



# VIRKEMIDDELKATALOG FOR BEGRÆNSNING AF LUFTFORURENING I FREDERIKSBERG KOMMUNE

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 346

2020



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

*[Tom side]*

# VIRKEMIDDELKATALOG FOR BEGRÆNSNING AF LUFTFORURENING I FREDERIKSBERG KOMMUNE

---

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 346

2020

Steen Solvang Jensen  
Morten Winther  
Marlene Schmidt Plejdrup  
Ole-Kenneth Nielsen  
Jørgen Brandt  
Matthias Ketzel

Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

# Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 346
Titel:	Virkemiddelkatalog for begrænsning af luftforurening i Frederiksberg Kommune
Forfattere:	Steen Solvang Jensen, Morten Winther, Marlene Schmidt Plejdrup, Ole-Kenneth Nielsen, Jørgen Brandt, Matthias Ketzel
Institution:	Institut for Miljøvidenskab (ENVS), Aarhus Universitet
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	<a href="http://dce.au.dk">http://dce.au.dk</a>
Udgivelsesår:	2020
Redaktion afsluttet:	15.01.2020
Faglig kommentering:	Ole Hertel, Institut for Miljøvidenskab
Kvalitetssikring:	Vibeke Vestergaard Nielsen, DCE
Ekstern kommentering:	Frederiksberg Kommune har kommenteret på rapporten ( <a href="http://dce2.au.dk/pub/komm/SR346_komm.pdf">http://dce2.au.dk/pub/komm/SR346_komm.pdf</a> )
Finansiel støtte:	Frederiksberg Kommune
Bedes citeret:	Jensen, S.S., Winther, M., Plejdrup, M.S., Nielsen, O.-K., Brandt, J., Ketzel, M. (2020): Virkemiddelkatalog for begrænsning af luftforurening på Frederiksberg, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 97 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 346, <a href="http://dce2.au.dk/pub/SR346.pdf">http://dce2.au.dk/pub/SR346.pdf</a>
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Denne rapport præsenterer et virkemiddelkatalog for reduktion af luftforurening i Frederiksberg Kommune med fokus på kommunale virkemidler, og en konsekvensvurdering af virkemidlerne. Virkemidler beskrives inden for indsatsområderne: By- og trafikplanlægning, elektrificering af transport, økonomiske virkemidler og regulering af transport, brændeovne samt ikke-kildebaserede virkemidlers rensning af miljøet. Væsentlige lokale kilder til luftforurening er trafik og brændeovne.
Emneord:	Luftforurening, indsatsområder, virkemidler, trafik, brændeovne, Frederiksberg.
Layout:	Majbritt Pedersen-Ulrich
Foto forside:	Colourbox
ISBN:	978-87-7156-444-0
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	97
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som <a href="http://dce2.au.dk/pub/SR346.pdf">http://dce2.au.dk/pub/SR346.pdf</a>

# Indhold

<b>1</b>	<b>Indledning</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Sammenfatning</b>	<b>6</b>
2.1	Baggrund og formål	6
2.2	Undersøgelsen	6
2.3	Hovedkonklusioner	7
2.4	Projektræsultater	9
<b>3</b>	<b>Metode for vurdering af virkemidler</b>	<b>12</b>
3.1	Afgrænsning	12
3.2	Bekæmpelsesstrategier	13
3.3	Oversigt over virkemiddelkatalog	13
<b>4</b>	<b>Maksimumpotentialer for regulering af luftforurening</b>	<b>15</b>
4.1	Potentialer for reduktion af emission	15
4.2	Potentialer for forbedring af luftkvaliteten	15
4.3	Potentialer for reduktion af helbredseffekter	18
4.4	Potentialer for reduktion af eksterne omkostninger	18
<b>5</b>	<b>Målsætninger</b>	<b>20</b>
5.1	Kommunes nuværende målsætning for luftkvalitet	20
5.2	EU's grænseværdier og WHO's retningslinjer	22
5.3	Forslag til målsætning for Frederiksberg Kommune	24
5.4	Relation til EU luftkvalitetsindeks	24
<b>6</b>	<b>Byplanlægning</b>	<b>26</b>
6.1	Overordnet by- og trafikplanlægning	26
6.2	Indretning af byrum	26
6.3	Lokalisering af miljøfølsomme funktioner	27
<b>7</b>	<b>Trafikplanlægning</b>	<b>28</b>
7.1	Emissionspotentialer	28
7.2	Koncentrationsbidrag på gadeniveau	35
7.3	Helbredseffekter og eksterne omkostninger	37
7.4	Betydning af trafikmængde og hastighed	37
7.5	Metro og bustrafik	39
7.6	Cykeltrafik	40
7.7	Delebiler	41
<b>8</b>	<b>Elektrificering af vejtransport</b>	<b>43</b>
8.1	Udvikling i antal elbiler i Danmark og regulering	43
8.2	Internationale erfaringer	44
8.3	Miljømæssige fordele og ulemper	45
8.4	Forskellige typer af eldrevne personbiler	47
8.5	Potentialer for de forskellige typer af eldrevne køretøjer	48
8.6	Elbilstrategien – Frederiksberg ELBILBY NR. 1	50

<b>9</b>	<b>Økonomiske virkemidler og regulering over for køretøjer</b>	<b>52</b>
9.1	Miljøzoner	52
9.2	Entreprenør- og arbejdsmaskiner	57
9.3	Trængselsringen	58
9.4	Road pricing	60
9.5	Parkeringsafgifter afhængig af Euronorm	62
<b>10</b>	<b>Brændeovne</b>	<b>63</b>
10.1	Emissionspotentiale	63
10.2	Koncentrationsbidrag	67
10.3	Helbredseffekter og eksterne omkostninger	68
10.4	Hidtidig regulering af brændeovne	68
10.5	Kommunal kampagne	69
10.6	Kommunal skrottningsordning	70
10.7	Krav om partikelfiltre	71
10.8	Forbud mod brændeovne og afgifter	73
10.9	Skærpet miljøtilsyn	76
<b>11</b>	<b>Rensning af miljøet – Ikke-kildebaserede virkemidler</b>	<b>77</b>
11.1	Træer og beplantning	77
11.2	NO <sub>x</sub> -reducerende belægninger	77
11.3	Partikelreducerende vejbelægning mv.	81
	<b>Referencer</b>	<b>85</b>
	<b>Bilag 1 Frederiksberg Kommunes planer og strategier af betydning for luftforureningsstrategien</b>	<b>93</b>

# 1 Indledning

Formålet med denne rapport er at opstille et virkemiddelkatalog for reduktion af luftforurening i Frederiksberg Kommune, og beskrive en konsekvensvurdering for luftforureningen af virkemidlerne ud fra eksisterende viden. Der er primært fokuseret på kommunale virkemidler over for de emissionskilder, som er de største lokale kilder til luftforurening, hvilket er trafik og brændeovne.

