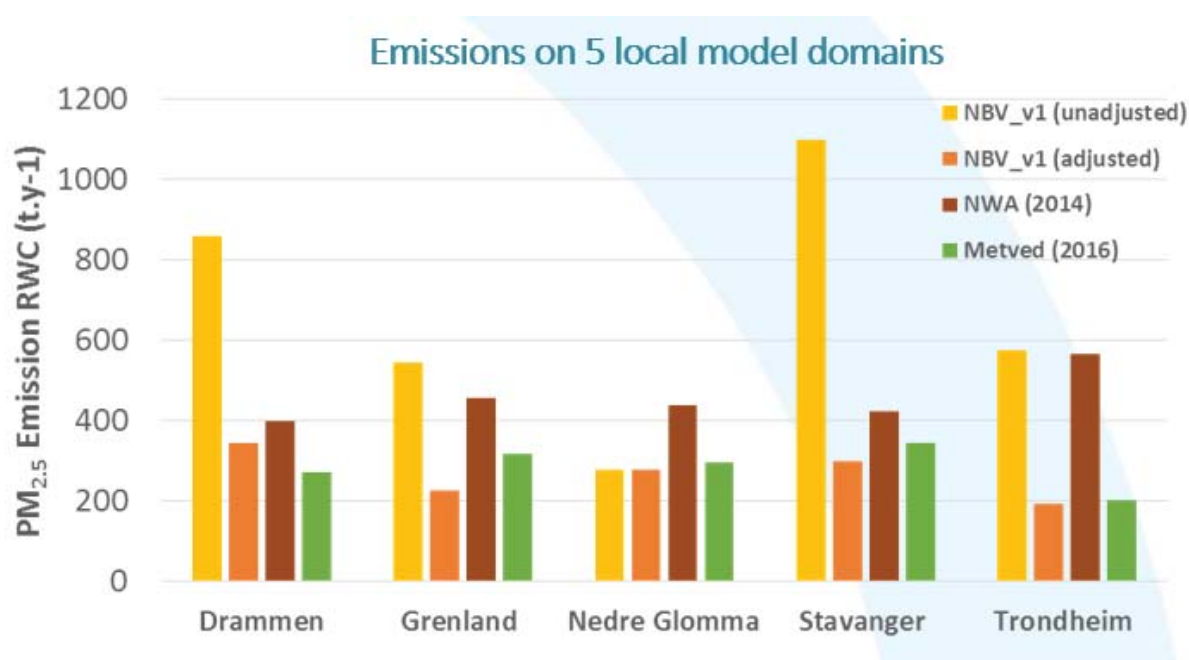
Lopez presentere bakgrunnen for prosjektet som NILU nylig har gjennomført for Miljødirektoratet om behovet for mer nøyaktige utslippsdata for Norge hva angår vedfyring. Utslippsregnskapet for både NO, DK, FI og SE viser at partikkelutslipp, spesifikt PM_{2.5}, domineres av vedfyring gjennom samlegruppen «other stationary combustion». Noe av grunnen er at man har klart å redusere partikkelutslipp betraktelig fra de fleste andre kilder bortsett fra vedfyring. Dette er en trend også ute i Europa. Skal man få gjort noe med denne trenden må man derfor vite mer om hvor utslippene er høyest og hvilken teknologi disse er knyttet til. Dette er hovedpoenget bak studiet NILU har utført som dreier seg om høyoppløste utslippskilder i Norge (250x250 m). Et relatert problem er å kunne skille PM utslippskilder i større byer, hva kommer fra biltrafikk og hva kommer fra vedfyring, og når skjer utslippene. Dette er viktig å vite for å kunne sette inn rette tiltak for reduksjon.

Ut fra dette ble MetVed modellen utviklet ved NILU. Modellen er basert på kombinasjonen av flere databaser med informasjon på høyt detaljnivå. Databasene inneholder opplysninger om bolignummer og type med 250x250 meters oppløsning (SSB), vedforbruk på fylkeskommunenivå (SSB), energiforbruksstatistikk (ENOVA), spesifikke peis- og vedovnsdata (lokale brann- og feiervesen) samt geolokalisert informasjon om boligtype og ovnsteknologi (finn.no, Lopez-Aparicio, Grythe H., Vogt M., Pierce M., Vallejo, I. (2018) «Webcrawling and Machine Learning as a New Approach for the Spatial Distribution of Atmospheric Emissions», PLoS ONE 13 (7): e0200650⁴⁷). Utslippsfaktorer er basert på tall fra SINTEF der det ble gjennomført beregninger med utslippsfaktor både fra 2013 og 2017. Resultatet av dette er en database over utslipp fra vedfyring fra den totale boligmassen i Norge, oppløst i ruter på 250x250 m. Modellen kan gi utslippsdata for times- til ukesforbruk av ved og bl.a. sesongvariasjoner.



