

Vurdering av rentbrennende vedovners betydning for partikkelutslipp i Oslo kommune

Effekt på svevestøvnivåer

Susana Lopez-Aparicio og Henrik Grythe



NILU rapport 16/2019

Forord

NILU - Norsk institutt for luftforskning (NILU) har utarbeidet en vurdering av rentbrennende vedovners betydning for totalt partikkelutslipp i Oslo. Utredningen er gjennomført på oppdrag av Klimaetaten i Oslo kommune.

Klimaetaten i Oslo kommune gir, gjennom Klima- og energifondet, tilskudd til utskifting av gamle vedovner til nye rentbrennende ovner for å redusere utslippene av svevestøv (PM₁₀ og PM_{2.5}) og gjennom dette bedre luftkvaliteten. Det er behov for bedre kunnskap om effekten av utskifting til rentbrennende ovner i Oslo for å vurdere om det er hensiktsmessig å opprettholde støtteordningen. Klimaetaten i Oslo kommune, ved Maja Eliza Eilertsen og Hilde Solli, har ledet arbeidet fra oppdragsgivers side. Takk til Haakon Olsvold fra Plan og Bygningsetaten i Oslo kommune for data for tidsutvikling av befolknings- og bolig tall i Oslo kommune.

Dr. Susana Lopez-Aparicio (NILU) har vært prosjektleder for oppdraget og har gjennomført utslipps- og spredningsberegninger, samt vurdering av tidsutvikling av vedfyring. Dr. Henrik Grythe (NILU) har bistått med utslippsmodellering og konseptet for tidsutvikling av vedfyring og bidratt til skriving av rapporten. Takk til Matthias Vogt (NILU) for støtten med skriptene for visualisering og sammenligning av resultater. Dag Tønnesen, Dr. Tore Flatlandsmo Berglen og Dr. Britt Ann Kåstad Høiskar (NILU) har vært kvalitetssikrere.

Innhold

Contents

Forord	2
Innhold.....	3
Sammendrag	4
1 Innledning og bakgrunn.....	7
1.1 Målsetning for studiet.....	8
2 Metoden.....	9
2.1 Scenarioer	9
2.2 Utslippsmodellering	10
2.2.1 Vedfyringsutslipp.....	10
2.2.2 Trafikkutslipp.....	11
2.2.3 Andre kilder	11
2.3 Spredningsmodellering	11
2.4 Tidsutvikling av forbruk og vedfyringsutslipp	12
3 Resultater	15
3.1 Utslippsberegninger	15
3.2 Spredningsberegninger av PM _{2.5} og PM ₁₀ -nivåer	16
3.2.1 Beregnede PM _{2.5} - konsentrasjoner	17
3.2.2 Beregnede PM ₁₀ - konsentrasjoner.....	18
3.2.3 Modellevaluering og sammenligning mellom scenarier	20
3.3 Tidsutvikling av vedfyring i kommuner	21
3.3.1 Utslippsreduksjon fra tilskuddordningen i Oslo kommune	21
3.3.2 Tidsutvikling av vedfyringsutslipp	22
3.3.3 Tidsutvikling av vedforbruket.....	23
3.3.4 Tidsutvikling av utslippsfaktorer	26
4 Konklusjoner.....	28
5 Referanser	30

Sammendrag

Klimaetaten i Oslo kommune gir, gjennom Klima- og energifondet, tilskudd til utskifting av gamle vedovner til nye rentbrennende ovner. Formålet er å redusere utslippene av svevestøv (PM_{10} og $PM_{2.5}$) og gjennom dette bedre luftkvaliteten. Støtten er i dag på 6 000 NOK til beboere innenfor Ring 3 og 1 500 NOK utenfor Ring 3. Over 11 000 rentbrennende ovner har blitt installert med dette tilskuddet fra 1998 til 2019. Det er behov for bedre kunnskap om effekten av utskifting til rentbrennende ovner i Oslo for å kunne vurdere om det er hensiktsmessig å opprettholde støtteordningen.

Målet med studien er å vurdere effekten av offentlig tilskudd til utskifting av gamle vedovner til nye rentbrennende ovner, og i hvilken grad ordningen har påvirket det totale partikkelutslippet og luftkonsentrasjoner i Oslo kommune for både PM_{10} og $PM_{2.5}$. Det ville vært interessant å vurdere hvordan utviklingen av utslipp hadde vært uten tilskudd, men dette er vanskelig med de tilgjengelige data.

Beregninger og analyser

NILU har utført tre ulike beregninger i denne studien:

- Utslippsmodellering og spredningsberegninger for 4 ulike scenarier.
- Beregninger med en forenklet modell for å estimere utslippsreduksjon fra tilskuddordningen i Oslo kommune.
- Vurdering av tidsutvikling av vedfyringsutslipp, vedforbruk og utslippsfaktorer for kommuner med og uten tilskuddordning.

Scenarier

Følgende scenarier er det foretatt utslipps- og spredningsberegninger for:

- **Scenario 1: Dagens situasjon 2015.** I dette scenariet er utslippene oppdatert og basert på forbruk per teknologi og de norske offisielle utslippsfaktorene for PM for åpen peis og gamle/nyere vedovner. Dette scenariet brukes som referanse.
- **Scenario 2: Teoretisk situasjon.** Dette er en teoretisk situasjon der alle gamle ovner er skiftet ut med nye rentbrennende ovner. NILU bruker scenario 2 for å vurdere effekten av å skifte ut alle gamle ovner til nye ovner på utslipp og konsentrasjon av $PM_{2.5}$ og PM_{10} .
- **Scenario 3 Alternativ situasjon og scenario 4 Alternativ case - økodesign vedovner.** Disse scenarioene beskriver alternative situasjoner med utslippsfaktorer for PM som baseres seg på en kontinuerlig introduksjon av nye utslippsreducerende vedovns-teknologier fra 1998 til i dag. De offisielle utslippsfaktorene tar ikke høyde for gradvis reduksjon av utslippsfaktorene. I scenario 3 antas en lineær nedgang i utslippsfaktor frem til en antatt utslippsfaktor på 2,2 g/kg, som tilsvarer utslippsreduksjoner slik produsentene av vedovner oppgir. Dette resulterer i en gjennomsnittlig utslippsfaktor på 7,4 g/kg i 2015. I scenario 4 antas i en kontinuerlig nedgang i utslippsfaktor frem til utslippsfaktor for dagens økodesign vedovner. Slike ovner har en utslippsfaktor på 5,5 g/kg. Dette resulterer i gjennomsnittlig utslippsfaktor på 9,96 g/kg i 2015. NILU bruker scenario 3 og 4 for å vurdere effekten av kontinuerlig introduksjon av nye

vedovnsteknologier fra 1998 til i dag. Denne effekten hensyntas ikke i de offisielle utslippsfaktorene.

Resultater

De beregnede PM_{2.5} - utslippene¹ fra vedfyring i Oslo kommune var i 2015 på omtrent 383 tonn og reduseres med 17,9% hvis alle gamle ovner skiftes ut med nye rentbrennende ovner (Scenario 2). Når vi tar hensyn til den kontinuerlige introduksjonen av nye vedovnsteknologier fra 1998 til i dag, reduseres utslippene med henholdsvis 46,5% (ca. 205 tonn PM_{2.5}) og 28,7% (ca. 273 tonn PM_{2.5}) for scenario 3 og 4. Resultatene viser betydningen av å skifte ut gamle teknologier med nye rentbrennende vedovner. I tillegg viser beregningene at reduksjonen i utslippene påvirkes av hvordan man tar høyde for at ny teknologi gradvis introduseres i markedet.

Resultatene fra spredningsberegningene viser at PM_{2.5}-nivåene i alle scenarioene ligger godt under grenseverdien for årsmiddel (15 µg/m³ pr. kalenderår) i hele modellområdet. PM₁₀-nivåene i alle scenarioene ligger også godt under grenseverdien for årsmiddel (25 µg/m³ pr. kalenderår) i hele modellområdet. Beregningsresultatene for scenarioene i forhold til forskriftens krav til døgnmiddelverdier for PM₁₀ (for døgnmiddelverdier tillates 30 døgn med overskridelser av grenseverdien på 50 µg/m³) viser at overskridelser er beregnet i alle scenarioene på en del av veinettet og er direkte knyttet til veistøvutslipp.

Utslipp- og spredningsberegningene baserer seg på ulike scenarioer for 2015. Derfor har vi undersøkt potensiell utslippsreduksjon siden 1998 når tilskuddsordningen ble etablert. I Oslo kommune har over 11 000 rentbrennende ovner blitt installert i perioden 1998 til 2019 med støtte fra tilskuddordningen. NILU har estimert potensiell utslippsreduksjon assosiert med det rapporterte antall ovner. Resultater viser at akkumulert utslippsreduksjon av PM_{2.5} fram til 2017 som følge av tilskuddordningen, summerer opp til 27 tonn i 2017. Dette innebærer en 5% utslippsreduksjon i 2017 i forhold til utslipp i 2005.

Utslipp fra vedfyring avhenger av utslippsfaktorer og vedforbruk per teknologi. For at utslippene skal reduseres, må forbruket av ved være konstant eller reduseres. Økt vedforbruk vil motvirke effekten av mer rentbrennede teknologi. Nye rentbrennende ovner har lavere vedforbruk enn gamle. Samtidig er det mulig at en moderne ovn gjøre det bedre/letter å fyre og at man bruker den nye ovnen mer enn den gamle. Dette vil medføre økt vedforbruk.

For å vurdere disse effektene, er vedfyringsutslipp, vedforbruk og utslippsfaktor vurdert for perioden fra 2005 til 2018. Analysen ble utført for kommuner både med og uten støtteordning for å kunne vurdere om støtteordningene påvirker beregnede utslippsreduksjoner. Sammenligningen av utslipp for disse kommunene viser ingen signifikant forskjell mellom dem med og dem uten tilskuddsordninger. Alle kommuner har en reduksjon i PM_{2.5}-utslippene i perioden på under 5% pr. år. Reduksjonen i Oslo kommune er den laveste med 1,7% pr. år.

¹ PM_{2.5}-utslipp fra vedfyring er lik PM₁₀-utslipp fra vedfyring siden alt PM-utslippet kommer i form av PM_{2.5}. PM₁₀ er alle partikler med diameter under 10 µm og inkluderer dermed også partikler med diameter under 2,5 µm, dvs PM_{2.5}.

Vedforbruket spiller en viktig rolle i analysen av utslipp fra vedfyring. Mens totalt vedforbruk i Oslo går ned med omtrent 1,0% pr. år, går vedforbruket ned med inntil 4,3% i de øvrige undersøkte kommunene. Totalt vedforbruk på kommunenivå påvirkes av befolkningsendringen over tidsperioden og variasjoner i temperatur fra år til år. Justert for befolkningsvekst og temperaturvariasjoner er vedforbruket i Oslo kommune redusert med 2,8% pr. år. Dette er en lavere reduksjon enn i de kommunene det er sammenlignet med.

Tidsutviklingen av utslippsfaktorer viser at reduksjonen er raskere i Oslo kommune enn i de fleste undersøkte kommunene. Dette kan være en effekt av tilskuddordningen. Reduksjon av utslipp fra vedfyring i Oslo kommune er imidlertid mindre enn reduksjonen i vedfyringsutslipp i andre kommuner. Den lave reduksjonen i vedforbruk i Oslo kommune kan forklare den lave reduksjonen i utslippene fra vedfyring. Den positive effekten av å redusere utslippsfaktorene motvirkes av den lave reduksjonen i vedforbruket. Resultatet er en lavere utslippsreduksjon enn man kunne forvente.

Hovedkonklusjoner

- Å skifte ut gamle ovner med nye kan gi en forbedring i luftkvaliteten målt i konsentrasjon av $PM_{2,5}$ på opptil 8 prosent.
- Analyse av utslipp og vedforbruk i Oslo kommune viser at vedforbruket har vært relativt konstant selv når folk har byttet ut ovnene sine. Det kan skyldes at folk enten fyrer mer når de får ny ovn eller at de bytter fra annen oppvarming til vedfyring.
- Gjennomsnittlig utslippsfaktor i Oslo kommune har imidlertid gått ned (0,14 g/kg ved per år); noe som kan ha sammenheng med tilskuddsordningen.
- Det at det ikke er tilsvarende utvikling i andre kommuner med tilskuddsordning svekker imidlertid hypotesen om at dette har noe med tilskuddsordningen å gjøre.
- $PM_{2,5}$ utslippet i Oslo kommune har sunket med 1,7 prosent per år siden 2005.

Modellering og vurdering av den potensielle utslippsreduksjonen som kan tilskrives tilskuddsordningen, viser at tilskuddsordningen potensielt har en stor effekt på reduksjon av partikkelutslipp og konsentrasjoner av $PM_{2,5}$ og PM_{10} . Beregningene viser at tilskuddsordningen i Oslo kommune gir betydelige reduserte utslipp pr. enhet av forbrent ved (reduksjon av den gjennomsnittlige utslippsfaktoren over tid), men effekten på totalt PM -utslipp er liten.