Målgruppen for rapporten er teknikere, planlæggere og sagsbehandlere i Frederiksberg Kommune, men også andre myndigheder og rådgivere inden for området, samt den interesserede borger og interesseorganisationer inden for miljø.

Virkemiddelkataloget er udarbejdet af DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet, Roskilde. Frederiksberg Kommune har udvalgt de overordnede virkemidler, mens DCE har beskrevet virkemidlerne og deres effekter samt kommet med forslag til konkrete tiltag inden for de forskellige virkemidler.

Denne rapport om virkemidler skal ses i sammenhæng med en tidligere udarbejdet rapport, som omhandler en kortlægning af luftforurening i Frederiksberg Kommune (Jensen et al, 2019b). Begge rapporter er udarbejdet under det samme projekt, som har til formål at udarbejde beslutningsstøtte til kommunens *egen* udarbejdelse af en luftkvalitetsstrategi for Frederiksberg Kommune.

Projektet har været fulgt af en følgegruppe bestående af følgende personer:

Niels Kaalund Jensen, Frederiksberg Kommune (projektleder)

Sara Sigvaldason, Frederiksberg Kommune

Thomas Niebuhr, Frederiksberg Kommune

Reza Hosainzadeh, Frederiksberg Kommune

Steen Solvang Jensen, DCE

## 2 Sammenfatning

### 2.1 Baggrund og formål

Formålet med denne rapport er at opstille et virkemiddelkatalog for reduktion af luftforurening i Frederiksberg Kommune, og give en konsekvensvurdering for luftforureningen af virkemidlerne ud fra eksisterende viden. Der er primært fokuseret på kommunale virkemidler over for de emissionskilder, som er de største lokale kilder til luftforurening, som er trafik og brændeovne. Denne rapport om virkemidler skal ses i sammenhæng en rapport, som omhandler kortlægning af luftforurening i Frederiksberg Kommune (Jensen et al., 2019b). Begge rapporter danner grundlag for kommunens *egen* udarbejdelse af en luftkvalitetsstrategi for Frederiksberg Kommune.

### 2.2 Undersøgelsen

#### Målsætning for luftkvaliteten

I forbindelse med udarbejdelse af en ny strategi for bekæmpelse af luftforurening skal Frederiksberg Kommune opstille en målsætning. Som grundlag herfor diskuteres kommunens nuværende målsætning fra tidligere luftkvalitetsstrategi og relateres til målsætning for Københavns Kommune, EU grænseværdier, samt WHO retningslinjer.

#### Kommunale planer og strategier

Endvidere opsummeres kort kommunens eksisterende planer og strategier med relevans for luftkvalitetsstrategien.

#### Fokus på virkemidler inden for vejtransport og brændefyring

Der er ca. 2 årlige for tidlige dødsfald, som kan tilskrives emissionskilder i Frederiksberg Kommune i 2017. Sættes dette i forhold til det totale antal for tidlige dødsfald (76) pga. al luftforurening fra danske og udenlandske kilder, så bidrager kilder i Frederiksberg Kommune til omkring 3% af alle for tidlige dødsfald relateret til luftforurening i kommunen i 2017. Dette betyder også, at omkring 97% af alle for tidlige dødsfald i Frederiksberg Kommune skyldes emissioner uden for Frederiksberg Kommune.

De totale eksterne omkostninger i Frederiksberg Kommune pga. al luftforurening fra både danske og udenlandske emissionskilder er omkring 1,5 milliarder kr. i 2017. De eksterne omkostninger pga. partikler er i alt 1,2 milliarder kr. i 2017 og 275 mio. kr. for NO<sub>2</sub>. Ozon og SO<sub>2</sub> bidrager kun med hhv. 19 og 5 mio. kr.

De vigtigste lokale kilder i Frederiksberg Kommune til helbredsrelaterede eksterne omkostninger i Frederiksberg Kommune er vejtrafik, som står for omkring 20 mio. kr. af de eksterne omkostninger, og brændeovne med 14 mio. kr. i 2017. Andre kildetyper, som giver et vist bidrag er affaldsbehandling med omkring 4 mio. kr., anvendelse af produkter (emissioner fra opløsningsmidler og emissioner fra industriens og befolkningens brug af produkter som fx kemikalier og maling) med omkring 3 mio. kr., og maskiner og redskaber i industri - inklusiv ikke-vejgående maskiner med omkring 1,5 mio. kr.



I forhold til for tidlige årlige dødsfald i Frederiksberg Kommune fra kilder i Frederiksberg Kommune bidrager vejtrafik (0,8 i 2017) og brændeovne (0,8 i 2017) lige meget. I forhold til brændeovne er der 1.657 fyringsanlæg i Frederiksberg Kommune, så den gennemsnitlige eksterne omkostning pr. brændefyringsanlæg i Frederiksberg Kommune er omkring 8.500 kr. om året i samfundsmæssige helbredsomkostninger.

Disse emissionskilder har Frederiksberg Kommune mulighed for at påvirke enten alene eller sammen med andre aktører. Det er derfor valgt at fokusere på disse emissionssektorer, og virkemidler inden for disse, hvor fokus er på hvad Frederiksberg Kommune har mulighed for at gøre. Konsekvensvurderingen er gennemført detaljeret for disse to sektorer, hvor der er lagt vægt på at kvantificere effekterne i det omfang det er muligt ud fra eksisterende viden.

Endvidere belyses en række virkemidler, som forsøger at reducere luftforureningen i selve luften, fx NO<sub>x</sub>-reducerende belægninger baseret på titaniumdioxid (TiO<sub>2</sub>).

De valgte virkemidler er primært rettet mod at reducere helbredsskadelig luftforurening, men sideeffekter i form af reduktion af drivhusgasser og støj er også kvalitativt beskrevet.