Figur 5 over viser elementer som inngår i beregningen av utslipp fra vedfyring i NILU-prosjektet MetVed. Resultatene fra MetVed for Drammen, Grenland, Nedre Glomma, Stavanger og Trondheim viser hhv. cirka 75%, 40%, ingen endring, 80% og 60% lavere utslipp av PM_{2.5} per år, enn originale ujusterte utslipp basert på vedforbruk og antall boliger på distriktsnivå (NVB_v1_unadjusted) (Figur 6).

⁴⁷ <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200650>



Figur 6 viser foreløpige resultater på lokal skala fra MetVed prosjektet.

Diskusjon:

Etter presentasjonen ble diskutert usikkerhet rundt vedforbruket som SSB leverer. Spørreskjemaene er forholdsvis enkle og klarer bare i liten grad å fange opp det reelle vedforbruket på fylkesnivå. Videre ble det stilt spørsmål ved om det finnes noen insentiver for å forbedre dette, og om feiervesenet bidrar med datainnsamling. Det finnes i dag mange forskjellige databaser og mye av kunnskapen om aktivitetsdata ligger på kommunenivå. SINTEF understreket viktigheten av at utslippene ble estimert basert på tørt brensel.

Konklusjon:

Foreløpige resultater fra prosjektet viser at utslippene i MetVed gir lavere utslipp av $PM_{2.5}$ enn tidligere antatt. Konklusjonen er at tilgang på data er den viktigste faktoren for å kunne gi et godt utslippsregnskap og mer nøyaktig kildedistribusjon, at vedforbruket i boliger avhenger av boligtype, størrelse og oppvarmingsteknologi. MetVed er avhengig av gode aktivitetsdata (vedforbruk) og utslippsfaktorer, som begge innehar relativt høy usikkerhet. I tillegg kommer usikkerhet knyttet til hvordan vedovnene brukes i det virkelige liv, tidsvariert forbruk avhengig av utetemperatur og strømpris etc. Verktøyene utviklet i dette prosjektet kan benyttes i flere andre sammenhenger hvor det er behov for høy kilde oppløselighet

Tiltak og mulige virkemidler for å redusere utslipp fra vedfyring i Norge

Dag Borgnes, Norsk Energi

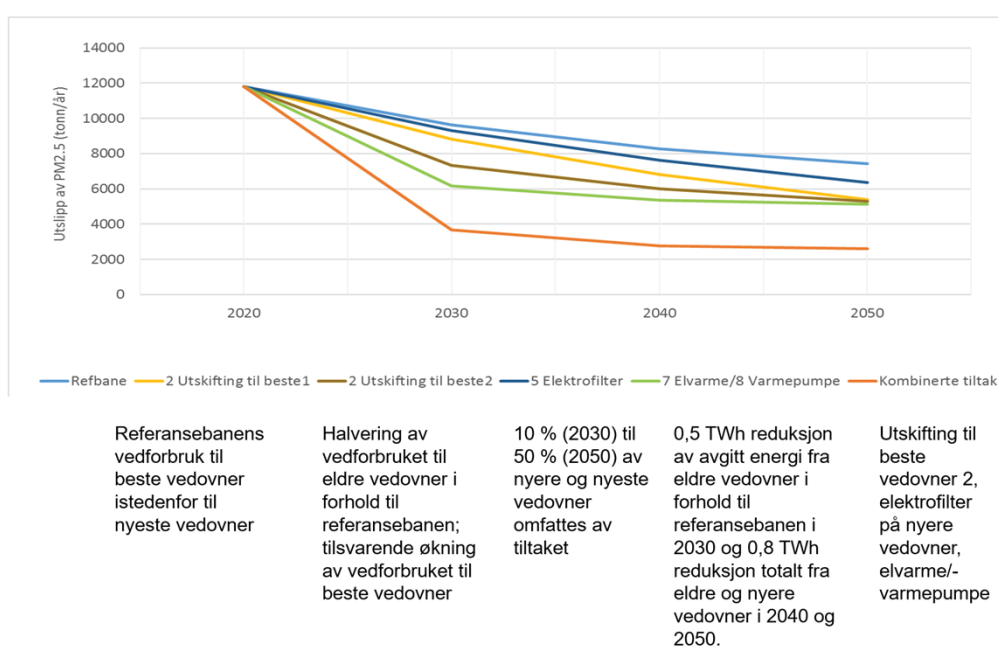
Dag Borgnes presenterte noen tilleggstiltak og mulige virkemidler for å redusere utslipp fra vedfyring i Norge fra en nylig gjennomført studie. Tilleggstiltakene er vurdert på samme måte i som rapporten Norsk Energi utarbeidet i samarbeid med SINTEF i 2017, vedrørende utslipp av klimadrivere fra vedfyring (M-691)⁴⁸.