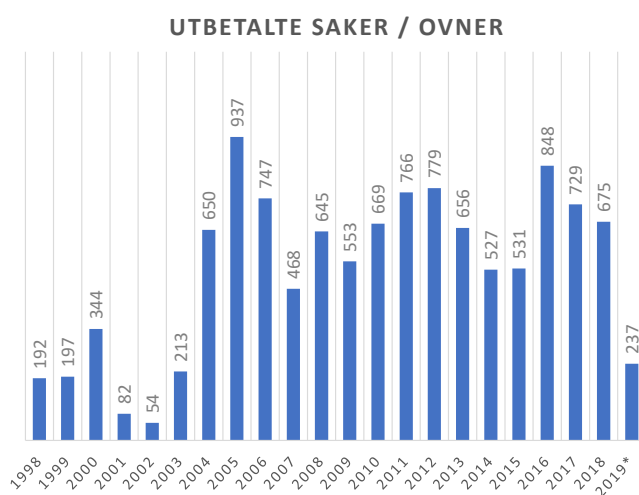
NILU anbefaler å introdusere tiltak som rettes mot å redusere vedforbruk i tillegg til dagens tilskuddsordning til utskifting av gamle vedovner med nye rentbrennende ovner. Dette vil gi betydelig større utslippsreduksjon fra vedfyring i Oslo kommune.

Rentbrennende vedovners betydning for partikkelutslipp

1 Innledning og bakgrunn

Vedfyring er en av de viktigste oppvarmingskildene i Norden. I Norge er vedfyring den nest viktigste oppvarmingskilden etter strøm. Hovedsakelig er ildstedene i Norge og Oslo åpne peiser og vedovner som varmer opp små områder, og totalt er det estimert å være 2,5 millioner ildsteder i Norge. I Oslo kommune er det registrert 136 000 pipeløp hos brannvesenet, og Oslo har et estimert forbruk i 2017 på over 32 tusen tonn ved (SSB, 2019). Utslipp fra vedfyring bidrar derfor i Oslo, i likhet med andre norske byer, med vesentlige utslipp som påvirker luftkvaliteten. Vedfyring er en av de største kildene til svevestøv (PM_{10} og $PM_{2.5}$), men har også utslipp av flere andre helseskadelige komponenter som blant andre, polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og karbonmonoksid (CO), og er også en viktig kilde til klimapådrivere som metan (CH_4) og sot-partikler (BC). Vedfyring bidrar med 75% av de totale $PM_{2.5}$ -utslippene og over 50% av $PM_{2.5}$ -konsentrasjonsnivåene i norske byer.

Klimaetaten i Oslo kommune har, gjennom klima- og energifondet, gitt tilskudd til utskifting av gamle vedovner til nye rentbrennende ovner for å redusere utslippene av svevestøv (PM_{10} og $PM_{2.5}$) og bedre luftkvaliteten. Tilskudd til utskifting av vedovner ble implementert i 1998 til og med 2019. Støtten er i dag på 6 000 NOK til beboere innenfor Ring 3 og 1 500 NOK utenfor Ring 3. Over 11 000 rentbrennende ovner har blitt installert med dette tilskuddet (Figur 1). Dette betyr at rundt 8% av de registrerte vedfyringsinstallasjonene i Oslo er installert med tilskuddet. Det er et behov for å kvantifisere hvilken effekt ordningen, som har som primært mål å redusere utslipp og luftkonsentrasjoner av partikler, har hatt. Det er et behov for bedre kunnskap om effekten av utskifting til rentbrennende ovner i Oslo for å kunne vurdere om det er hensiktsmessig å opprettholde støtteordningen.



Figur 1: Antall ovner installert med tilskuddsordningen fra 1998 til 2019 (*april 2019).

For å forstå utslipp fra vedfyring og den eventuelle utslippsreduksjonen, er det nødvendig å vurdere variablene som definerer utslipp. Utslippene beregnes som produktet av aktivitetsdata (vedforbruk) og utslippsfaktorer som defineres for hver enkelt type vedfyringsteknologi:

$$U_i = V_{tek} \times UF_{i,tek} \qquad \text{Ligning 1}$$

hvor U_i er vedfyringsutslipp (g) av komponent i , V_{tek} (kg) er vedforbruk per vedfyringsteknologitype tek (f.eks. åpen peis, gammel vedovn, ny vedovn) og $UF_{i,tek}$ er utslippsfaktoren fra vedfyring og indikerer hvor mye av komponent i som slippes ut per vedfyringsteknologi (tek). Utslippsfaktorer er her definert som gram av komponent i per kilogram tørr ved (g/kg).

Målet med tilskuddsordningen er å redusere utslippene ved å flytte vedforbruk fra ovner og peiser med høy utslippsfaktor (ikke rentbrennende) over til nye, rentbrennende ovner med lavere utslippsfaktorer. Dette vil redusere den gjennomsnittlige utslippsfaktoren og derfor bidra til å redusere utslippene. Tilskuddsordningen søker derfor å framskynde denne naturlige utskiftningsprosessen gjennom positive incentiver. Isolert sett vil en mer rentbrennende ovn ha lavere utslipp ved samme forbruk som en gammel. Ovnene er også mer effektiv – for å få like mye varme trengs det dermed mindre ved. En ny ovn kan imidlertid gjøre det mer attraktivt å fyre. Derved ligger usikkerheten i hvilken grad vedforbruket påvirkes av ordningen.

1.1 Målsetning for studiet

Målet med denne studien er å vurdere effekten av Oslo kommune sitt offentlige tilskudd til utskifting av gamle vedovner til nye rentbrennende ovner, og i hvilken grad denne tilskuddsordningen har påvirket eller kan påvirke det totale partikkelutslippet og luftkonsentrasjoner for både PM_{10} og $PM_{2.5}$. Resultater fra utslipps- og spredningsberegninger vil brukes til å vurdere effekten av tilskuddsordningen og i hvilken grad den bidrar til å bedre lokal luftkvalitet. Disse resultatene støtter opp under vurderingen av tidsutvikling av vedforbruk, utslippsfaktorer og vedfyringsutslipp.

2 Metoden

2.1 Scenarier

Bidraget som utskifting av gamle ovner til rentbrennende ovner har på PM_{10} og $PM_{2.5}$ utslipp og konsentrasjoner har blitt vurdert ved utslippsmodellering og spredningsberegninger for 4 ulike scenarier. Det er generelt stor usikkerhet knyttet til utslipp fra vedfyring i Norge, noe som i stor grad tilskrives usikkerheter i utslippsfaktorer (Grythe *et al.*, 2019). Ulike scenarier ble valgt for 1) å vurdere den potensielle effekten av total introduksjon av nye vedovner, 2) å vurdere effekter av å ta høyde for en gradvis introduksjon av nyere vedfyringsteknologier, og 3) å bidra til å redusere usikkerhet knyttet til utslippsfaktorer fra vedfyring og for å bidra til forståelse av rentbrennende vedovners betydning for utslipp og luftkvalitet.

I denne rapporten refererer vi til nye vedovner som alle ovner produsert etter 1998. Vedfyringsteknologien har imidlertid forbedret seg gradvis siden 1998. NILU tar hensyn til denne gradvise forbedringen ved å bruke utslippsfaktorer slik produsentene av vedovner oppgir dem (Scenario 3) og med utslippsfaktorer tilsvarende «økodesign» vedovner (Scenario 4).

De valgte scenarioene er:

Scenario 1: Dagens situasjon. Dette representerer situasjonen der utslipp er tilsvarende de oppdaterte utslippene basert på forbruk per teknologi og de norske offisielle utslippsfaktorene for PM for gamle/nyere vedovner (Tabell 1). NILU bruker scenario 1, dagens situasjon, som referanse.

Scenario 2: Teoretisk situasjon. Dette representerer en tenkt situasjon der alle gamle ovner er skiftet ut med nye rentbrennende ovner. I scenario 2 er vedforbruket det samme som i scenario 1, og de offisielle utslippsfaktorene for nyere vedovner (Tabell 1) er benyttet i beregningene. Formålet med scenario 2 er å vurdere effekten av å skifte ut alle gamle ovner til nye ovner på utslipp og konsentrasjon av $PM_{2.5}$ og PM_{10} .

Scenario 3: Alternativ situasjon. Dette representerer en alternativ situasjon der det brukes utslippsfaktorer for PM som baserer seg på en kontinuerlig introduksjon av nye utslippsreducerende vedovns-teknologier fra 1998 til i dag. De offisielle utslippsfaktorene tar ikke høyde for en slik gradvis reduksjon av utslippsfaktorene. Her antas en lineær nedgang i utslippsfaktorene frem til en antatt utslippsfaktor på 2,2 g/kg, som tilsvarer utslippsreduksjoner slik produsentene av vedovner oppgir.

Scenario 4: Alternativ case - økodesign vedovner. Dette representerer en alternativ situasjon der det brukes utslippsfaktorer for PM som baseres seg på kontinuerlig introduksjon av nye vedovns-teknologier fra 1998 til i dagens økodesign-vedovner med utslippsfaktor på 5,5 g/kg.

NILU bruker scenario 3 og 4 for å vurdere effekten av en kontinuerlig introduksjon av nye vedovnsteknologier fra 1998 til i dag. Dette tas det ikke hensyn til i de offisielle utslippsfaktorene.

Scenario 1 og 2 tar i bruk offisielle utslippsfaktorer for PM fra vedfyring i storbyer i Norge (Tabell 1) og vedforbruket er konstant. Utslippsfaktorene baserer seg på laboratoriemålinger

og brukes i dag som konstante verdier i forbindelse med offisiell rapportering av utslipp til internasjonale organer.

Offisielle faktorer representerer ikke en kontinuerlig introduksjon av nye teknologier i markedet (Tabell 1). Det ble derfor valgt to alternative scenarier som baserer seg på vektete utslippsfaktorer som tar hensyn til en lineær introduksjon av ny, forbedret vedovnsteknologi fra 1998 til 2016. I scenario 3 antar vi en lineær nedgang i utslippsfaktorene frem til en antatt utslippsfaktor på 2,2 g/kg, som tilsvarer utslippsreduksjoner slik produsentene av vedovner oppgir. Dette resulterer i en gjennomsnittlige utslippsfaktor på 7,4 g/kg for det totale vedforbruket i 2015. Scenario 3 kan betraktes som optimistisk, derfor er også et scenario 4 inkludert, som baserer seg på introduksjon av økodesign-vedovner i 2016 med utslippsfaktorer på 5,5 g/kg. Dette resulterer i en gjennomsnittlig utslippsfaktor på 9,96 g/kg for det totale vedforbruket i 2015. Spredningsmodellens resultater fra scenario 1, 3 og 4 blir også sammenlignet med målingene ved utvalgte målestasjoner i Oslo i 2015, for å evaluere modellberegninger opp mot målte konsentrasjoner og for å si noe om realismen av de valgte utslippsfaktorene.

Tabell 1: Offisielle norske utslippsfaktorer for PM fra vedfyring i storbyer brukt i rapportering av norske utslipp. Her tas det ikke høyde for en gradvis introduksjon av nye vedovns-teknologier.

	Utslippsfaktorer fra vedfyring (Seljeskog <i>et al.</i> , 2013)		
	Åpen peis	Vedovn (Produsert før 1998)	Vedovn (Produsert i/etter 1998)
PM ₁₀ (g/kg)	17,0	17,1	12,0
PM _{2.5} (g/kg)	16,4	16,5	11,6

2.2 Utslippsmodellering

For å forstå effekten av og relevansen til vedfyringsutslipp på den totale PM-konsentrasjonen i lufta er det nødvendig å inkludere utslipp også fra andre kilder enn vedfyring. Dette må gjøres for å kunne evaluere beregnede konsentrasjoner med hensyn til overskridelser av luftkvalitetskriterier og gjeldende grenseverdier, samt for å forstå den totale eksponeringen og sammenligne med målte konsentrasjoner. Her gis en kort beskrivelse av alle utslippskildene som tas med i utslipps- og spredningsberegningene.

2.2.1 Vedfyringsutslipp

Vedfyring er den største enkeltkilden til PM_{2.5} og en betydelig kilde til PM₁₀ i Oslo (Tarrason *et al.*, 2017). For å kunne beregne etterprøvbare og gyldige PM-konsentrasjoner for Oslo er det behov for utslippsdata med høy romlig oppløsning. Utslipp fra vedfyring er derfor beregnet med Metved-modellen utviklet av NILU (Grythe *et al.*, 2019). MetVed-modellen estimerer vedfyringsutslipp med høy romlig oppløsning. Modellen kombinerer nedskalering med bottom-up prinsipper for å estimere vedfyringspotensiale i et modellrutenett. Den baserer seg på boligtyper, størrelse, oppvarmingsteknologi, energibehov og utendørs temperatur. Modellen kombinerer flere databaser med meget detaljert informasjon. Databasene inneholder boligtall og boligtyper med 250 meters romlig oppløsning, statistikk for energibruk i husholdninger for kommuner etter boligtype (fra ENOVA), plassering av ildsteder som punktkilder (brannvesen, samt finn.no; Lopez-Aparicio *et al.*, 2018), og geografisk posisjon av boliger med informasjon om boligtyper (f.eks. enebolig, leilighet, tomannsbolig), samt

tilgjengelige teknologier for oppvarming i husholdningene (f.eks. varmepumpe, fjernvarme, vedovn). Databasene blir i MetVed-modellen kombinert og forhold mellom ulike variabler analysert. MetVed-modellen inkluderer en tidsvariasjon av vedforbruket som baserer seg på konseptet med døgn-gradsoppvarming kombinert med tidsvariasjon fra forbrukerstatistikk. For å beregne vedfyringsutslipp til scenarier vil scenarienes antagelser legges til i MetVed og hypotetiske utslipp beregnet og deretter brukes som inngangsdata i spredningsberegninger.