Analysen fokuserer på stoffer, som bidrager til helbredsskader. Det drejer sig om emissioner af NO<sub>x</sub> (kvælstofoxider = kvælstofmonoxid (NO) og kvælstofdioxid (NO<sub>2</sub>), PM<sub>2.5</sub> (massen af partikler mindre end 2,5 mikrometer i diameter) og PM<sub>10</sub> (massen af partikler mindre end 10 mikrometer i diameter). Ozon (O<sub>3</sub>) bidrager også til helbredsskader, og dannes i atmosfæren ud fra emissioner af NO<sub>x</sub>, flygtige kulbrinter og kulilte. Af NO<sub>x</sub> er NO<sub>2</sub> den helbredsskadelige del. NO<sub>x</sub> omdannes over tid i atmosfæren til sekundære partikler i kemiske reaktioner med andre stoffer, og bidrager dermed til partikkelmassen. Der er grænseværdier for NO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> og PM<sub>10</sub> og træskelværdier for O<sub>3</sub> for, hvornår befolkningen skal informeres om forhøjede O<sub>3</sub>-koncentrationer.

## 2.3 Hovedkonklusioner

### Forslag til målsætning for Frederiksberg Kommune

Frederiksberg Kommune kan bibeholde sin nuværende langsigtede målsætning om at sikre en luftkvalitet så ren, at borgernes sundhed ikke belastes.

Det skal dog bemærkes, at selv uden menneskeskabte kilder kan der forventes helbredseffekter af naturskabte emissionskilder, så i absolut betydning er det sandsynligvis ikke muligt at have en luftkvalitet uden nogen som helst helbredseffekt for borgerne, men målet er at komme ned på en minimal og acceptabel helbredsbelastning.

Det foreslås, at Frederiksberg Kommune konkretiserer målsætningen i form af et mål om at overholde WHO's retningslinjer for luftkvalitet i lighed med de krav som C40 byerne har opstillet i en erklæring om ren luft:

- Frederiksberg Kommune udarbejder inden for to år en baseline og opsætter mål for reduktion af luftforurening, som på sigt kan medvirke til, at WHO's retningslinjer for luftens indhold af stoffer kan overholdes.
- Frederiksberg Kommune udarbejder inden 2025 en plan for, hvordan WHO's vejledende grænseværdier kan overholdes og igangsætter indsatser, som betydeligt reducerer forureningen fra de største forureningskilder i byen.

En overholdelse af dette mål vil blive understøttet af den forventede reduktion i koncentrationerne, men sandsynligvis også kræve reduktion af trafikken på de mest trafikerede gader. Det vil også kræve en løbende monitoring af målopfyldelsen, og tiltag som kan understøtte målopfyldelsen.

Københavns Kommune har i forbindelse med C40 møde i København i oktober 2019 tilsluttet sig C40 byernes erklæring om ren luft (Københavns Kommune, 2019). C40 organiserer 94 af verdens klimavenlige storbyer.

Efter at EU's grænseværdier for luftkvalitet er overholdt siden 2017 er et næste naturligt skridt at stræbe efter at overholde WHO's retningslinjer, da dette yderligere vil reducere helbredsbelastningen ved luftforurening. Endvidere er der lagt op til en forpligtigende og vedholdende indsats med udarbejdelse af baseline, mål og planer for overholdelse. Endelig kunne der være synergieffekter med Københavns Kommune, som har samme målsætning.

### **Overordnet strategi for reduktion af luftforurening**

Helt overordnet er der fire måder at reducere effekten af luftforurening på:

- Emissionsreduktion ved kilde
- Fortyndning af luftforureningen for reduceret eksponering
- Adskillelse af emissionskilde og modtager for reduceret eksponering
- Rensning af luften i det eksterne miljø

Emissionsreduktion sker ved selve kilden. Det kan være i form af rensning, fx partikelfilter eller gennem anvendelse af renere teknologi, som fx elbiler eller gennem reduktion af aktiviteten fx mindre trafik. Emissionsreduktion er typisk det mest effektive, fordi det sker ved kilden, og dermed forhindrer følgevirkningen af emissionen.

Fortyndning kunne fx være ved at hæve højden på en skorsten, hvorved forureningen fortyndes i en større luftmængde efter udledning inden den når ned til jordoverfladen, og dermed resulterer i lavere koncentrationer ved jordoverfladen, hvor befolkningen udsættes for forureningen og derved reduceres også de tilknyttede helbredseffekter lokalt. Emissionen reduceres ikke men fortyndes kun, men bidrager til at reducere eksponering for luftforureningen. Fortyndingsstrategien var en meget udbredt strategi i den tidlige miljøbekæmpelse, men er ikke længere en strategi, som kan stå alene.

Adskillelse af emissionskilde og modtager er en måde at reducere befolkningens eksponering for luftforurening, da emissionen er blevet mere fortyndet pga. den længere afstand.

Rensning af selve miljøet er en relativt ny tilgang, hvor det er selve luften, som forsøges renses. Et eksempel herpå er belægninger med stoffet titaniumdioxid ( $\text{TiO}_2$ ), som fungerer som en katalysator, som oxiderer  $\text{NO}_x$  til nitrat, som afsættes og udvaskes. En af udfordringerne ved at rense luften i det omgivende miljø er, at emissionen er fortyndet i store mængder luft. Derfor er der tale om lave koncentrationer, som det er vanskeligt effektivt at rense.

## 2.4 Projektresultater

I **Tabel 2.1** er det forsøgt at opsummere effekterne af de enkelte virkemidler. Dette er gjort for emission og luftkvalitet samt sideeffekter for drivhusgasser (klima) og støj. Der er tale om en kvalitativ og relativ konsekvensvurdering af de forskellige virkemidler med udgangspunkt i beskrivelserne af effekterne for de enkelte virkemidler i rapporten. "X" indikerer meget lille effekt, "XX" lille effekt, "XXX" mellem effekt, "XXXX" storeffekt, og "XXXXX" meget stor effekt. Med stjerne (\*) fra 1 til 5 er det forsøgt at opsummere effekten, hvor 1 stjerne er mindst effekt og 5 stjerner størst effekt. De primære aktører i forhold til virkemidlet er også indikeret med gruppering i stat, kommune og F&U (Forskning og Udvikling).

### By- og trafikplanlægning

Effekten af virkemidler inden for by- og trafikplanlægning har ikke scoret så højt, da effekten af de enkelte tiltag vurderes at være relativ lav. Men by- og trafikplanlægning er kendetegnet ved vedholdende at foregå over lang tid med mange måske mindre initiativer, som tilsammen har skabt et tæt byområde med mange mennesker på et forholdsvis lille område, så mange byfunktioner er inden for kort afstand med det resultat, at gang/cykel og kollektiv trafik har en meget høj andel af ture på Frederiksberg. Endvidere skaber det gode betingelser for kollektiv trafik herunder metro, som igen er betingelser for større udbredelse af delebiler.