⁴⁸ <http://www.miljodirektoratet.no/no/Publikasjoner/2017/Februar-2017/Tiltaksutredning-vedrorende-utslipp-av-klimadrivere-fra-vedfyring/>

Tidligere (M-691) er de seks tiltakene: 1. Forsert utskifting fra eldre til nyere vedovner, 2. Forsert utskifting fra eldre til nyere og beste vedovner og pelletsovner, 3. Bedret fyringsteknikk, nyere vedovner, 4. Ettersyn og vedlikehold, nyere vedovner, 5. Elektrostatisk partikkelrensing, nyere vedovner, 6. Bedret trekkregulering vha. røykgassvifte, nyere vedovner utredet. De tre nye tiltakene er a) forsert overgang fra vedfyring til elektrisk oppvarming b) forsert overgang fra vedfyring til el med varmepumpe og c) forsert overgang fra vedfyring til fjernvarme.

Utbredelsen av tiltakene påvirkes av virkemidlene som settes inn, kostnadsutvikling på bl.a. vedovner og strøm, utslippskrav mm. Følgende hovedprinsipper er benyttet ved skalering av tiltakene: tiltakene med forsert utskifting av vedovner, bedret fyringsteknikk, ettersyn og vedlikehold og elektrofilter er gitt samme skalering som i M-691; de antatt mest samfunnsøkonomisk lønnsomme tiltakene er gitt høyere skalering (dvs. flere vedovner byttes ut) enn de som er mindre lønnsomme; godt dokumenterte tiltak er gitt høyere skalering enn de som er usikre; skaleringen er mest mulig realistisk, for eksempel er det tatt hensyn til dagens og fremskrevet forbruk av el-varme og varmepumpevarme ved skalering av tiltaket forsert overgang til el-varme og varmepumper.

Reduksjon av svevestøvutslipp ved valgt skalering



Figur 7 Reduksjon av svevestøv 2020-2050 ved ulike tiltak

Diskusjon:

Vedfyring dominerer svevestøvsutslipp ift. fjernvarme og avfallsforbrenning.

Forbud mot vedfyring i perioder og avgift på bruk av ved ble presentert som et virkemiddel. En enkel temperaturmåler kan benyttes for å registrere forbruk.

Kun begrensede mengder data eksisterer vedrørende lengre tids testing og anvendelighet av elektrostatiske filter i kombinasjon med eldre ovner. SINTEF anbefaler ikke elektrofilter til eldre ovner fordi for mye uforbrent masse danner belegg og reduserer virkningsgraden betydelig. Utslippsfaktorer benyttet er fra rapporten M-691, og er utslippsfaktorene fra Seljeskog et. al (2017). Det ble identifisert forskjeller i vedforbruket i den siste rapporten fra Norsk Energi, i fht. rapporten M-691. Dag Borgnes forklarte at framskrivingene av vedforbruk i referansebanen er utarbeidet av Miljødirektoratet. Framskrevet vedforbruk er vesentlig lavere enn i tidligere tiltaksutredning (M-691). Dette skyldes hovedsakelig de siste årenes kraftige reduksjon i vedforbruk. Miljødirektoratet påpekte også at framskrivingene er lavere fordi utslippskravet på 5 g/kg er lagt inn i framskrivingene fra 2020.