2.2.2 Trafikkutslipp

Vegstøvutslipp er det dominerende bidraget til PM₁₀-utslipp og står også for betydelige utslipp av PM_{2.5} (Tarrason et al., 2017). For å beregne vegstøvbidraget ble modellen NORTRIP, en vegstøvmodell som er spesialutviklet for nordiske forhold benyttet. NORTRIP beregner de viktigste parameterne for akkumulasjon av vegstøv i vegbanen og beregner også fuktighet på vegoverflaten som er viktig for oppvirvling. Dette gjøres basert på inngangsdata om meteorologi, trafikkmengde og kjøretøyfordeling, veibanens beskaffenhet, vegvedlikehold, m.m.

Eksosutslipp fra vegtrafikk vil bli beregnet for 2015 med NILU sin utslippsmodell. Modellen beregner utslipp av PM₁₀ og PM_{2.5} med høy oppløsning, definert for hver enkelt veglenke. I utslippsberegningene benyttes detaljerte utslippsfaktorer basert på HBEFA («Handbook of Emission Factors for Road Transport»). I HBEFA er utslippsfaktorer definert for ulike hastigheter og kjøremønster som for eksempel trafikkflyt, bykjøring, stigningsprosent m.m. Det samme gjelder drivstofftype, Euro-teknologiklasse, motorvolum og kjøretøyenes alder, som alle er med å påvirke utslippsfaktorene for de individuelle kjøretøyklassene.

2.2.3 Andre kilder

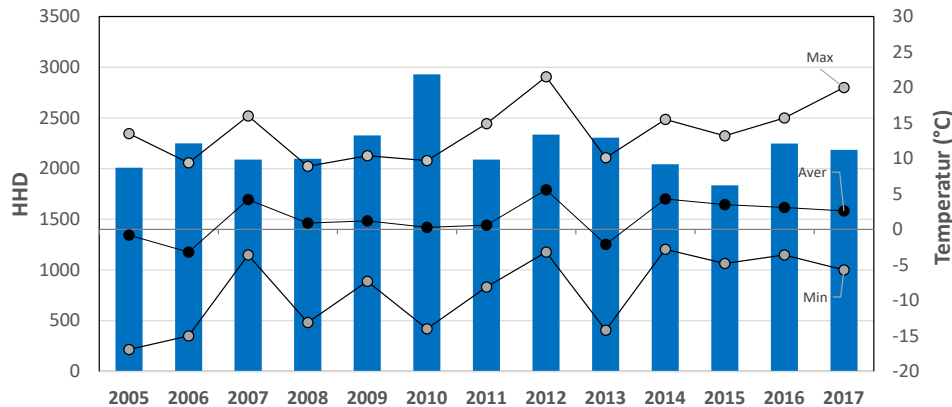
Andre kilder inkluderer utslippene fra skip og aktiviteter på kaiområdene rundt Oslo havn basert på aktivitetsdata fra 2013. Aktivitetsdataene omfatter antall anløp, liggetid ved kai og utslippsfaktorer for ulike skips kategorier (Lopez-Aparicio et al., 2017). Andre kilder inkluderer også utslipp fra motorredskaper fra industri, militæranlegg, bygg og anlegg, jernbane, samt oppvarming av boliger og andre bygg med annet brensel enn ved.

2.3 Spredningsmodellering

Konsentrasjonene av PM₁₀ og PM_{2.5} ble beregnet ved hjelp av NILU sin lokal-skala spredningsmodell EPISODE (Hamer et al., 2019) for de 4 scenarioene. Spredningsmodellen benytter beregnet utslipp, meteorologiske data og bakgrunnskonsentrasjoner. Bakgrunnskonsentrasjoner for 2015 fra CAMS (Marécal et al., 2015) ble brukt til å estimere bidraget til PM-konsentrasjonen fra områder utenfor modellområdet. Meteorologiske data som vindhastighet, vindretning og atmosfærisk stabilitet er viktige inngangsdata for spredningsmodellen. Meteorologiske data fra AROME (Seity et al., 2011) for 2015 ble brukt på 1x1 km² oppløsning.

I utredningen er det tatt utgangspunkt i meteorologiske data for året 2015 for å sammenligne beregningene av dagens situasjon og scenarioene med måledata for 2015. Figur 2 viser oppvarmingsgrader (HDD) i Oslo fra 2005 til 2017. HDD er et mål på oppvarmingsbehov og beregnes ved å summere antall grader den gjennomsnittelige døgn temperaturen er under 15°C. Figur 2 viser totale HDD i hvert år, samt gjennomsnitt-, maksimums- og minimumstemperaturer fra Blindern målestasjon i Oslo. Fra og med 2014 til og med 2017 varierer gjennomsnitt- og minimumstemperatur i Oslo lite, mens det var kaldere i 2013 og

2010. Modellåret 2015 hadde ikke ekstreme temperaturforhold, og nær normalt oppvarmingsbehov.



Figur 2: Årlig antall oppvarmingsgrader (HHD) og gjennomsnittlig (Aver), maksimum (Max) og minimum (Min) temperaturer i Oslo basert på data fra Blindern meteorologiske målestasjon.

EPISODE inkluderer også beregning av linjekilder (trafikk) og benytter detaljert utslippsinformasjon for vedfyring og andre kilder. Modellen har vært testet i internasjonale fora for luftkvalitet (FAIRMODE) med gode resultater, og ble i mange år benyttet også til å utarbeide daglige prognoser for luftkvaliteten i de syv største by-områdene (Bedre Byluft) og i Nasjonalt Beregningsverktøy (NBV; Tarrason *et al.*, 2017). EPISODE benytter to separate moduler, en «rutenett-modell», som har en oppløsning på 1 x 1 km², og en modul for å estimere konsentrasjonene ved punkter i rutenettet som gir mulighet for en oppløsning på 100 m for bakkekonsentrasjoner.

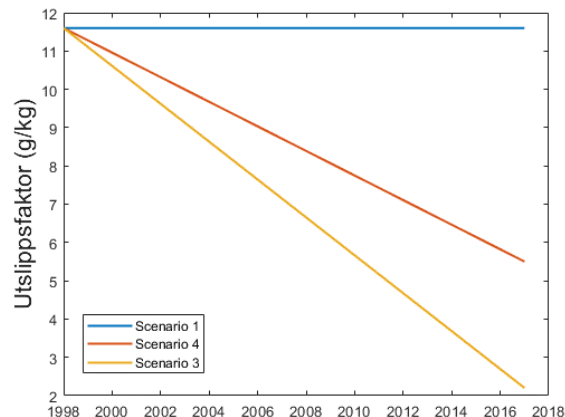
2.4 Tidsutvikling av forbruk og vedfyringsutslipp

Hvordan støtteordningen spiller inn på det totale utslippet over tid kan ikke utledes direkte fra data. Siden samfunnet er i konstant endring er det naturlig å sammenligne endringen i Oslo med endringen i andre norske kommuner. Vintertemperatur må tas i betraktning da det er en betydelig sammenheng mellom oppvarmingsbehov og vedforbruk på nasjonalt plan. Endringer i befolkning og fyringsvaner kan også spille inn på vedfyringsutslipp. For å isolere støtteordningens effekt på vedfyringsutslipp fra andre endringer ble flere innfallsvinkler benyttet.

Vi har utført en separat vurdering av den totale potensielle utslippsreduksjonen tilskuddordningen i Oslo kommune har. Vurderingen bygger på tidsrommet fra 2005 til 2017 (der spesifikke forbrukstall for Oslo fra SSB eksisterer) og antatt tidsutvikling av utslippsfaktorer og antall vedovner skiftet ut med støtte fra tilskuddordningen (Figur 1) pr. år fra 1998 til 2017. For å gjøre det mulig å evaluere ordningen har vi i denne analysen for hvert scenario antatt at støtteordningen ikke påvirker vedforbruket for de ovnene som er byttet ut.

Utslippsfaktorene for hvert scenario for det året den nye ovnen ble installert er vist i Figur 3. Scenario 1 med offisielle utslippsfaktorer for et snitt av ovner produsert etter 1998, (Seljeskog *et al.* 2013); Scenario 3 med kontinuerlig forbedring av vedovnsteknologien til i dagens

vedovner med en utslippsfaktor på 2,2 g/kg; og Scenario 4 med kontinuerlig introduksjon av nye vedovner til i dag med økodesign-vedovner med utslippsfaktor på 5,5 g/kg.



Figur 3: Tidsutvikling av utslippsfaktorene for rentbrennende vedovner fra 1998 til 2017. Utslippsfaktorene gjelder for ovner byttet ut i hvert år. Scenario 1: Følger den offisielle utslippsfaktoren på (11,6 g/kg); Scenario 3 og 4: kontinuerlig introduksjon av nye vedovner, med forbedret utslippsteknologi til dagens på h.h.v. 2,2 g/kg (Scenario 3) og 5,5 g/kg (Scenario 4).

NILU har også vurdert hvordan tilskuddsordningen har bidratt til lavere vedfyringsutslipp over tid basert på tidsutvikling av vedforbruk per teknologi, utslippsfaktorer og vedfyringsutslipp. Data for Oslo kommune er sammenlignet med data fra andre kommuner uten tilskuddsordning. Til dette formålet var det relativt konsistente data tilgjengelig fra 2005 til 2018. NILU har valgt 9 kommuner med og 7 uten tilskuddsordning. Kommuner med høyt befolkningstall ble prioritert for å øke sammenlignbarheten. Valgte kommuner med tilskuddsordning var Oslo, Lillehammer, Bergen, Bærum, Stavanger, Kristiansand, Moss, Skien og Løten, mens kommuner uten tilskuddsordning var Drammen, Trondheim, Sarpsborg, Lørenskog, Bodø og Steinkjer.

Data om vedforbruk

Data fra Statistisk sentralbyrå (SSB) om vedforbruk i boliger etter fyringsteknologi er tilgjengelig kun på fylkesnivå. Derfor ble disse data bare direkte vurdert for Oslo der kommune og fylke har samme administrative grenser. For de andre kommunene, baserte vurderingen seg på vedforbruk og utslippsresultater fra MetVed modellen (Grythe *et al.*, 2019).

Gjennomsnittlige utslippsfaktorer

Basert på beregnet utslipp og vedforbruk ble gjennomsnittlige utslippsfaktorer beregnet for 2005 - 2018 for hver av de valgte kommunene. Dette gir informasjon om introduksjonen av nye vedovner over tid og belyser forskjellen mellom kommuner med og uten tilskuddsordning. Resultatene fra kommunene med og uten tilskuddsordning ble sammenlignet for å bedre forståelsen av tilskuddsordningens betydning med hensyn til totalt partikkelutslipp.

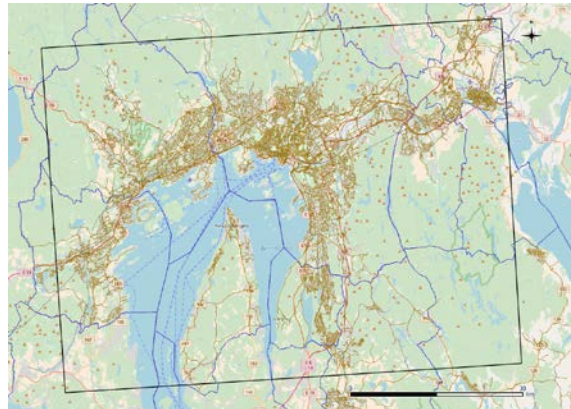
Justering for befolkningsvekst og temperaturvariasjoner

Tidsvariasjonen på kommunenivå kan påvirkes av variabler som forandringer i befolkningen i samme tidsperiode eller endret oppvarmingsbehov som følge av endring av bygningsmasse eller klima. Kaldere vintre vil innebære høyere oppvarmingsbehov og derfor potensielt høyere vedforbruk. Disse variablene er også vurdert i utvalgte kommuner for å isolere effekten av

tilskuddsordningen. Plan og bygningsetaten i Oslo kommune framskaffet data om befolkningen i Oslo kommune fra 2008 til 2019, mens befolkningstall for de andre kommuner er fra SSB (2009 til 2018). Data fra målestasjoner (Meteorologisk institutt) ble brukt for å beskrive temperaturen i utvalgte kommuner.

3 Resultater

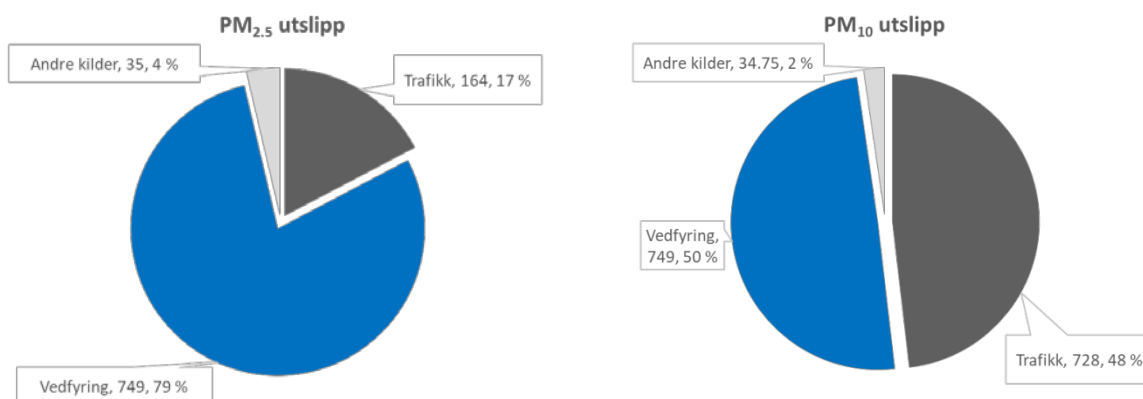
Effekten som utskifting av gamle ovner til nye rentbrennende ovner har på utslipp og konsentrasjoner av PM_{10} og $PM_{2.5}$ ble vurdert basert på utslippsmodellering og spredningsberegninger for de 4 scenarioene. Resultatene fra spredningsberegningene presenteres for modellområdet vist i Figur 4, som dekker den bebodde delen av Oslo kommune, samt deler av omliggende kommuner. Utslippstall blir presentert både for utslipp i Oslo kommune og utslipp innen hele modellområdet. For scenario 3 og 4 er det antatt at omliggende kommuners utslippsfaktorer endres i samme grad som for Oslo.