### Elektrificering af vejtransport

Elektrificering af vejtransport er det virkemiddel, som har det største potenti-ale i forhold til denne sektor, da elektrisk drift helt vil fjerne udstødning. Hvis eksempelvis al udstødning kunne fjernes (fx ved 100% elbiler) ville dette fjerne al udstødning. Men foreløbige vurderinger tyder på, at overgang til elbiler samlet set vil føre til ingen eller lille reduktion af PM<sub>10</sub>, forbi reduceret udstødning opvejes af flere partikler fra ikke-udstødning, da elbiler er tungere end fossilbiler, og dermed har højere vej- og dækemissioner (Timmers & Achten, 2016). Ikke-udstødning er en samlet betegnelse for vej-, dæk og bremse-slid. Både udstødnings- og ikke-udstødningspartikler er helbredsskadelige, men meget tyder på at udstødning er mere helbredsskadelig end ikke-udstødning (Rohr & Wyzga, 2012). Det kræver reduktion af selve trafikken for at reducere trafikens bidrag til ikke-udstødningspartikler.

### Skærpede miljøzoner

Miljøzoner rummer mulighed for at være effektive afhængig af, hvilke emis-sionskrav der stilles. Størst effekt opnås ved at stille krav til alle køretøjsgrup-per og kræve overholdelse af den reteste emissionsnorm (Euro 6) så tidligt som muligt.

### Trængselsring og road pricing

Trængselsring og road pricing rummer mulighed for at reducere trængsel og også samlet reducere trafikken noget. Effekten er dog ikke så stor, da det primært er personbiltrafikken, som påvirkes af afgifter, da den er mest prisføl-som, og emissionen pr. personbil er ikke så stor som for varebiler, lastbiler og busser.

### Brændeovne

Et potentielt effektivt virkemiddel over for brændefyring er udvikling og ud-bredelse af effektive partikelfiltre til brændeovne i kombination med lavemis-sionsbrændeovne, således at luftforureningen fra brændeovne kommer ned på noget i nærheden af anden individuel eller kollektiv varmforsyning.

Et andet effektivt virkemiddel er skrotning af gamle forurenende brændeovne, som ikke erstattes af nye, og hvis de gør, erstattes af de mindst forurenende Svanemærkede brændeovne på markedet, og med partikelfilter.

Det kan undersøges nærmere, om kommunen kan oprette puljer med tilskud til montering af partikelfiltre og skrotning af gamle brændeovne., Ligeledes kunne det undersøges, om brændeovnsbekendtgørelsen giver en kommune mulighed for at forbyde brændeovne fx i nybyggeri og ved total renovation af byggeri, eller om det kræver ny lovgivning, herunder også undersøge muligheden for at stille krav om øget rensning i kommunale forskrifter. Såfremt dette ikke er muligt kan ændret lovgivning efterspørges.

Afgifter på brug af brændeovn kunne også være et effektivt virkemiddel til reduktion af emission fra brændeovne, men kræver ændret lovgivning.

Oversigt over potentialet for effekt af virkemidler er opsummeret i tabel 2.1.

**Table 2.1.** Oversigt over potentialet for effekt af virkemidler samt tilhørende aktører.

Type regulering: Effekt for:	Effekter			Sideeffekter			Aktør	
	Emission	Luftkvalitet	I alt	Klima	Støj	Stat	Kommune	F&U
<b>Byplanlægning</b>								
Overordnet by- og trafikplanlægning	X	X	*	X	X		X	
Indretning af byrum		X	*		X		X	
Lokalisering af miljøfølsomme funktioner		X	*		X		X	
<b>Trafikplanlægning</b>								
Trafikmængde og hastighed	XX	XX	**	X	X		X	
Metro og busstrafik	XX	XX	**	X	X		X	
Cykeltrafik	XX	XX	**	X	X		X	
Delebiler	X	X	*	X	X		X	
<b>Elektrificering af transport</b>								
Personbiler	XXXXX	XXXXX	*****	X	X	X	X	X
Varebiler	XXX	XXX	***	X	X	X	X	X
Lastbiler	XXX	XXX	***	X	X		X	X
Busser	XX	XX	**	X	X		X	X
<b>Økonomiske virkemidler og regulering af køretøjer</b>								
Miljøzoner	XXXX	XXXX	****			X		
Entreprenør- og arbejdsmaskiner	X	X	*	X	X	X	X	
Trængselsringen	XX	XX	**	X	X	X		
Road pricing	XX	XX	**	X	X	X		
Parkeringsafgifter afhængig af Euronorm	X	X	*				X	
<b>Brændeovne</b>								
Kampagner	X	X	*				X	
Kommunal skrotningsordning	XXX	XXX	***				X	
Krav om partikelfiltre	XXXXX	XXXXX	*****	X		X	X	X
Forbud mod brændeovne og afgifter	XXXX	XXXX	****			X		
Skærpet miljøtilsyn	X	X	*				X	
<b>Rensning af miljøet – Ikke-kildebase-rede virkemidler</b>								
Træer og beplantning		X	*	X			X	
NO <sub>x</sub> -reducerende belægninger		X	*				X	
Partikelreducerende vejbelægning mv.		X	*					X

### 3 Metode for vurdering af virkemidler

Dette kapitel beskriver først den metode og afgrænsning, som er lagt til grund for udvælgelse og beskrivelse af virkemidler til reduktion af luftforurening i Frederiksberg Kommune. Dernæst gives et overblik over de udvalgte virkemidler.

#### 3.1 Afgrænsning

I forbindelse med kortlægning af luftforureningens kilder og dens helbredseffekter i Frederiksberg Kommune blev der udarbejdet en analyse af, hvor meget de 10 hovedemissionssektorer (SNAP1-10) bidrager til luftforureningen og de tilhørende helbredseffekter og dertil knyttede eksterne omkostninger (Jensen et al., 2019). Eksterne omkostninger omfatter de samfundsmæssige omkostninger ved helbredseffekterne. Disse beregninger er baseret på den nationale emissionsopgørelse, luftkvalitetsmodeller og EVA-systemet (Economic Valuation of Air Pollution). Metoder og resultater er nærmere beskrevet i kortlægningsrapporten (Jensen et al., 2019).

Der kan opstilles mange forskellige virkemidler inden for disse 10 hovedemissionssektorer, så det vil ikke være muligt inden for projektets rammer at konsekvensvurdere disse på samme detaljeringsniveau.