Konklusjon:

Av enkelttiltakene er det overgang til el-varme/varmepumpe (grønn linje i figur 7) som gir størst utslippsreduksjon fra referansebanen i 2030 med 3500 tonn pr år slik tiltakene er skalert her. I 2050 er det to tiltak på forsert utskifting til beste vedovner samt utskifting til el-varme/varmepumpe som gir største utslippsreduksjoner med hhv 2000 og 2300 tonn pr år. Den største reduksjonen oppnås med en kombinasjon av tiltak (utskifting til beste vedovner, elektrofilter, elvarme/varmepumpe).

Diskusjon om kunnskapshull og mulig videre arbeid

Det ble diskutert hvorvidt man kunne benytte resultatene fra CenBio-studien NTNU har gjennomført til å si noe nytt om klimaeffekten ved å redusere utslipp fra vedfyring. Ved å inkludere avkjølede effekter som albedo og avkjølede partikler i resultatene blir oppvarmingseffekten mindre. Beregningene er utført med GWP₁₀₀-verdien, og det hadde vært interessant å gjennomføre en tilsvarende analyse med andre vekt faktorer (emission metrics), som for eksempel GTP10 som Miljødirektoratet benytter i sine analyser for å beregne klimaeffekt av utslipp og tiltak på kort sikt. Indikatoren GTP100 vil derimot legge mindre vekt på kortsiktige klimavirkninger og større vekt på langsiktige. I gjennomsnitt fører utslipp fra vedfyring til en netto oppvarming på 340 kg CO₂-ekv/MWh. Til sammenligning er utslipp fra bruk av fyringsolje 320 kg CO₂-ekv/MWh. For forvaltningen er det nyttig å se på helhetlige analyser for å få belyst alle måter utslipp fra biomassebrenning påvirker klimaet.

Det er behov for å få mer informasjon om aktivitetsdata som benyttes for å beregne både historiske og framtidige utslipp fra vedfyring. Framskrivningene av partikler er ofte basert på enkle antakelser om forbruk av ved. Det legger f.eks. ikke til grunn i hvilken grad fremtidig global oppvarming vil føre til mindre behov for oppvarming i husholdningene, eller om hvorvidt forbudet mot oljefyr vil kunne øke forbruket av ved i husholdningene. Nye krav til boligisolasjon, den nye generasjons forhold til vedfyring, stadig strengere utslippskrav er også momenter som vil påvirke aktivitetsdataene. Er framskrivningene vi har per i dag realistiske sett i lys av nye krav til boligisolasjon, den nye generasjons forhold til vedfyring, stadig strengere utslippskrav?

Det kom opp forslag til nytt prosjekt som kan kaste lys over forskjellene mellom utslippsfaktorer fra laboratorium og reelle utslipp. Dette har blitt forsøkt før men har ikke gitt konklusive svar, f.eks. EU prosjektet beReal.

Hvordan går vi videre med å definere sot/Black Carbon/Elementary Carbon/brown carbon? Innretningen på Ecodesign Direktiv, arbeidet i CEN med målemetode og målestandard ble også diskutert.

Oppsummering

Av komponenter som slippes ut fra vedfyring er det de tre komponentene; CO₂, BC, OC samt bidraget fra albedoeffekten som et resultat av trehogst, som i hovedsak innvirker på klimaet og den globale temperaturen. Svart karbon fra fyring med biomasse bidrar alene til hele 1,6 millioner tonn CO₂-ekvivalenter per år i Norge, men virkningen veies i noen grad opp av samtidige utslipp av avkjølede organisk karbon. Fyring på lav last/effekt og gammel teknologi slipper ut signifikant mer av uforbrente komponenter som partikler/svevestøv og CO. Resultatene fra livssyklusstudier har en signifikant usikkerhet og er helt avhengig av at benyttede utslippsfaktorer stemmer overens med reelle utslipp. I og med den sterke påvirkningen utslipp fra vedfyring har på klimaet anbefales det videre arbeid bl.-a.- for å forbedre utslippsestimatene.

Andre hovedfunn var at gammel teknologi generelt hadde høyere utslipp enn ny, at fyring på feil måte øker utslippene signifikant, at det ikke er funnet noen korrelasjon mellom PM_{2,5} og EC samt at EC i minst grad påvirkes av hvordan teknologien brukes.