Figur 4: Modellområdet som benyttes i utslipps- og spredningsberegningene for de 4 scenarioene dekker området innenfor den optrukne firkanten (Stor-Oslo). Blå linjer indikerer kommunegrenser og brune linjer indikerer veinettet.

3.1 Utslippsberegninger

Figur 5 viser beregnet utslipp for 2015 (Scenario 1 Dagens situasjonen) for $PM_{2.5}$ og PM_{10} fra alle kilder i modellområdet. Vedfyring er den største kilden til både $PM_{2.5}$ utslipp og PM_{10} utslipp med h.h.v 79% og 50% bidrag med 749 tonn/år, hvorav omlag halvparten er i Oslo kommune. Utslipp fra trafikk er dominert av større partikler (PM_{10}) og har derfor et lavere bidrag til $PM_{2.5}$ enn til PM_{10} . Vedfyring har omtrent det samme bidraget til PM_{10} -utslippet som til $PM_{2.5}$ -utslippet, noe som indikerer at omtrent alt PM -utslippet fra vedfyring kommer i form av $PM_{2.5}$.

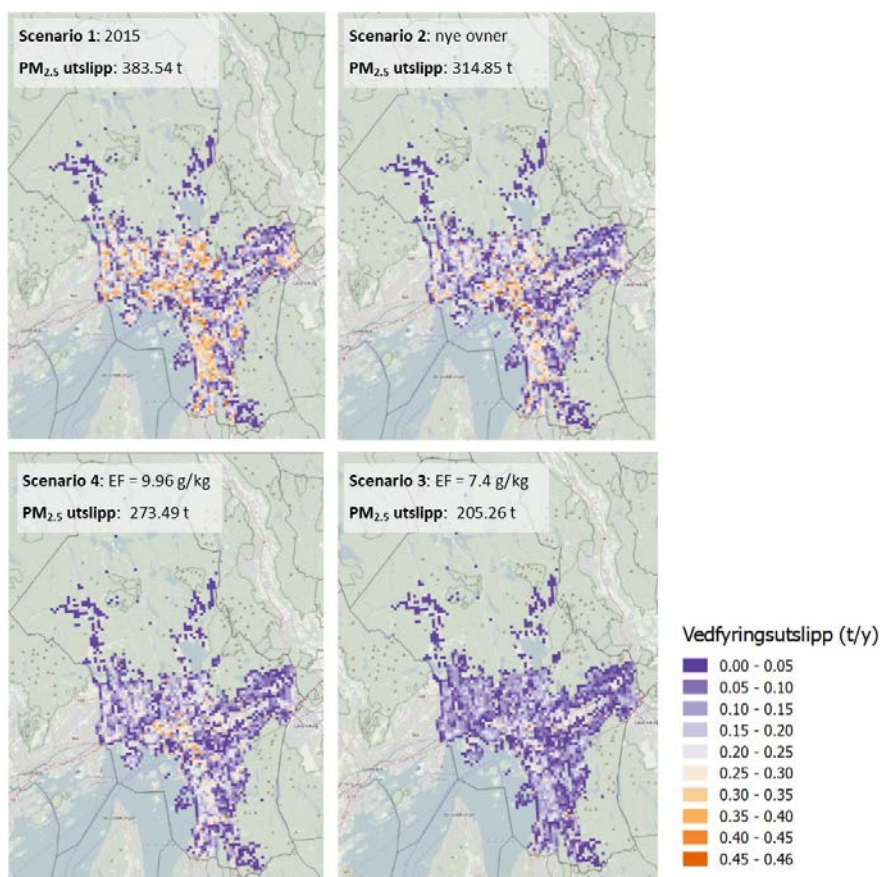


Figur 5: Utslipp (Kilder, tonn/år, % bidrag til totale utslipp) av $PM_{2.5}$ og PM_{10} innenfor modellområdet som benyttes i beregningene for dagens situasjon (2015; Scenario 1).

Figur 6 viser vedfyringsutslipp for de 4 scenarioene i Oslo kommune med 250 meters romlig oppløsning. De høyeste utslippene for PM_{2.5} fra vedfyring i 2015 er på 384 tonn i Scenario 1. De høyeste PM_{2.5}-utslippsratene er i området med høy konsentrasjon av boliger og en høy andel av vedfyring (f.eks. Grünerløkka, Majorstua / Fagerborg). Det er høyest utslipp per bolig i områder med eneboliger/tomannsboliger, men disse boligene ligger generelt mindre tett.

I en teoretisk situasjon der alle gamle ovner er skiftet ut til nye rentbrennende ovner (Scenario 2) ble PM_{2.5}-utslippet fra vedfyring redusert med 17,9% (PM_{2.5}-utslipp: 314,85 tonn; Figur 6). De høyeste utslippsreduksjonene er innenfor Ring 2 hvor det er høy boligtetthet med høy andel av vedfyring.

I scenariene 3 og 4, der det ligger til grunn kontinuerlig forbedring fra (11,6 g/kg) i 1998 til dagens vedovner med utslippsfaktor 2,2 g/kg (Scenario 3) eller økodesign med utslippsfaktorer 5,5 g/kg (Scenario 4), er det større utslippsreduksjon med henholdsvis 46,5% (205 tonn av PM_{2.5} fra vedfyring i Scenarioet 3) og 29 % (273 tonn av PM_{2.5} fra vedfyring i Scenarioet 4). Dette viser betydningen av å ta hensyn til at den nye teknologien blir gradvis tatt i bruk og at utslippsfaktorene reduseres gradvis ned mot det som oppgis av leverandørene.



Figur 6: Vedfyringsutslipp i Oslo kommuner i de 4 scenarioene.

3.2 Spredningsberegninger av PM_{2.5} og PM₁₀-nivåer

Luftkvalitetskriteriene og krav i forurensningsforskriften kapittel 7 om lokal luftkvalitet som omhandler partikler er summert i (Tabell 2). Beregnede konsentrasjoner av PM_{2.5} og PM₁₀ i

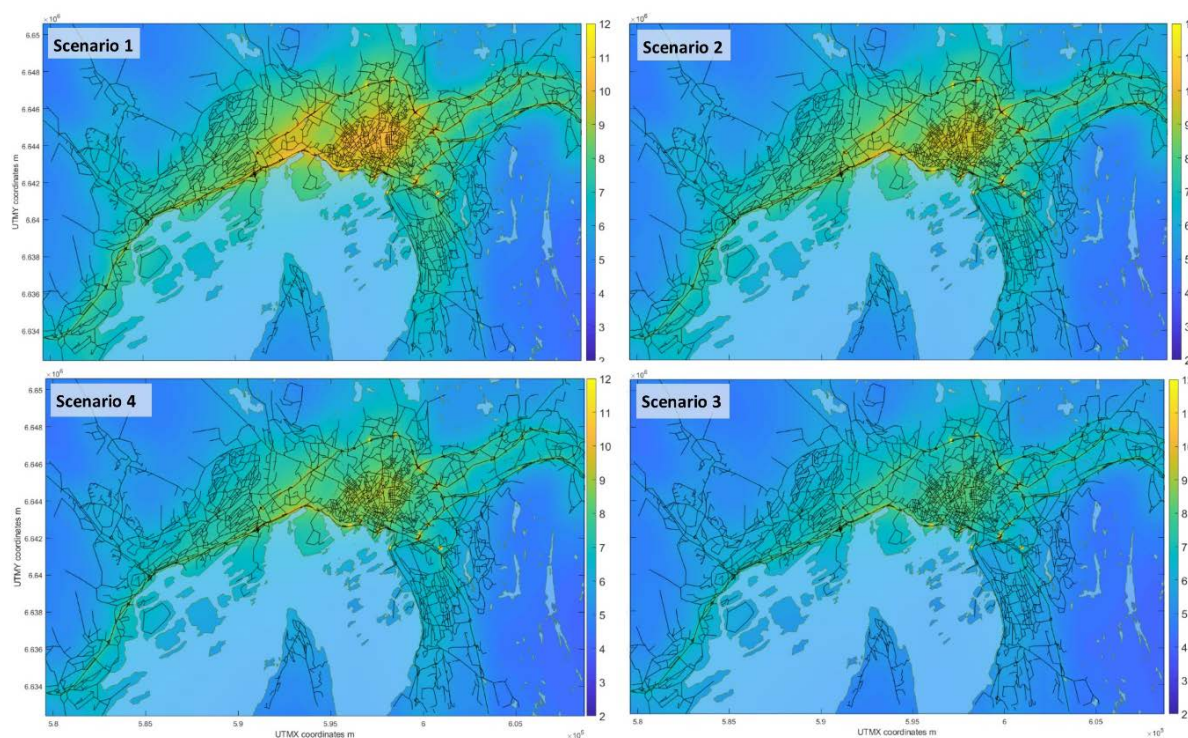
modellområdet (Figur 4) for de 4 scenarioene er sammenlignet med luftkvalitetskravene for å undersøke i hvilken grad det er nødvendig med utslippsreduksjoner for å overholde disse.

Tabell 2: Grenseverdier for PM_{10} og $PM_{2.5}$ gitt i luftforurensningsforskriften kapittel 7 om lokal luftkvalitet.²

Komponent	Midlingstid	Grenseverdi	Antall tillatte overskridelser av grenseverdien
$PM_{2.5}$	Kalenderår	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
PM_{10}	1 døgn	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Grenseverdien må ikke overskrides mer enn 30 ganger pr. kalenderår
PM_{10}	Kalenderår	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

3.2.1 Beregnede $PM_{2.5}$ -konsentrasjoner

Figur 7 viser beregnede årsmidler for $PM_{2.5}$ i modellområdet for dagens situasjon (Scenario 1; 2015), etter at alle gamle ovner er skiftet ut til nye rentbrennende ovner (Scenario 2), etter kontinuerlig introduksjon av nye vedovns-teknologier fra 1998 til i dag med utslippsfaktorer av 2,2 g/kg (Scenario 3; gjennomsnittlig utslippsfaktoren 7,4 g/kg) og 5,5 g/kg (Scenario 4; gjennomsnittlig utslippsfaktor 7,4 g/kg).



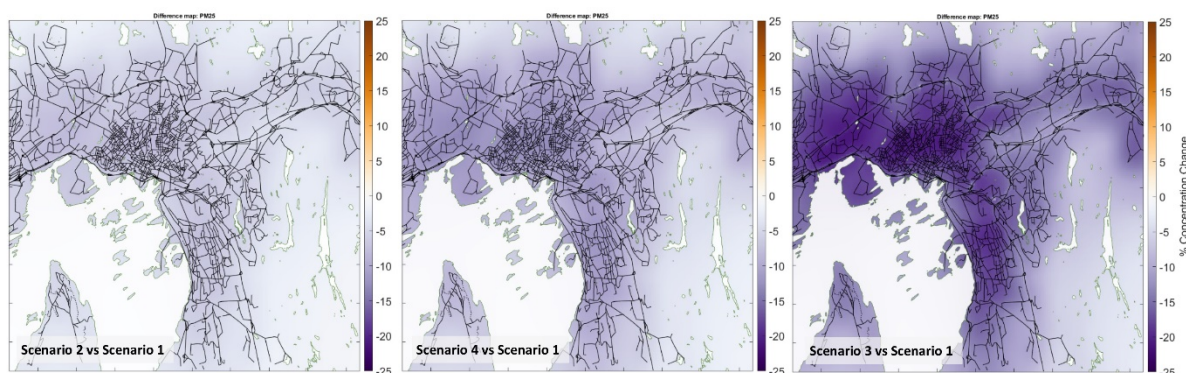
Figur 7: Beregnet $PM_{2.5}$ årsmiddelkonsentrasjon i modellområdet i de 4 scenarioene. Scenario 1: Dagens situasjon. Scenario 2: gamle vedovner skiftet ut til nye vedovner. Scenario 3 og 4: etter kontinuerlig introduksjon av nye vedfyringsteknologi fra 1998 til 2016, og gjennomsnitt utslippsfaktorer i henholdsvis av 7,4 g/kg og 9,96 g/kg.

Effekten av å skifte ut alle gamle ovner til nye rentbrennende er en gjennomsnittlig reduksjon fra 3% og lokalt opptil 8% (Figur 8), og resulterer i en reduksjon i henholdsvis 0,2 og 0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i $PM_{2.5}$ -nivåer. De kontinuerlig introduksjon av nye vedfyringsteknologi fra 1998 til 2016 gir sterkere reduksjoner, opptil 12,9% (Scenario 4; 1,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Figur 8) og 21,1%

² Se: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL_3-1#§7-1 [besøkt 3. juni 2019]

(Scenario 3; $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$; Figur 8) og gjennomsnittlig reduksjoner på 5,4% (Scenario 4; $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og 8,9% (Scenario 3; $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Grenseverdier for $\text{PM}_{2.5}$ gitt i luftforurensningsforskriften kapittel 7 om lokal luftkvalitet er $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pr. kalenderår (Tabell 2). $\text{PM}_{2.5}$ -nivåene i alle scenarioene ligger godt under grenseverdien for årsmiddel i hele modellområdet. Den høyeste konsentrasjonen av $\text{PM}_{2.5}$ er beregnet i Oslo sentrum innenfor ring 2 og rundt Ullern-Skøyen (Scenario 1; Figur 7). I disse områdene er $\text{PM}_{2.5}$ -nivåene over $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og konsentrasjonen reduseres til under $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ når alle vedovner skiftes ut til nye rentbrennende vedovner (Scenario 2; Figur 7) og under $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ når vi tar hensyn til kontinuerlig introduksjon av nye vedovns-teknologier (Scenarioer 3 og 4; Figur 7).