Indledningsvis vil det maksimale potentiale for emissionsreduktion inden for de 10 hovedemissionssektorer (SNAP1-10) blive belyst ved at antage, at det er muligt at fjerne al emission fra den pågældende emissionssektor for at se, hvad dette ville betyde for luftforureningen og de tilhørende helbredseffekter og eksterne omkostninger. Denne analyse trækker på resultaterne fra kortlægningsarbejdet, og anviser ikke hvilke konkrete virkemidler, der skulle tages for at opnå denne emissionsreduktion.

Kortlægningen viste, at de lokale emissionskilder i Frederiksberg Kommune, som bidrager mest til helbredseffekter og eksterne omkostninger, er brændevovne mv. (SNAP2) og vejtransport (SNAP7). Disse emissionskilder har Frederiksberg Kommune mulighed for at påvirke enten alene eller sammen med andre aktører. Det er derfor valgt at fokusere på disse emissionssektorer, og virkemidler inden for disse, hvor fokus er på, hvad Frederiksberg Kommune selv kan gøre. Konsekvensvurderingen er gennemført mere detaljeret for disse to sektorer, hvor der er lagt vægt på at kvantificere effekterne i det omfang, det er muligt ud fra eksisterende viden.

Endvidere belyses en række virkemidler, som ikke er virkemidler, der er direkte målrettet en bestemt emissionssektor, fx NO<sub>x</sub>-reducerende belægninger baseret på titaniumdioxid (TiO<sub>2</sub>).

De valgte virkemidler er primært rettet mod at reducere helbredsskadelig luftforurening, men sideeffekter i form af reduktion af klimagasser og støj vil blive kvalitativt beskrevet.

## 3.2 Bekæmpelsesstrategier

Helt overordnet er der fire måder at reducere effekten af luftforurening på:

- Emissionsreduktion
- Fortynding
- Adskillelse af emissionskilde og modtager
- Rensning af luften i det eksterne miljø

Emissionsreduktion sker ved selve kilden. Det kan være i form af rensning, fx SCRT på bybusser eller gennem renere teknologi, som fx elbiler eller gennem reduktion af aktiviteten, fx mindre trafik. (SCRT er Selective Catalytic Reduction & Trap, dvs. kombineret NO<sub>x</sub> reduktion og partikelfilter). Emissionsreduktion er typisk det mest effektive, fordi det sker ved kilden, og dermed forhindrer følgevirkningen af emissionen.

Fortynding kunne fx være en højere skorsten, hvor emissionen fortyndes og dermed resulterer i lavere koncentrationer og tilhørende helbredseffekter. I tilfældet med en højere skorsten vil dette reducere koncentrationerne lokalt ved jordoverfladen, men der vil stadigvæk være en regional effekt, hvor emission som fx NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub> omdannes i atmosfæren til sekundære partikler, som forårsager helbredseffekter langt fra kilden, og dermed uden for Frederiksberg. Emissionen reduceres ikke men fortyndes kun. Fortyndingsstrategien var en meget udbredt strategi i den tidlige miljøbekæmpelse, men er ikke længere en strategi, som kan stå alene.

Adskillelse af emissionskilde og modtager er en måde at reducere befolkningens eksponering for luftforurening, da emissionen er blevet mere fortyndet pga. den længere afstand. Eksempler herpå er zoneplanlægning med adskillelse af industriområder og boligområder eller hensyntagen til lokalisering af miljøfølsomme aktiviteter i forhold til luftforurening.

Rensning af selve miljøet er en relativt ny tilgang, hvor det er selve luften, som forsøges renses. Et eksempel herpå er belægninger med stoffet titaniumdioxid (TiO<sub>2</sub>), som fungerer som en katalysator, som oxiderer NO<sub>x</sub> til nitrat, og som formodes at blive afsat på belægningen og udvasket, og som derfor i princippet skulle kunne reducere koncentrationen af NO<sub>x</sub> lokalt, men også reducere dannelse af sekundære partikler i atmosfæren pga. mindre NO<sub>x</sub>.

Alle fire fremgangsmåder er repræsenteret i den samlede vifte af virkemidler som belyses, men fokus er på virkemidler, som reducerer emissionen ved kilden.

## 3.3 Oversigt over virkemiddelkatalog

Virkemidler kan inddeles på mange forskellige måder. I Tabel 3.1 er vist en oversigt over de virkemidler, som er belyst. Inddelingen i indsatsområder og tilhørende virkemidler er sket i samarbejde med Frederiksberg Kommune. Virkemidlerne vil blive nærmere beskrevet i de efterfølgende kapitler.

For hvert virkemiddel er det endvidere indikeret, hvilken hovedtype det hører under samt eventuelle sideeffekter i forhold til klima og støj. Konsekvenser af sideeffekter er kun beskrevet kvalitativt.

Der er primært fokuseret på kommunale virkemidler over for de emissionskilder, som er de største lokale kilder til luftforurening, hvilket er trafik og brændeovne i Frederiksberg Kommune.

De belyste virkemidler er listet i Tabel 3.1.

**Tabel 3.1.** Oversigt over udvalgte virkemidler for 10 hovedemissionssektorer og hvordan de konsekvensvurderes.

Type regulering:	Emissions-reduktion	Fortynding	Adskille kilde og modtager	Rensning i miljø	Sideeffekter	
Effekt for:	Luftforurening	Luftforurening	Luftforurening	Luftforurening	Klima	Støj
<b>Byplanlægning</b>						
Overordnet by- og trafikplanlægning	X		X		X	X
Indretning af byrum			X			
Lokalisering af miljøfølsomme funktioner			X			
<b>Trafikplanlægning</b>						
Trafikmængde og hastighed	X					
Metro og busstrafik	X				X	X
Cykeltrafik	X				X	X
Delebiler	X				X	X
<b>Elektrificering af transport</b>						
Personbiler	X				X	X
Varebiler	X				X	X
Lastbiler	X				X	X
Busser	X				X	X
<b>Økonomiske virkemidler og regulering</b>						
Miljøzoner	X					
Entreprenør- og arbejdsmaskiner	X					
Trængselsringen	X				X	X
Road pricing	X				X	X
Parkeringsafgifter afhængig af Euro-norm	X					
<b>Brændeovne</b>						
Kampagner	X					
Kommunal skrottningsordning	X					
Krav om partikelfiltre	X				X	
Forbud mod brændeovne og afgifter	X					
Skærpet miljøtilsyn	X	X	X			
<b>Rensning af miljøet – Ikke-kildebaserede virkemidler</b>						
Træer og beplantning				X	X	
NO <sub>x</sub> -reducerende belægninger				X		
Partikelreducerende vejbelægning mv.				X		



## 4 Maksimumpotentialer for regulering af luftforurening

Dette kapitel giver en konsekvensvurdering af det maksimale potentiale for forbedring af luftkvaliteten, helbredseffekter og relaterede helbredsomkostninger med udgangspunkt i de 10 hovedemissionssektorer, som indgår i den nationale emissionsopgørelse, og som er kortlagt for Frederiksberg Kommune i kortlægningsrapporten (Jensen et al., 2019b). Det er således en kort opsummering af resultaterne for kortlægningsrapporten. Maksimumpotentialet består i at konsekvensvurdere, hvad det vil betyde helt at fjerne al emission fra de pågældende emissionssektorer hver for sig.