Videre ble det fastslått at tilgang på korrekte inngangsdata for å estimere utslipp er den viktigste faktoren for å kunne fremskaffe et godt utslippsregnskap og mer nøyaktig kildedistribusjon. Studier ved NILU antyder at vedforbruket i boliger kan beregnes med rimelig stor sikkerhet ut fra boligtype og størrelse. Foreløpige resultater på lokal skala viser at utslippet av PM_{2,5} er lavere enn tidligere antatt. Databasen som ble utviklet ved NILU (MetVed) er avhengig av gode aktivitetsdata (vedforbruk) og utslippsfaktorer, som begge innehar relativt høy usikkerhet. I tillegg kommer usikkerhet knyttet til hvordan vedovnene

brukes i det virkelige liv, tidsvarierte forbruk avhengig av utetemperatur og strømpris etc. Verktøyene utviklet i dette prosjektet kan benyttes i flere andre sammenhenger hvor det er behov for høy kildeoppløsning.

Når det gjelder tiltak for å få ned utslipp av kortlevde klimadrivere er det tiltaket "overgang til elvarme/varmepumpe" som gir størst utslippsreduksjon i 2030 med ca. 3500 tonn pr år slik tiltakene er skalert her. I 2050 er det tiltakene "forsert utskifting til beste vedovner" og "el-varme/varmepumpe" som gir største utslippsreduksjoner med hhv 2000 og 2300 tonn pr år. Den største reduksjonen oppnås med en kombinasjon av tiltak ("utskifting til beste vedovner", "elektrofilter", "el-varme/varmepumpe").

Hovedkonklusjonen fra presentasjonene kan summeres opp med at beregningen av utslipp i utslippsregnskapet står og faller med utslippsfaktorenes nøyaktighet (antatt å inkludere dårlig forbrenning som følge av feil bruk), aktivitetsdata om vedforbruk og når på døgnet/året dette brennes, samt kvalitet på brenselet som forbrukes (type biomasse, treslag, fuktighet, størrelse etc.) og at resultatene fra (livsløps)analyser igjen påvirkes av det.

Vedlegg 6 – Gruppering av tiltak for verdsetting av helseeffekter

For verdsetting av helsegevinster, har vi gruppert tiltakene fra rapporten "*Beregningsteknisk grunnlag for Meld. St. 41, Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid*" (M-782/2017) på følgende måte:

Tabell V6: Oversikt over den geografiske fordelingen av tiltak som inngår i denne analysen
Gruppe 1 - Gjennomsnittlig verdsettelsesfaktor transporttiltak
Transport
Persontransportveksten i byområdene skal tas med kollektivtransport, sykkel og gange
Nye personbiler skal være nullutslippskjøretøy i 2025
Økt andel ladbare hybridbiler
Nye lette varebiler skal være nullutslippskjøretøy i 2025
Økt andel ladbare lette hybridvarebiler
Nye tyngre varebiler skal være nullutslippskjøretøy i 2030
Økt andel ladbare tyngre hybridvarebiler
50 % av nye lastebiler i 2030 er nullutslippskjøretøy
Økt andel ladbare hybridlastebiler
Nye lokalbusser skal være nullutslippskjøretøy i 2025
Økt andel ladbare hybride lokalbusser
75 % av nye langdistansebusser er nullutslippskjøretøy i 2030
Økt andel ladbare hybride langdistansebusser
30 % av nye motorsykler og mopeder er elektriske i 2030
Biodrivstoff til veitransport
15 % av ikke-veigående maskiner og kjøretøy i 2030 er drevet av el eller hydrogen
Hybridisering av ikke-veigående maskiner og kjøretøy
Gruppe 2 - Andre områder
Industri
Økt andel trekull i silisiumkarbidindustrien
Petroleum
Reduksjon av utslipp fra kaldventilering offshore
Økt gjenvinning av metan og NMVOC ved råoljelasting offshore
Transport
Biodrivstoff til ikke-kvotepliktig innenriks luftfart
Økt andel LNG-drevne supplyskip
Tekniske og operasjonelle tiltak i innenriks sjøfart
Tekniske og operasjonelle tiltak i fiskeflåten
Overføring av gods fra vei til sjø og bane

Tabell V6: Oversikt over den geografiske fordelingen av tiltak som inngår i denne analysen