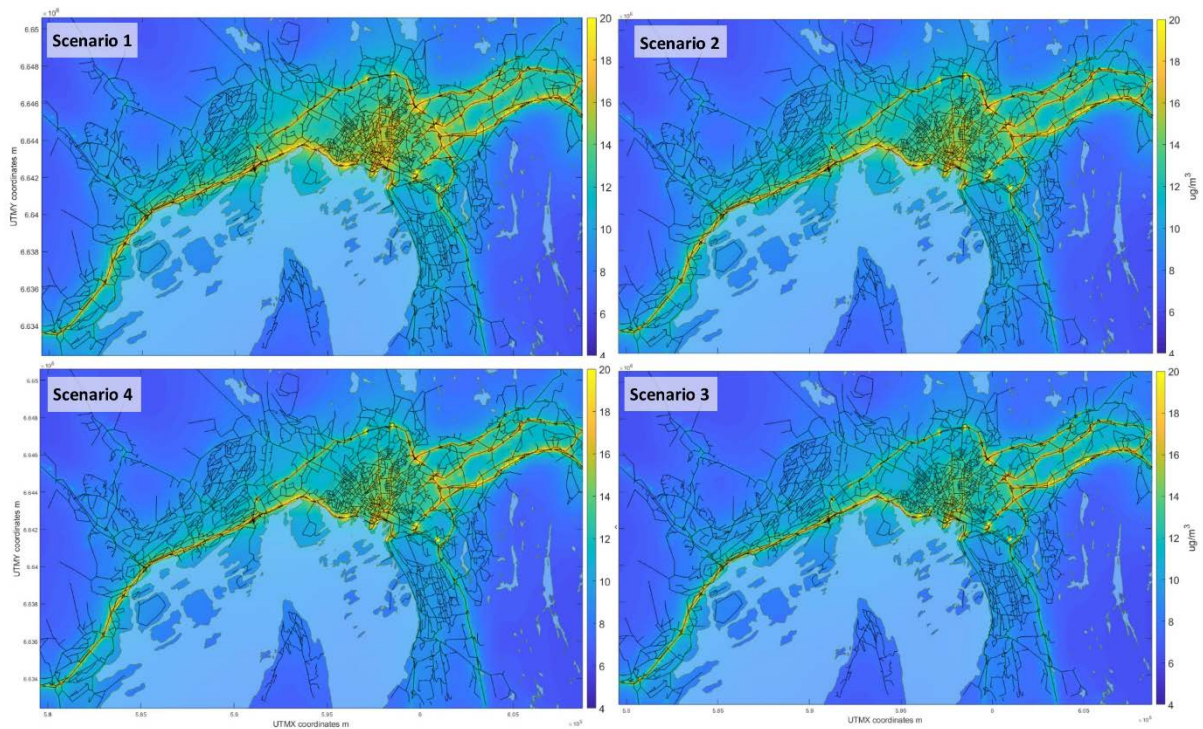


Figur 8: Endringer i $\text{PM}_{2.5}$ årsmiddelkonsentrasjon i Scenario 2 (venstre), Scenario 4 (midten) og Scenario 3 (høyre) i forhold til dagens situasjon (2015; Scenario 1).

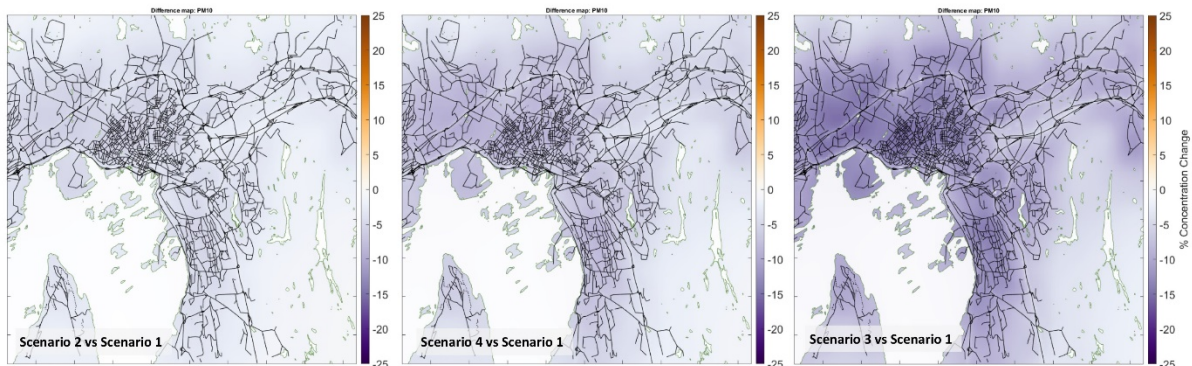
3.2.2 Beregnede PM_{10} - konsentrasjoner

Grenseverdier for PM_{10} gitt i luftforurensningsforskriften kapittel 7 om lokal luftkvalitet er $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pr. kalenderår og $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for døgnmiddelverdier som ikke må overskrides mer enn 30 ganger pr. kalenderår (Tabell 2). Figur 9 viser de beregnede årsmiddelverdiene for PM_{10} i hele domenet for de 4 scenarioene. PM_{10} -nivåene i alle scenarioene ligger godt under grenseverdien for årsmiddel i hele modellområdet. Maksimum PM_{10} -nivåer ligger på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i alle 4 scenarioene og forekommer langs de mest trafikkerte veiene. De høye nivåene langs veiene er direkte relatert til veistøvutslipp som hovedkilde til PM_{10} (se utslipp i Figur 5).

Reduksjoner av PM_{10} -nivåene mellom scenarioene er relativt sett lavere enn det beregnet for $\text{PM}_{2.5}$ -nivåene. Dette skyldes at trafikk er en av hovedkildene til PM_{10} -nivåene, og trafikkbidraget er konstant i alle scenariene. Effekten av å skifte ut alle gamle ovner til nye rentbrennende ovner er en gjennomsnittlig reduksjon på 2% og opptil maks 5,8% (Figur 10). Fortløpende introduksjon av ny vedfyringsteknologi fra 1998 til 2016 gir reduksjoner på maks 9,3% (Scenario 4) og 15,2% (Scenario 3) og gjennomsnittlige reduksjoner i hele modellområdet på 3,6% (Scenario 4) og 6,1% (Scenario 3).

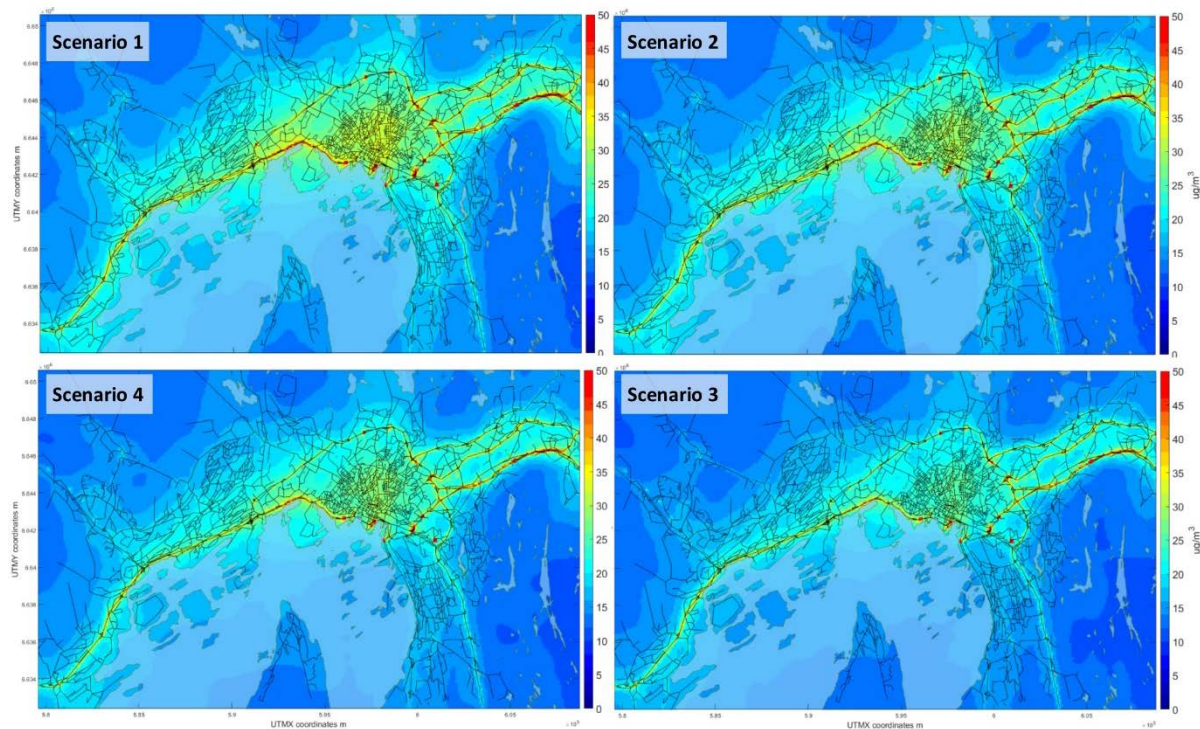


Figur 9: Beregnet PM_{10} årsmiddelkonsentrasjon i de 4 scenarioene. Scenario 1: Dagens situasjon. Scenario 2: gamle vedovner skiftet ut til nye vedovner. Scenario 3 og 4: etter kontinuerlig introduksjon av nye vedfyringsteknologi fra 1998 til 2016, og gjennomsnitt utslippsfaktorer i henholdsvis av 7,4 g/kg og 9,96 g/kg.



Figur 10: Endring av PM_{10} årsmiddelkonsentrasjon i Scenario 2 (venstre), Scenario 4 (midten) og Scenario 3 (høyre) i forhold dagens situasjonen (2015; Scenario 1)

Beregningsresultatene for dagens situasjon 2015 (Scenario 1) og scenarioene i forhold til forskriftens krav til døgnmiddelverdier for PM_{10} er vist i Figur 11. Siden forskriftens krav til døgnmiddelverdier tillater 30 døgn med overskridelser av grenseverdien på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ er den 31. høyeste døgnmiddel konsentrasjonen av PM_{10} vist i Figur 11. Overskridelser er beregnet i alle scenarioene på veinettet ved E18, E6 og på en del av Ring 3. Dette er direkte relatert til veistøvutslipp som er hovedkilden til PM_{10} . Utskifting av gamle ovner til nye rentbrennende ovner eller introduksjon av nye vedfyringsteknologier påvirker de høyeste døgnmiddelverdier av PM_{10} lite, siden trafikkutslipp er den viktigste kilden til de høye konsentrasjonene.



Figur 11: Beregnet 31.høyeste PM_{10} døgnmiddelkonsentrasjon i de 4 scenarioene.

3.2.3 Modellevaluering og sammenligning mellom scenarier

I et modellsystem er det usikkerheter i mange ledd. Usikkerhetene ligger både i nøyaktigheten av utslippene (utslippsmengde, geografisk fordeling og tidsvariasjoner), og i bakgrunnsestimatene og vindfeltet som også er resultater av modeller som har sine egne usikkerheter. For å vurdere modellresultater er modellberegningene sammenlignet med måledata. Tabell 3 viser observerte og modellerte døgnmiddelkonsentrasjoner av $PM_{2.5}$ fra 8 målestasjoner vinteren 2015 for scenario 1, 3 og 4. NILU valgte vintersesongen fordi vedfyring er begrenset til denne perioden.

Scenario 1 representerer dagens situasjonen med offisielle utslippsfaktorer. Modellen fanger opp nivåforskjellene mellom de ulike målestasjoner relativt godt, spesielt i Sofienbergparken og Åkerbergveien. Generelt synes imidlertid modellen i scenario 1 å overestimere døgnmiddelkonsentrasjoner for $PM_{2.5}$, med unntak av to målepunkter (Manglerud og Alnabru) hvor de er underestimert. Som beskrevet i kapittelet om metode, baserer offisielle utslippsfaktorer seg på laboratoriemålinger og brukes i dag til offisiell rapportering av utslipp.

Scenario 3 og 4 er alternative scenarier som baserer seg på vektete utslippsfaktorer som antar en lineær introduksjon av ny, forbedret vedovnteknologi fra 1998 til 2016. Scenario 3 resulterer i en gjennomsnittlig utslippsfaktor på 7,4 g/kg. Dette scenariet betraktes som optimistisk fordi modellen da underestimerer døgnmiddelkonsentrasjonene (vinter) for $PM_{2.5}$ (Tabell 3).

Scenario 4 baserer seg på kontinuerlig forbedret utslippsteknologi frem til økodesignvedovner i 2016 med utslippsfaktorer på 5,5 g/kg. Dette resulterer i en gjennomsnittlig utslippsfaktor på 9,96 g/kg og gir bedre resultater når vi sammenlignet med målingene på målestasjoner i Oslo (Tabell 3). Forskjellen mellom modellerte og observerte

vintermiddelkonsentrasjoner av døgnmiddel PM_{2,5}-nivåer (Bias i Tabell 3) er generelt redusert i scenario 4 i forhold scenario 1 og scenario 3, og de ligger under 0,5 µg/m³ i 5 av målestasjoner. Scenario 2 er en teoretisk situasjon, derfor kan vi ikke sammenligne med måledata.