### 4.1 Potentialer for reduktion af emission

For  $\text{NO}_x$  er den største kilde vejtransport (SNAP07), mens det for partikler er brændeovne og pillefyr mv. (SNAP0202) i 2017. Partikelemissionen fra brændeovne mv. er omkring dobbelt så stor som for vejtransporten. Fremskrivninger af emissioner af  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2.5}$  viser reduktioner fra 2016 til 2030.

En anden betydelig kilde er entreprenør- og arbejdsmaskiner (SNAP0808).

### 4.2 Potentialer for forbedring af luftkvaliteten

Selvom der er sammenhæng mellem emissioner og disse emissioners bidrag til koncentrationer er denne sammenhæng ikke altid lineær. Det betyder, at en procentvis ændring i emissioner ikke nødvendigvis fører til samme procentvise ændring i koncentrationer. Det skyldes mange forhold, hvoraf vigtige forhold er, hvorvidt det er lave eller høje emissionskilder, hvor meget den regionale forurening er for det pågældende stof samt atmosfærekemi fx i dannelse af sekundære partikler ud fra emission af gasser. Dette påvirker derfor effekten af forskellige virkemidler. Derfor er det vigtigt også at analysere koncentrationsbidraget fra forskellige emissionskilder, da koncentrationsbidraget er en bedre indikator for helbredseffekter end selve emissionen.

Koncentrationsbidraget fra emissionskilder i og uden for Frederiksberg Kommune til gennemsnitskoncentrationen i bybaggrundsforureningen over Frederiksberg Kommune er beregnet for 2017. Det er altså hvor mange mikrogram pr. kubikmeter de enkelte emissionskilder bidrager med. Endvidere er der kildebidragene til gadekoncentrationerne på 98 gader i København illustreret, herunder hvor meget forskellige køretøjsgrupper bidrager til koncentrationen.

#### Kildebidrag til bybaggrundskoncentrationen

Alle kilder i Frederiksberg Kommune bidrager tilsammen med omkring  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  til bybaggrundskoncentrationen for  $\text{NO}_2$ , hvilket svarer til omkring 7%. Modsat gælder, at omkring  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eller 91% kommer fra kilder uden for Frederiksberg Kommune (kilder i Danmark og udlandet omfattende den nordlige halvkugle).

Vejtrafikken inden for Frederiksberg Kommune udgør det største bidrag med omkring  $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $\text{NO}_2$  til bybaggrundsforureningen svarende til omkring 5%.

International søfart inden for 25 km er særskilt beregnet, og bidrager med omkring  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $\text{NO}_2$  eller omkring 2% af bybaggrundskoncentrationen i 2017.

Hvis vi alene ser på den procentvise fordeling af de lokale emissionskilder inden for Frederiksberg Kommune, er vejtransport den største kilde, da den bidrager med omkring 81% for  $\text{NO}_2$ . Brændeovne bidrager kun med omkring 3% for  $\text{NO}_2$ .

De lokale kilder i Frederiksberg Kommune udgør sammenlagt omkring  $0,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $\text{PM}_{10}$  og  $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $\text{PM}_{2,5}$  (hhv. 4 % og 2 % af bybaggrundsforureningen). Modsat gælder at omkring  $15,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eller 97% for  $\text{PM}_{10}$  kommer fra kilder uden for Frederiksberg Kommune (kilder i Danmark og udlandet omfattende den nordlige halvkugle). De tilsvarende tal for  $\text{PM}_{2,5}$  er  $11,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eller 98%.

Brændeovne udgør det største lokale bidrag til partikelforurening med  $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $\text{PM}_{10}$  og  $0,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $\text{PM}_{2,5}$  svarende til hhv. 1,6 % og 1,1 % af bybaggrundsforureningen for hhv.  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2,5}$ .

Vejtransport udgør det næststørste lokale bidrag til partikelforurening med  $0,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og  $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  svarende til 0,8% og 0,5% af bybaggrundsforureningen for hhv.  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2,5}$ .

Hvis vi alene ser på den procentvise fordeling af de lokale emissionskilder inden for Frederiksberg Kommune, er brændeovne mv. den største kilde, da den bidrager med 45% og 50% for hhv.  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2,5}$ . Den næststørste kilde er vejtrafikken, som bidrager med 24% og 22% for hhv.  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2,5}$ .

Brændeovne bidrager således mest til partikler og vejtransport mest til  $\text{NO}_2$ .

#### **Kildebidrag til gadekoncentrationer**

Der er gennemført beregninger af kildebidrag til  $\text{NO}_2$ -koncentrationen fordelt på køretøjskategorier for 98 gader i København i 2018 - dvs. samme gader, som indgår i den nationale overvågning af luftkvalitet. 11 af gaderne ligger på Frederiksberg.

Størrelsen af gadebidraget afhænger primært af trafikmængden (udtrykt ved årsdøgntrafikken), men også af køretøjsfordelingen, rejsehastigheden og gadegeometrien. Den gennemsnitlige køretøjsfordeling for de 98 gader er 80% personbiler, 15% varebiler, og 5% lastbiler og busser. Da køretøjsfordelingen er forskellig fra gade til gade, vil der også være forskelle i kildefordelingen fra gade til gade.

Hvis vi betragter gadebidraget, er det generelle billede for  $\text{NO}_2$ , at personbiler bidrager mest. I gennemsnit udgør personbiler 52% af gadebidraget, varebiler udgør 26%, lastbiler udgør 6% og busser udgør 17%. Den tunge trafik (lastbiler og busser) bidrager således med omkring 23%. På trods af at lastbiler og busser kun udgør omkring 5% af trafikken bidrager de relativt meget, da emissionsfaktorerne for lastbiler og busser er væsentligt højere end for person- og varebiler.