Gruppe 3 - Andre områder/tettsteder
Industri
Energieffektivisering i næringsmiddelindustrien
Energikonvertering i næringsmiddelindustrien
Energikonvertering i asfaltverk
Transport
Elektrifisering av ferger og passasjerskip
Bygg
Forsert utskifting fra eldre til nyere og beste vedovner og pelletsovner
Bedret fyringsteknikk, nyere vedovner
Ettersyn og vedlikehold, nyere vedovner
Elektrostatisk partikkelrensing, nyere vedovner
Bedret trekkregulering vha røykgassvifte, nyere vedovner
Gruppe 4 - Tettsted
Energiforsyning
Brukte tekstiler til materialgjenvinning
Gruppe 5 - Ikke relevant
Industri
Reduserte lystgassutslipp fra fullgjødselproduksjon
Jordbruk
Bedre tilpasset gjødsling
Mindre matsvinn
Overgang fra kjøtt til mer vegetabilsk og fisk
Stans i nydyrking av myr
Biogass fra husdyrgjødsel

Vedlegg 7 –Verdsettingsfaktorer for PM₁₀ og NO_x

Tabell V7: Verdsettingsfaktorer for PM10 og NOx basert på antatt geografisk fordeling av utslippsreduksjoner (2014-kroner)

Gruppe		Verdsettings-faktor PM ₁₀	Verdsettings-faktor NO _x
1 - Gjennomsnittlig verdsettingsfaktor transporttiltak	I denne gruppa ligger veitransporttiltakene, samt biodrivstofftiltak i veitransport og elektrifisering og hybridisering av ikke-veigående maskiner og kjøretøy	3000 kr/kg	100 kr/kg
2 - Spredt bebyggelse	I denne gruppa ligger tiltak der utslippsreduksjonene er vurdert å komme hovedsakelig i områder med spredt bebyggelse eller i områder uten bebyggelse (som tiltak offshore i petroleumssektoren og luftfartssektoren).	0 kr/kg	20 kr/kg
3 - Delvis spredt bebyggelse og delvis tettsted (gjennomsnitt av gruppe 2 og gruppe 4)	I denne gruppa ligger tiltak der utslippsreduksjonene er vurdert å komme dels i områder med spredt bebyggelse og dels i eller i nærheten av tettsteder.	375 kr/kg	50 kr/kg
4 - Tettsted (15 000 - 100 000 innbyggere)	I denne gruppa ligger tiltak der utslippsreduksjonene er vurdert å skje hovedsakelig i tettsteder, samt tiltak som vil ha effekt både i spredtbygde områder, i tettsteder og i større byer.	750 kr/kg	80 kr/kg
5 - Ikke relevant	I denne gruppa ligger jordbrukstiltak uten utslipp av NO _x eller PM10. De er derfor ikke relevante for analysen av helseeffekter i denne sammenhengen.	Ikke relevant	Ikke relevant

Se også vedlegg 5 i rapporten *"Klimatiltak mot 2030- Klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter"* (M-438/2015) ⁴⁹

⁴⁹ [M-438, Klimatiltak mot 2030- Klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter](#)

Miljødirektoratet

Telefon: 73 58 05 00

E-post: post@miljodir.no

Nett: www.miljodirektoratet.no

Post: Postboks 5672 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøksadresse Trondheim: Brattørkaia 15, 7010 Trondheim

Besøksadresse Oslo: Grensesvingen 7, 0661 Oslo

Miljødirektoratet jobber for et rent og rikt miljø. Våre hovedoppgaver er å redusere klimagassutslipp, forvalte norsk natur og hindre forurensning.

Vi er et statlig forvaltningsorgan underlagt Klima- og miljødepartementet og har mer enn 700 ansatte ved våre to kontorer i Trondheim og Oslo, og ved Statens naturoppsyn (SNO) sine mer enn 60 lokalkontor.

Vi gjennomfører og gir råd om utvikling av klima- og miljøpolitikken. Vi er faglig uavhengig. Det innebærer at vi opptrer selvstendig i enkeltsaker vi avgjør, når vi formidler kunnskap eller gir råd. Samtidig er vi underlagt politisk styring. Våre viktigste funksjoner er at vi skaffer og formidler miljøinformasjon, utøver og iverksetter forvaltningsmyndighet, styrer og veileder regionalt og kommunalt nivå, gir faglige råd og deltar i internasjonalt miljøarbeid.