Tabell 3: Observerte (Obs) og modellerte (Mod) vintermiddel (november til mars) av døgnmiddelkonsentrasjoner PM_{2,5} i 2015 i scenarioer 1 (S1), 3 (S3) og 4 (S4). Enheter: µg/m³.

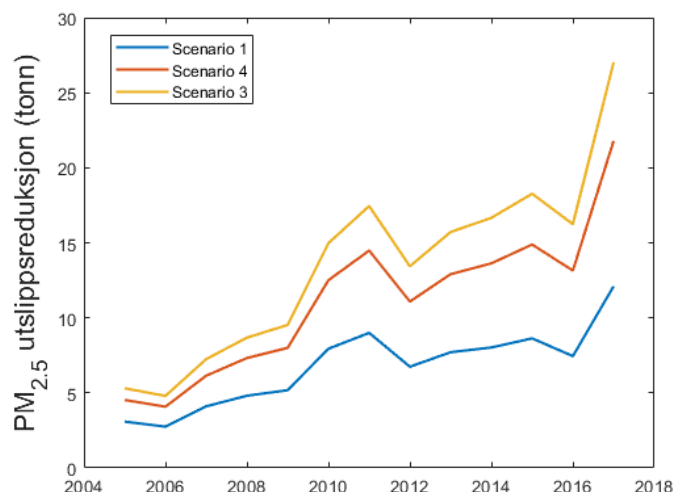
Stasjon	Obs	Mod (S1)	Bias (S1)	R (1)	Mod (S3)	Bias (S3)	R (3)	Mod (S4)	Bias (S4)	R (4)
Sofienberparken	9,00	9,80	0,8	0,46	7,80	-1,2	0,48	8,57	-0,43	0,47
RV4, Aker sykehus	6,54	9,66	3,12	0,68	8,28	1,74	0,69	8,81	2,27	0,69
Manglerud	8,28	7,81	-0,47	0,53	6,75	-1,53	0,55	7,16	-1,12	0,54
Kirkeveien	8,86	10,24	1,38	0,62	8,36	-0,5	0,63	9,08	0,22	0,63
Hjortnes	8,58	9,41	0,83	0,62	7,93	-0,65	0,63	8,50	-0,08	0,63
Bygdøy Alle	8,8	9,82	1,02	0,48	7,99	-0,81	0,5	8,70	-0,1	0,49
Alnabru	13,9	9,49	-4,41	0,37	8,38	-5,52	0,36	8,81	-5,09	0,36
Akerbergveien	8,28	8,77	0,49	0,66	7,27	-1,01	0,60	7,85	-0,43	0,69

3.3 Tidsutvikling av vedfyring i kommuner

3.3.1 Utslippsreduksjon fra tilskuddordningen i Oslo kommune

Det totale potensialet tilskuddsordningen har på reduksjon av PM_{2,5}-utslipp i Oslo kommune er vist i Figur 12. Totale utslippskutt oppnådd for hvert år fra de utbyttede ovnene øker over tid ettersom de gradvis utgjør en større andel av vedovnene. I scenario 1 er det i dette tilfellet en direkte sammenheng mellom antall utskiftede ovner og utslippsreduksjon. I scenario 3 og 4 er det en økende effekt av støtteordningen over tid, da det er antatt at ovnene som ble byttet ut seint i perioden gir en større reduksjon enn de som ble skiftet ut i begynnelsen av perioden. De totale utslippsreduksjonene av PM_{2,5} i Oslo kommune oppnådd i 2017 på 12 - 27 tonn for de tre scenariene (se Figur 12) tilsvarer 2,3% (Scenario 1) og 5,4% (Scenario 3) av det totale 2015-utslippet (501 tonn).

Dette estimatet bygger på noen antagelser som påvirker resultatet. Potensialet for utslippsreduksjon vil øke dersom det er mer aktive vedovner enn gjennomsnittet som blir byttet ut. Her er det antatt at vedovner med et gjennomsnittlig forbruk blir byttet ut. Tilsvarende oppnår man i snitt økt effekt med nyere ovner, noe som kan være med på å begrense vedforbruket, men det er antatt at tilskuddsordningen ikke endrer det totale forbruket. Det er også mulig at vedforbruket øker ved at man bruker en ny ovn mer enn man brukte den gamle. I tillegg er det også viktig at tallene i Figur 12 forutsetter at ovner uten tilskuddsordningen ikke ville blitt byttet. Legger man salgstall til grunn vil gjennomsnittlig levetid på en ovn i Norge ved være på omlag 50 år, og det er naturlig å anta at noen gamle ovner ville blitt erstattet i løpet av 19 års perioden uavhengig av om det forelå en tilskuddsordning. Det foreligger ikke data for alderen på vedovner, så effekter av dette er ikke mulig å beregne.



Figur 12: Reduksjon av PM_{2.5}-utslipp pr. år basert på antall vedovner som er skiftet ut. Figuren viser reduksjon for de tre antatte årlige utslippsfaktorer i Figur 3.

3.3.2 Tidsutvikling av vedfyringsutslipp

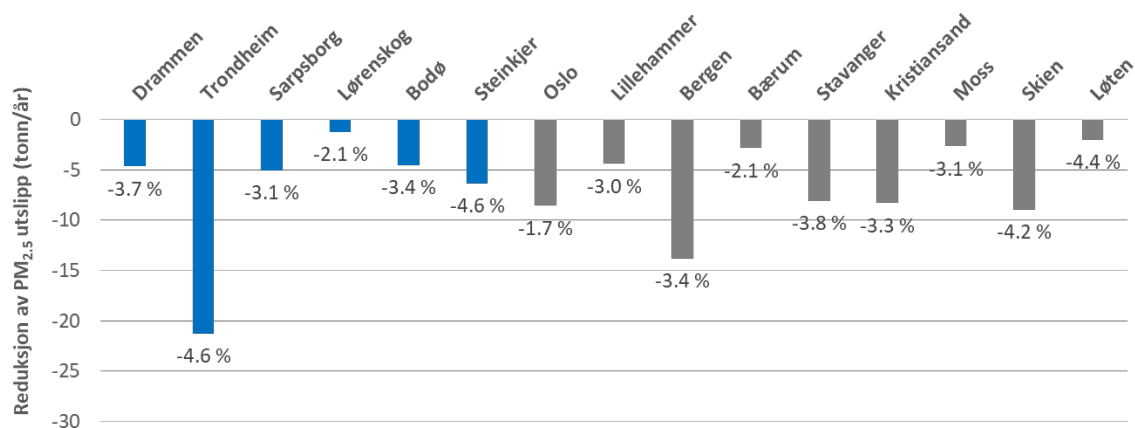
Tabell 4 viser det årlige utslippet i tonn i hver av de 15 kommunene beregnet av MetVed modellen. Resultatene viser at det er en systematiske endringer i utslipp over tid for hver kommune. Antall boliger med vedfyring er den viktigste årsaken til forskjeller i det totale forbruket, og selv med et av landets laveste forbruk per ved-installasjon har Oslo det høyeste totale vedforbruket av alle kommunene.

Den lineære regresjonsutviklingen for utslipp ble beregnet for hver kommune i perioden 2005-2018 og trenden er vist i Figur 13. Alle kommuner har en negativ utslippstrend (reduksjon i utslipp), i samsvar med nasjonale tall for den samme perioden. Den største absolutte reduksjonen finner man for de mest folkerike kommunene siden absolutte endringer er påvirket av kommunens folketall. Den prosentvise årlige endringen av PM_{2.5}-utslipp i forhold 2005 er vist som % tall tilhørende hver stolpe. Den viser liten forskjell mellom kommunene. I samtlige kommuner er den gjennomsnittlige utslippsreduksjonen under 5% pr. år. Den laveste gjennomsnittlige reduksjonen er i Oslo og er på 1,7% pr. år. Det er ikke en systematisk forskjell mellom kommuner med og uten støtteordning. Trondheim, som ikke har støtteordning, har den største beregnede relative reduksjonen i utslipp. Basert på kommunikasjon med Trondheim kommune, kan dette være assosiert med introduksjon av fjernvarme.

Det er vanskelig å se at utslippene i Oslo er redusert som følge av tilskuddsordningen. For å forstå og videre vurdere situasjonen i Oslo kommune har vi vurdert tidsutviklingen av vedforbruket og utslippsfaktorer separat. Dette kan bidra til å forstå endringene individuelt for hver kommune, samt hvilke faktorer som betyr mest for reduksjonen av PM_{2.5}-utslippene.

Tabell 4: $PM_{2.5}$ -utslipp fra vedfyring i kommuner uten (lysgrå) og med (lysblå) støtteordning. Enhet: tonn.

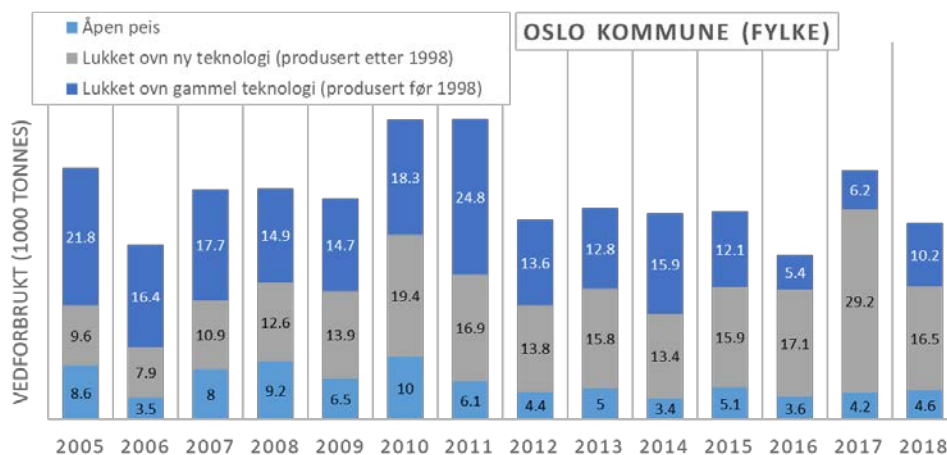
Kommuner	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Drammen	127	142	136	142	163	167	140	141	124	87	105	104	91	88
Trondheim	461	443	388	400	405	486	391	417	229	251	185	213	248	234
Sarpsborg	163	135	141	153	135	145	169	159	132	120	89	93	105	90
Lørenskog	57	61	58	55	60	69	65	75	49	57	41	44	40	55
Bodø	132	131	111	107	109	130	101	106	85	94	81	59	85	79
Steinkjer	137	129	131	130	113	118	100	133	87	65	79	66	67	64
Oslo	501	344	450	445	420	567	577	376	390	388	384	284	417	356
Lillehammer	145	120	103	103	119	110	118	151	82	69	76	82	71	85
Bergen	408	431	362	351	352	419	271	398	333	257	284	273	279	197
Bærum	134	144	135	130	142	163	153	177	115	134	95	103	95	130
Stavanger	214	214	213	199	204	237	156	176	182	121	142	127	155	115
Kristiansand	248	243	265	216	215	218	176	189	180	138	173	145	183	152
Moss	86	71	74	80	71	76	89	83	69	63	47	49	55	47
Skien	215	252	236	269	251	225	242	267	143	119	164	163	162	153
Løten	45	49	44	40	43	49	43	56	29	27	28	23	21	29



Figur 13: Endring i $PM_{2.5}$ -vedfyringsutslipp for 15 norske kommuner i perioden 2005-2018. Stolpene viser årlig reduksjon i totale utslipp i tonn. Tallene på hver stolpe viser årlig gjennomsnittlig endring relativt til 2005 utslipp. Blå: kommuner uten støtteordning. Grå: kommuner med støtteordning.

3.3.3 Tidsutvikling av vedforbruket

Utslipp fra vedfyring avhenger av utslippsfaktorer og vedforbruk pr. teknologi. For å garantere utslippsreduksjon kan ikke økt forbruk ha større effekt enn reduksjonen i utslippsfaktor. NILU har vurdert vedforbruket i boliger etter fyringsteknologi i Oslo kommune fra Statistisk Sentralbyrå. Resultatet viser at vedforbruk i fyringsteknologi produsert før 1998 i Oslo er redusert, og at forbruket i åpen peis er relativt konstant. Derimot er det en økning i vedforbruk i nye vedovner (Figur 14). I 2017 var vedforbruk i vedovner produsert før 1998 på det samme nivå som i 2016, mens vedforbruk i vedovner produsert etter 1998 var 70,8% høyere enn i 2016. I 2018 var vedforbruk i vedovner produsert etter 1998 på det samme nivå som i 2015.



Figur 14: Vedforbruk i boliger etter fyringsteknologi i Oslo kommune fra 2005 til 2018 (Kilde: SSB).

NILU har vurdert vedforbruk i de 16 utvalgte kommunene og sammenlignet resultatene. Tabell 5 viser vedforbruk fra 2005 til 2018 beregnet med MetVed modellen. Tabell 6 viser endringene i årsgjennomsnitt, beregnet fra de lineære regresjonsutviklingene i vedforbruk fra 2005 til 2018 i hver kommune, og reduksjonen i 2018 i forhold til 2005. Alle kommuner viser en årlig reduksjon i vedforbruk, men reduksjonen i Oslo kommune er lavest med 1,0% pr. år. Resultatene ser ikke ut til å vise vesentlige forskjeller mellom kommunene med og uten tilskuddordning for å skifte ut gamle vedovner. Det ser til og med ut som om den gjennomsnittlig reduksjonen er sterkere i kommunene uten tilskuddordning, men dette skyldes den sterke reduksjonen i Trondheim (-4,2% pr. år).