Bidraget fra busser er dog noget mindre end indikeret ovenfor pga. eftermontering af SCRT (kombineret  $\text{NO}_x$ -katalysator og partikelfilter) på omkring 300 bybusser i København (Jensen et al., 2016). Dette er ikke indregnet for de 98

gader, da det ville kræve oplysninger om, hvor de enkelte SCRT busser kører i forhold til de 98 gader.

For Jagtvej ved målestationen er der i nærværende projekt gennemført en detaljeret opgørelse af trafikens bidrag til PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub> underopdelt på udstødning og ikke-udstødning. Ikke-udstødning omfatter mekanisk dannede partikler fra vejslid, dækslid, bremseslid samt ophvirvling heraf. Ikke-udstødningsdelen udgør langt den største del af partikelmassen fra trafikken. For PM<sub>10</sub> udgør udstødning omkring 15% og ikke-udstødning omkring 85%. For PM<sub>2.5</sub> er det hhv. omkring 27% og 73%.

Hvis eksempelvis al udstødning kunne fjernes (fx ved 100% elbiler) ville dette fjerne al udstødning, mens foreløbige vurderinger tyder på, at overgang til elbiler samlet set vil føre til ingen eller lille reduktion af PM<sub>10</sub>, fordi reduceret udstødning opvejes af øget ikke-udstødning, da elbiler er tungere end fossilbiler, og dermed har højere vej- og dækemissioner (Timmers & Achten, 2016).

### **Kildebidrag fra brændefyringsanlæg**

Der er 1.657 brændefyringsanlæg i Frederiksberg Kommune, hvoraf hovedparten er brændeovne. Sammenlignes den nationale fordeling på brændefyringsanlæg med fordelingen i Frederiksberg Kommune ses, at Frederiksberg Kommune har meget få kedler og pillefyr (1%) i forhold til landsplan (21%), mens der er flere i kategorien andre ovne (31%) mod landsplan (5%). Andre ovne omfatter flisfyr, pejs, masseovn, pizzaovn mv. Den procentvise andel af brændeovne er omtrent den samme med 68% i Frederiksberg Kommune og 74% på landsplan.

Der foreligger ikke oplysninger på kommunalt plan om brændefyringsanlæggenes fordeling på anlægstyper (gamle ovne, nyere ovne, Svanemærkede mv.). Her er den nationale fordeling derfor lagt til grund med de tilhørende emissionsfaktorer.

Der er relativt store forskelle på emissionsfaktorer (g/GJ) for partikler afhængig af anlægstype, hvor ældre ovne har langt højere emissionsfaktorer end nyere ovne. Pillekedel/ovn har den laveste emissionsfaktor for partikler.

Brændefyringsanlæg har langt højere emissionsfaktorer end andre individuelle opvarmningskilder og kollektiv varmforsyning.

### **Relation til EU's grænseværdier for luftkvalitet og WHO's retningslinjer**

EU's grænseværdier er gældende lovgivning i Danmark via implementering i danske bekendtgørelser. Verdenssundhedsorganisation (WHO) har ligeledes fremsat nogle retningslinjer for luftkvalitet (air quality guidelines), men disse retningslinjer er ikke juridisk bindende. WHO's retningslinjer er halvdelen af EU's grænseværdier for PM<sub>2.5</sub> (dvs. 10 µg/m<sup>3</sup>) og PM<sub>10</sub> (dvs. 20 µg/m<sup>3</sup>), mens de er ens for NO<sub>2</sub> (40 µg/m<sup>3</sup>).

EU's grænseværdier har været overholdt på alle målestationer siden 2017. Beregninger for 2030 viser, at luftkvalitetens forventes yderligere forbedret pga. allerede vedtaget tiltag i EU og Danmark.

Målte værdier i 2018 overholder WHO's retningslinjer for NO<sub>2</sub>. I forhold til WHO's retningslinjer for PM<sub>2.5</sub> overskrides retningslinjerne i gadeniveau, i

bybaggrund og i landområder. WHO's retningslinjer for PM<sub>10</sub> er kun overskredet i gaderne. Der er således et potentiale for forbedring af luftkvaliteten således at den kunne overholde WHO's retningslinjer.

### 4.3 Potentialer for reduktion af helbredseffekter

Det totale årlige antal tilfælde af for tidlige dødsfald relateret til luftforurening i kommunen i 2017 er omkring 76 i Frederiksberg Kommune på baggrund af udendørs luftforureningsniveauer baseret på både danske og udenlandske emissionskilder.

Der er mange flere tilfælde af sygelighed, end der er tilfælde af for tidlige dødsfald. Eksempelvis er der omkring 71.000 dage med nedsat aktivitet (sygedage) som følge af luftforureningen i Frederiksberg Kommune. I beregningerne dækker sygelighed over hospitalsindlæggelser for luftvejslidelser og hjerte-karsygdomme, kronisk bronkitis og astma, samt dage med tabt arbejde og nedsat aktivitet (sygedage).

Selvom gældende grænseværdier for partikler, NO<sub>2</sub>, ozon og SO<sub>2</sub> ikke er overskredet, er der stadigvæk en betydelig byrde, da der også er helbredseffekter under grænseværdierne, som det fremgår af ovenstående.

#### Helbredseffekter i Frederiksberg Kommune fordelt på lokale emissionskilder

Det er undersøgt, hvor meget de lokale emissionskilder i Frederiksberg Kommune bidrager til helbredseffekterne i Frederiksberg Kommune.

Der er ca. 2 for tidlige dødsfald, som kan tilskrives emissionskilder i Frederiksberg Kommune i 2017. Sættes dette i forhold til det totale antal for tidlige dødsfald (76) pga. al luftforurening fra danske og udenlandske kilder bidrager kilder i Frederiksberg Kommune til omkring 3% af alle for tidlige dødsfald i 2017. Dette betyder også, at omkring 97% af alle for tidlige dødsfald i Frederiksberg Kommune skyldes emissioner uden for Frederiksberg Kommune.

De to største lokale kilder til for tidlige dødsfald er vejtrafik (0,8 i 2017) og brændeovne (0,8 i 2017).

Emissioner fra Frederiksberg Kommune vil også give anledning til for tidlige dødsfald uden for kommunegrænsen.

### 4.4 Potentialer for reduktion af eksterne omkostninger

De totale eksterne omkostninger i Frederiksberg Kommune pga. al luftforurening fra både danske og udenlandske emissionskilder er omkring 1,5 milliarder kr. i 2017.