Økningen vi ser i vedforbruk i Oslo kommune for ovner produsert etter 1998 (Figur 14), og den lille reduksjon i totalt vedforbruk pr. år (Tabell 5 og Tabell 6), kan tilsammen forklare den lille reduksjonen i utslippene fra vedfyring som observeres i Oslo kommune i sammenligning med andre kommuner (Figur 13). Reduksjon fra renere forbrenning blir kompensert av økt forbruk.

Det er også viktig å vurdere andre aspekter som kan påvirke tidsutviklingen av vedfyring på kommunalt nivå, som faktorer som kan påvirke totalt vedforbruk. Oppvarming eller vedovenbruk og dermed totalt vedforbruk på kommunalt nivå avhenger av for eksempler vinterforhold og temperatur. I tillegg kan det totale vedforbruket i en kommune over tid påvirkes av endringer i befolkning. For eksempel, fra 2009 til 2019 har befolkningen i Oslo kommune økt med 18,2%. Disse variasjonene kan ha spilt en rolle i totalt oppvarmingsbehov eller vedforbruk.

For å vurdere tidsutviklingen av vedforbruket uten de potensielle effekter av vinterforhold og befolkningsendringer, har vi normalisert vedforbruket i forhold til oppvarmingsgrader og befolkningstall (blå stolper i Figur 15) for den samme perioden. Disse normaliseringene indikerer da variasjonene i vedforbruk etter at effektene av vinterforhold og endringer i befolkning er fjernet. Trenden av normalisert vedforbruk er vist i Figur 15 sammen med reelt vedforbruk.

Tabell 5: Vedforbruk i kommuner uten (lysgrå) og med (lysblå) tilskuddordning. Enhet: tusen tonn.

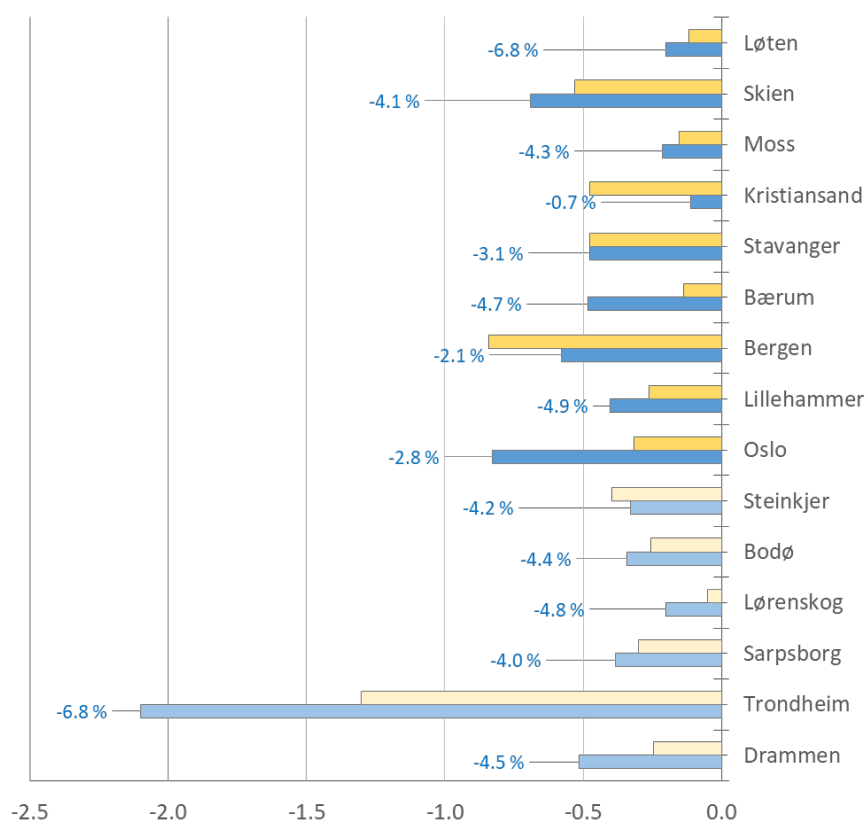
Kommuner	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Drammen	9	9	9	10	11	12	10	10	9	7	8	8	7	7
Trondheim	31	30	27	28	29	34	28	31	17	19	14	16	19	17
Sarpsborg	11	9	10	11	10	10	12	12	9	9	7	7	8	6
Lørenskog	4	4	4	4	4	5	4	5	3	4	3	3	3	4
Bodø	9	9	8	7	8	9	8	8	6	7	6	4	7	6
Steinkjer	9	9	9	9	8	8	7	9	6	5	6	5	5	5
Oslo	33	23	30	30	29	39	39	26	27	27	27	21	32	26
Lillehammer	10	8	7	7	8	8	9	11	6	5	6	6	5	6
Bergen	28	31	25	25	26	30	20	28	25	19	21	21	21	16
Bærum	9	10	9	9	10	12	11	12	8	9	7	8	7	10
Stavanger	14	14	14	14	14	17	11	12	13	9	10	9	11	9
Kristiansand	17	17	18	15	15	16	12	14	13	10	13	11	13	12
Moss	6	5	5	5	5	5	6	6	5	5	3	4	4	3
Skien	15	17	16	19	17	16	17	19	10	9	12	12	12	11
Løten	3	3	3	3	3	3	3	4	2	2	2	2	2	2

Tabell 6: Vedforbruk endringer i kommuner uten (lysgrå) og med (lysblå) tilskuddordning. Årsgjennomsnitt variasjon (tonn) estimert fra lineær regresjonslinje. % endringer estimert fra 2005 med årsgjennomsnitt variasjon. Gjennomsnitt variasjon pr. kommunegruppe representerer gjennomsnitt av kommuner uten og med tilskuddordning.

Kommuner	Årsgjennomsnitt endring (tonn)	%årlig endring fra 2005	Gjennomsnitt variasjon kommunegruppe	Endring 2005_2018
Drammen	-0,24	-2,9 %	-3,04 %	-51,50 %
Trondheim	-1,30	-4,2 %		
Sarpsborg	-0,30	-2,7 %		
Lørenskog	-0,05	-1,4 %		
Bodø	-0,26	-2,9 %		
Steinkjer	-0,39	-4,3 %		
Oslo	-0,32	-1,0 %	-2,73 %	-45,32 %
Lillehammer	-0,26	-2,7 %		
Bergen	-0,84	-3,0 %		
Bærum	-0,14	-1,5 %		
Stavanger	-0,48	-3,3 %		
Kristiansand	-0,48	-2,9 %		
Moss	-0,15	-2,7 %		
Skien	-0,53	-3,7 %		
Løten	-0,12	-3,9 %		

Figur 15 viser at alle kommuner med unntak av Kristiansand, Steinkjer og Bergen har en sterkere reduksjon i vedforbruk etter at effekter av vinterforhold og befolkningsendring fjernes (blå stolper) enn beregnet reduksjon uten normalisering (gule stolper) for perioden fra 2009 til 2018. Dette indikerer at befolkningsøkning og vinterforhold har en effekt på totalt vedforbruk. De sterkeste reduksjonene er oppnådd i Trondheim (-6,8% pr. år). I Oslo kommune er den årlige reduksjon med 2,8% i forhold til vedforbruket i 2009, en av det laveste av de utvalgte kommuner.

Vurderingen viser en lav nedgang i vedforbruk over tid i Oslo kommune i forhold til andre kommuner, både med- og uten tilskuddordning. Årlig reduksjon av vedforbruk er på 2,8%, også etter at vi fjerner effektene av vinterforhold og befolkningsendringen. Den lave reduksjonen i vedforbruk i Oslo kommune kan dermed knyttes til ulike forhold; 1) innbyggerne skiftet ut gamle vedovner som ble brukt lite til nye rentbrennende vedovner som brukes vesentlig mer; eller 2) det er et skifte fra andre oppvarmingskilder (f.eks. olje) til vedfyring.



Figur 15: Endring i vedforbruk i perioden fra 2009 til 2018 (tusen tonn/år) normalisert til oppvarmingsgrad (HDD) i tillegg til befolkning (blå stolper) og ikke normalisert (gul stolper). Lysfarget: kommuner uten støtteordning. Mørkfarget: kommuner med støtteordning. Tallene på hver stolpe viser årlig gjennomsnittlig endring relativt til vedforbruket i 2009.

3.3.4 Tidsutvikling av utslippsfaktorer

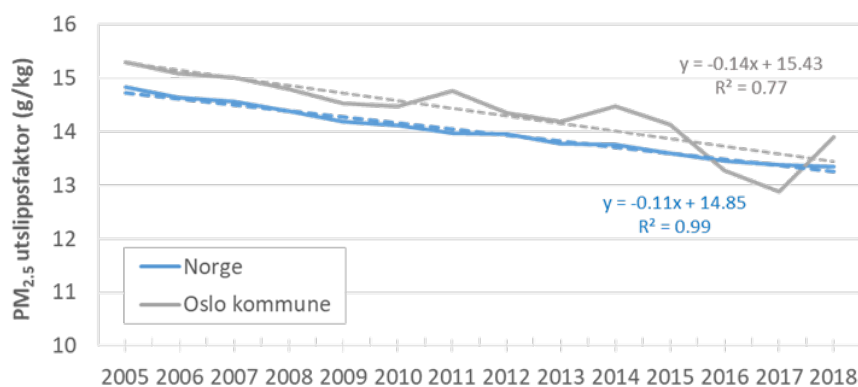
Gjennomføringen av tilskuddsordningen tar sikte på å senke utslippene ved å flytte vedforbruk fra ovner/peiser med høy utslippsfaktor (ikke rentbrennende) over til nye rentbrennende ovner med lavere utslippsfaktorer. Dette vil resultere i lavere gjennomsnittlige utslippsfaktorer og derfor bidra til å senke utslippene. NILU har derfor vurdert tidsutviklingen av gjennomsnittlige PM_{2.5}-utslippsfaktorer fra vedfyring per kommune. Utslippsfaktorer estimeres fra 2005 til 2018 fra vedforbruk og utslipp per kommune for de samme perioden (Tabell 7). Gjennomsnittlige utslippsfaktorer for PM_{2.5} reduseres i alle kommuner. Den høyeste reduksjonen i utslippsfaktor pr. år beregnes for Oslo, Trondheim, Bodø og Løten kommuner med 0,14 g/kg pr. år, mens den laveste reduksjonen beregnes for Lillehammer kommune med

0,09 g/kg pr. år. Utslippsfaktorer for 2018 i forhold til 2005 viser de største reduksjonene i Bergen- og Oslo kommune med 15% og 10%.

Tabell 7: Tidsutvikling av gjennomsnittlige PM_{2.5}-utslippsfaktorer fra vedfyring per kommune uten (lysgrå) og med (lysblå) tilskuddordning til å skifte ut gamle ovner til nye rentbrennende ovner. Enhet: g/kg.

Kommuner	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Drammen	14,88	15,06	14,82	14,74	14,54	14,48	14,04	14,11	13,98	13,32	13,74	13,36	13,68	13,09
Trondheim	14,83	14,61	14,57	14,04	13,92	14,28	13,88	13,34	13,63	13,54	13,01	13,28	12,77	13,36
Sarpsborg	14,74	14,45	14,34	14,39	13,98	14,09	13,97	13,77	13,91	13,62	13,31	13,28	13,32	13,85
Lørenskog	15,27	15,01	15,25	15,15	14,65	14,53	14,74	14,65	14,13	14,74	13,98	14,06	13,86	13,44
Bodø	14,73	14,49	14,37	14,47	14,15	13,76	13,47	13,27	13,90	13,81	13,12	13,43	12,82	12,89
Steinkjer	14,79	14,62	14,53	14,44	14,27	14,50	14,69	14,19	14,11	14,00	13,60	14,03	12,80	13,45
Oslo	15,30	15,08	15,01	14,79	14,54	14,48	14,75	14,35	14,18	14,48	14,13	13,27	12,88	13,90
Lillehammer	14,94	15,01	14,91	14,33	14,27	14,14	13,75	14,13	13,76	13,90	13,43	13,99	13,63	14,22
Bergen	14,45	13,98	14,34	14,16	13,45	14,12	13,84	14,07	13,55	13,61	13,33	13,14	13,55	12,57
Bærum	14,73	14,48	14,72	14,61	14,14	14,02	14,22	14,14	13,64	14,22	13,49	13,56	13,37	13,44
Stavanger	14,81	14,99	15,11	14,59	14,35	14,37	14,32	14,34	13,95	14,07	14,46	13,64	13,88	13,35
Kristiansand	14,88	14,46	14,91	14,13	14,17	13,83	14,22	13,71	13,52	13,87	13,30	13,47	14,03	12,98
Moss	15,07	14,77	14,65	14,71	14,29	14,40	14,28	14,07	14,21	13,92	13,60	13,57	13,61	13,85
Skien	14,82	14,88	14,69	14,45	14,82	14,45	14,02	13,93	14,43	13,36	14,00	13,55	13,91	13,77
Løten	14,85	14,54	14,30	14,85	14,34	14,14	14,16	14,46	13,61	13,52	13,80	13,32	13,27	12,82

Figur 16 viser tidsutvikling av gjennomsnittlig PM_{2.5} utslippsfaktoren i Oslo kommune og i Norge fra 2005 til 2018. I 2005 var gjennomsnittlig utslippsfaktor i Oslo kommune høyere enn utslippsfaktorer i Norge. Dette kan skyldes en høyere andel av vedforbruk i åpen peis i Oslo. I 2005 var 21,5% av vedforbruk i åpen peis, mens det i Norge for samme år var 3,4%. Fra 2005 til 2018 har reduksjonen av utslippsfaktoren vært raskere i Oslo (0,14 g/kg pr. år; Figur 16) enn i Norge (0,11 g/kg pr. år; Figur 16), noe som indikerer en raskere introduksjon og overgang til nyere fyringsteknologier. Dette kan være en effekt av tilskuddordning til utskifting fra gamle vedovner til nye rentbrennende ovner. Denne sterke reduksjonen i utslippsfaktorene oppnås imidlertid ikke for andre kommuner med tilskuddordning som for eksempel Lillehammer hvor reduksjonene ligger på 0,09 g/kg pr. år. Kommuner uten tilskuddordning viser reduksjoner av utslippsfaktorene mellom 0,11 og 0,15 g/kg pr. år.



Figur 16: Tidsutvikling av gjennomsnittlig PM_{2.5} utslippsfaktoren i Oslo kommune og i Norge fra 2005 til 2018 basert på offisielle utslippsfaktorer og SSB forbruk per teknologi.

4 Konklusjoner

Målet med studien var å vurdere effekten av offentlig tilskudd i Oslo kommune til utskifting fra gamle vedovner til nye rentbrennende ovner, og i hvilken grad ordningen påvirker det totale partikkelutslippet og luftkonsentrasjoner.

Spredningsmodellering viser at PM_{2.5}- og PM₁₀-nivåene i alle scenarioene ligger godt under grenseverdien for årsmiddel i hele modellområdet. Overskridelser av grenseverdi for døgnmiddelverdier av PM₁₀ er direkte relatert til veistøvutslipp. Sammenligning av modellerte verdier med målepunkter i Oslo tyder på at de offisielle utslippsfaktorene brukt i Norge overestimerer utslipp fra vedfyring. Derfor ble det i tillegg modellert hypotetiske scenarioer der det legges til grunn at samlet utslipp fra nye ovner blir progressivt lavere for hvert produksjonsår for ovner. Fra de modellerte konsentrasjonene, stemmer scenario 4 (introduksjon av nye teknologier til dagens økodesign-vedovner) best overens med måldata.

Modellerte utslipp og konsentrasjoner av PM₁₀ og PM_{2.5} i Oslo for i de 4 ulike scenarioene i 2015 viser betydningen av å skifte ut gamle vedovner til nye rentbrennende vedovner. Modellerte resultater viser også betydningen av å ta hensyn til den nye teknologien som blir introdusert i markedet. Scenario 2 beskriver en situasjon der alle gamle vedovner blir skiftet ut til nye rentbrennende vedovner. Fra dagens situasjon reduseres utslippene av PM_{2.5} da med 17,9%. I scenario 3 (introduksjon av nye teknologier til dagens vedovner med 2,2 g/kg utslippsfaktor) og 4 (introduksjon av nye teknologier til dagens økodesign-vedovner) er utslippsreduksjonen henholdsvis 46,5% og 28,7%.

Effekten av å skifte ut alle gamle ovner til nye rentbrennende er en reduksjon på opptil 8% i PM_{2.5}-nivåer, noe som tilsvarer en reduksjon av konsentrasjonen på 0,8 µg/m³. En kontinuerlig introduksjon av ny vedfyringsteknologi fra 1998 til 2016 gir sterkere reduksjoner, med opptil 12,9% (1,3 µg/m³) for Scenario 4 og 21,1% (2,1 µg/m³) for Scenario 3. Reduksjonene av PM₁₀-nivåene for de tre scenarioene er relativt sett lavere enn for PM_{2.5}-nivåene. Dette skyldes at veitrafikk er hovedkilden til PM₁₀-nivåene, og trafikkbidraget er konstant i alle scenarioene.

Beregningene viser at utslippsreduksjonen som skyldes ovner som skiftes ut som følge av tilskuddordningen, øker hvert år. Med en gjennomsnittlig bruk per ovn, vil utslippsreduksjonen i 2017 ha nådd henholdsvis 12, 22 og 27 tonn avhengig av hvilken utslippsfaktor man legger til grunn for de nye ovnene. Dette tilsvarer en reduksjon av utslipp på 2,4 – 5,4% i 2017 i forhold utslipp i 2005 relatert til støtteordningen. Dette tallet vil øke fremover tid, men utgjør en reduksjon av PM_{2.5}-konsentrasjonen på under 4%. Dette sees av scenarioene der det er lagt til grunn 100% utskifting, mens det hittil er oppnådd en utskifting på omlag 8% av totalt antall vedovner eller omlag 20% av gamle ovner så langt.

NILU har vurdert hvordan tilskuddsordningen kan ha bidratt til lavere vedfyringsutslipp basert på tidsutvikling av utslipp fra vedfyring, vedforbruk og utslippsfaktorer. Denne vurderingen ble også utført i kommuner med og uten tilskuddsordning for å identifisere forskjeller mellom kommuner med og uten tilskuddsordning.

Alle utvalgte kommuner viser en **reduksjon i utslipp fra vedfyring** fra 2005 til 2018, og de årlige reduksjonene er opp til 5% pr. år. NILU fant ingen systematisk forskjell mellom kommuner med og uten støtteordning. Oslo kommune har den laveste årlige utslippsreduksjonen på 1,7%

pr. år. Vurderingen av **endring i vedforbruk** i de utvalgte kommunene viser en generell reduksjon i vedforbruk, men reduksjonen i Oslo kommune er den laveste på 1,0% pr. år i forhold til vedforbruket 2005. Resultatene viser ikke en vesentlig forskjell i vedforbruket mellom kommunene med og uten tilskuddordning til utskiftning av gamle vedovner.

Det er ulike aspekter som kan påvirke vedforbruket på kommunalt nivå og dermed tidsutviklingen av utslippet. Oppvarming avhenger av for eksempel vinterforhold og totalt vedforbruk kan påvirkes av befolkningsvekst i kommunen. Vi har derfor vurdert vedforbruket justert for ulike vinterforhold mellom årene og befolkningsvekst over tid. Resultatene viser at reduksjon i vedforbruket er sterkere når effekter av vinterforhold og befolkningsendring fjernes. I Oslo kommune er den årlige reduksjon i vedforbruk justert for oppvarmingsbehov og befolkningsvekst på 2,8% pr. år som er en av den laveste av de utvalgte kommunene. En forklaringsmodell på den lave reduksjonen i vedforbruket i Oslo kommune kan være at innbyggere skiftet ut gamle vedovner som ble brukt lite til nye rentbrennende vedovner som brukes vesentlig mer eller at det er et skifte i Oslo fra andre oppvarmingskilder (f.eks. parafin- og oljefyr til oppvarming) til vedfyring.

Gjennomføringen av tilskuddsordningen gjennom introduksjon av rentbrennende vedovner vil resultere i lavere gjennomsnittlige utslippsfaktorer og derfor bidra til å senke utslippene. Analysen viser at **utslippsfaktorene reduseres i løpet av tidsperioden som er vurdert** i alle utvalgt kommuner. I Oslo kommune er reduksjonen i utslippsfaktorer raskere enn i landet forøvrig og dette kan være en effekt av tilskuddordningen.

Gjennomføringen av tilskuddsordningen tar sikte på å senke utslippene ved å flytte vedforbruk fra ikke rentbrennende vedfyringsteknologier med høy utslippsfaktor over til nye rentbrennende ovner med lavere utslippsfaktorer. Beregnede utslipp avhenger imidlertid av utslippsfaktorene, definert for hver type vedfyringsteknologi, og aktivitetsdata (vedforbruk pr. teknologi). Derfor må ikke vedforbruket økes når det flyttes fra en teknologi til en annen dersom det skal oppnås en utslippsreduksjon.

Tilskuddordningen i Oslo kommune, gjennom overgang fra gammel til ny teknologi, kan ha hatt en direkte effekt på reduksjon i utslippsfaktorer som er signifikant raskere enn flere av de andre kommunene som er med i sammenligningen og det nasjonale snittet. Reduksjonen i utslippsfaktorer ser imidlertid ikke ut til å ha en betydelig effekt på reduksjon av PM-utslipp fra vedfyring. Vedforbruk i ovner produsert etter 1998 øker og det er en lav reduksjon i totalt vedforbruk pr. år for hele perioden. Begge disse faktorene kan tilsammen forklare den lave reduksjonen i utslippene fra vedfyring som observeres i Oslo kommune. Gevinsten med renere forbrenning motvirkes av økt vedforbruk.

Tiltak som rettes mot å redusere vedforbruk må implementeres i tillegg til tilskuddsordningen for å skifte ut gamle vedovner til nye rentbrennende ovner for å oppnå større effekter på utslipp.

5 Referanser

Grythe, H., Lopez-Aparicio, S., Vogt, M., Vo Thanh, D., Hak, C., Halse, A. K., Hamer, P., and Sousa Santos, G. (2019) The MetVed model: Development and evaluation of emissions from residential wood combustion at high spatio-temporal resolution in Norway, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/acp-2019-95>, in review, 2019.

Hamer, P.D., Slørdal L.H., Walker S.E., Sousa-Santos G., Vogt M., Vo-Thanh, D., Lopez-Aparicio S., Karl M. (2019) The urban dispersion model EPISODE. Part 1: A Eulerian and sub grid-scale air quality model and its application in Nordic winter conditions. *In preparation*.

López-Aparicio S., Tønnesen D., Nguyen Thanh T., Neilson H. (2017) Shipping emissions in a Nordic port: assessment of mitigation strategies. *Transportation Research, Part D: Transport and Environment*, 53, 205-2016.

Lopez-Aparicio S., 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): e0200650. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200650>

Marécal, V., Peuch, V.-H., Andersson, C., Andersson, S., Arteta, J., Beekmann, M., Benedictow, A., Bergström, R., Bessagnet, B., Cansado, A., Chéroux, F., Colette, A., Coman, A., Curier, R.L., Denier van der Gon, H.A.C., Drouin, A., Elbern, H., Emili, E., Engelen, R.J., Eskes, H.J., Foret, G., Friese, E., Gauss, M., Giannaros, C., Guth, J., Joly, M., Jaumouillé, E., Josse, B., Kadygrov, N., Kaiser, J.W., Krajsek, K., Kuenen, J., Kumar, U., Liora, N., Lopez, E., Malherbe, L., Martinez, I., Melas, D., Meleux, F., Menut, L., Moinat, P., Morales, T., Parmentier, J., Piacentini, A., Plu, M., Poupkou, A., Queguiner, S., Robertson, L., Rouil, L., Schaap, M., Segers, A., Sofiev, M., Tarasson, L., Thomas, M., Timmermans, R., Valdebenito, A., van Velthoven, P., van Versendaal, R., Vira, J., Ung A. (2015) A regional air quality forecasting system over Europe: the MACC-II daily ensemble production. *Geoscientific Model Development*, 8, 2777-2813. <http://doi:10.5194/gmd-8-2777-2015>.

Seity Y., Brousseau P., Malardel S., Hello G., Bénard P., Bouttier F., Lac C., Masson V. (2011) The AROME-France convective-scale operational model. *Mon. Weather Rev.*, 139, 976-991.

Seljeskog, M., Goile, F., Sevault, A., & Lamberg, H. (2013). Particle emission factors for wood stove firing in Norway (TR A7306). Trondheim: SINTEF Energy Research. Retrieved from: [http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/nyheter/dokumenter/25042013\(PM%20emission%20factors%20wood%20stoves%20Rapport%20Final%2064-65\).pdf](http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/nyheter/dokumenter/25042013(PM%20emission%20factors%20wood%20stoves%20Rapport%20Final%2064-65).pdf).

Seljeskog M., Goile F., & Skreiberg Ø. (2017) Recommended revisions of Norwegian emission factors for wood stoves. *Energy Procedia*, 105, 1022-1028. <https://doi:10.1016/j.egypro.2017.03.447>.

SSB (2019) Statistikkbanken, Statistisk sentralbyrå <https://www.ssb.no/statbank/>

Tarrasón, L., Sousa Santos, G., Vo Thanh, D., Vogt, M., López-Aparicio, S., Denby, B., Tønnesen, D., Sundvor, I., Røen, H. V., and Høiskar B. A. K. (2017). Air quality in Norwegian cities in 2015. Evaluation report for NBV main results (NILU report 21/2017). Kjeller: NILU.

NILU - Norsk institutt for luftforskning

NILU - Norsk institutt for luftforskning er en uavhengig stiftelse etablert i 1969. NILUs forskning har som formål å øke forståelsen for prosesser og effekter knyttet til klimaendringer, atmosfærens sammensetning, luftkvalitet og miljøgifter. På bakgrunn av forskningen leverer NILU integrerte tjenester og produkter innenfor analyse, overvåkning og rådgivning. NILU er opptatt av å opplyse og gi råd til samfunnet om klimaendringer og forurensning og konsekvensene av dette.

NILUs verdier: Integritet - Kompetanse - Samfunnsnytte

NILUs visjon: Forskning for en ren atmosfære

NILU - Norsk institutt for luftforskning
Postboks 100, 2027 KJELLER

E-post: nilu@nilu.no

<http://www.nilu.no>

ISBN: 978-82-425-2983-1
ISSN: 2464-3327