De eksterne omkostninger pga. partikler er i alt 1,2 milliarder kr. i 2017 og 275 mio. kr. for NO<sub>2</sub>. Ozon og SO<sub>2</sub> bidrager kun med hhv. 19 og 5 mio. kr.

Ozon er ikke direkte emitteret, men dannes i atmosfæren ud fra emissioner af NO<sub>x</sub>, kulbrinter og CO. Ozon dannes imidlertid kun i meget begrænset omfang inden for Danmark, og dannelsen som følge af danske udledninger sker primært i udlandet, hvor ozon i Danmark kommer fra. Ozonkoncentrationerne i Danmark er helbredsskadelige, og er derfor også forbundet med eksterne omkostninger.

### **Eksterne omkostninger af lokale emissionskilder**

De vigtigste lokale kilder i Frederiksberg Kommune til helbredsrelaterede eksterne omkostninger i Frederiksberg Kommune er vejtrafik, som står for omkring 20 mio. kr. af de eksterne omkostninger, og brændeovne med 14 mio. kr. i 2017. Andre kildetyper, som giver et vist bidrag er affaldsbehandling med omkring 4 mio. kr., anvendelse af produkter (emissioner fra opløsningsmidler og emissioner fra industriens og befolkningens brug af produkter som fx kemikalier og maling) med omkring 3 mio. kr., og maskiner og redskaber i industri - inklusiv ikke-vejgående maskiner med omkring 1,5 mio. kr.

## 5 Målsætninger

Frederiksberg Kommune ønsker at opstille en ny målsætning for luftkvaliteten i kommunen. Dette kapitel skal give Frederiksberg Kommune baggrund og grundlag for at formulere en sådan målsætning i forbindelse udarbejdelsen af kommunens luftforureningsstrategi.

Indledningsvis beskrives den eksisterende målsætning i Frederiksberg Kommunes første luftforureningsstrategi fra 2012 (Frederiksberg Kommune, 2012), som DCE ligeledes udarbejdede datagrundlag for. Endvidere sammenlignes denne med Københavns Kommunes målsætning samt statens målsætninger.

Endelige gennemgås EU's grænseværdier for udvalgte luftforurenings samt WHO's retningslinjer for luftkvalitet. Endvidere beskrives et luftkvalitetsindeks opstillet af EU for populærformidling af, hvad god luftkvalitet er.

### 5.1 Kommunes nuværende målsætning for luftkvalitet

I 2012 udarbejdede Frederiksberg Kommune en strategi for bekæmpelse af luftforurening (Frederiksberg Kommune, 2012). Heri bekræftede Frederiksberg Kommune sin hidtidige langsigtede vision for luftkvalitet:

- "Frederiksberg Kommune vil sikre en luftkvalitet så ren, at borgernes sundhed ikke belastes"

Frederiksberg Kommune understreger endvidere i strategien fra 2012, at visionen skal forstås som en langsigtet målsætning, som kommunen sammen med andre aktører vil arbejde hen imod. Frederiksberg Kommune kan ikke sikre denne vision på egen hånd, da kommunen er påvirket af forureningsbidrag fra emissioner i Københavnsområdet, det øvrige Danmark og udlandet. Den langsigtede vision gælder kun menneskeskabt luftforurening, som det er muligt at regulere. Selv helt uden menneskeskabt luftforurening ville luften i kommunen stadig indeholde naturligt forekommende partikelforurening fx jordstøv, salt fra havsprøjt, skovbrande, vulkanaske, mv. som for en stor del sandsynligvis også er sundhedsskadelig, da det ikke tyder på, at være nogen nedre grænse for, hvornår partikelniveauer ikke er skadelige. Der er fortsat ikke tilstrækkelig viden om betydningen af partikelforureningens sammensætning mht. størrelsesfordeling og kemiske sammensætning, så det er ikke alene partikelniveauet, som er afgørende.

Frederiksberg Kommune har endvidere udarbejdet en række planer og strategier, som også har direkte eller indirekte betydning for luftforureningen. Frederiksberg Kommune har beskrevet planerne og strategierne nærmere i Bilag 1. Nedenfor opsummeres kort betydningen for luftforureningen af de enkelte planer.

*Frederiksberg Strategien Udkast 2020:* Kommunen vil bl.a. arbejde målrettet for ren luft, og at kommunen er CO<sub>2</sub>-neutral i 2030, hvilket også vil reducere luftforureningen.

*Kommuneplanen 2017:* Understøtter Frederiksberg Strategien.

*Handlingsplan i 2019 for understøttelser af de 17 FN verdensmål:* Er under udarbejdelse hvor særligt målene omkring sundhed og trivsel (3) og Bæredygtige byer (11) har betydning for luftforurening.

*Bæredygtighedsplan 2018-2021:* "Vi vil sætte ambitiøse mål for at forbedre luftkvaliteten. Borgere på Frederiksberg skal kunne bevæge sig frit i byen med vished for, at de får ren luft i lungerne. Derfor vil vi udarbejde en ambitiøs ny strategi til bekæmpelse af luftforurening, hvor vi blandt andet må arbejde for at bekæmpe partikelforurening fra eksempelvis dieseldrevne køretøjer og brændeovne."

*Støjhandlingsplan 2018-2023:* Elbiler og elbusser vil bidrage til at reducere støj, men også luftforurening.

*Sundhedspolitik 2019-2022:* Mindre luftforurening i byens miljø.

*Cykelpolitik 2013-2018:* Flere ture på cykel vil føre til mindre luftforurening.

*Elbilstrategien – Frederiksberg ELBILBY Nr. 1:* Stiller mål for elektrificering af kommunens egne køretøjer, udbudt kørsel, kollektiv trafik samt privat bilpark, herunder nærhed til ladestander. Eldrift fjerner al udstødning.

*Tilsynsplan 2019 for virksomheder:* Lovpligtigt tilsynsarbejde med miljøbelastende virksomheder vil bl.a. begrænse luftforurening.

*Frederiksberg Kommunes træpolitik:* Træer og beplantning kan under givne omstændigheder bidrage til at forbedre luftkvaliteten.

*Byens grønne regnskab:* Årligt regnskab som bl.a. beskriver udviklingen for partikler og NO<sub>2</sub>.

*MOVIA's trafikplan 2016:* Fossilfri busdrift i 2030 vil reducere udstødningen markant.

*Region Hovedstaden – Trafik- og mobilitetsplan 2019:* Samarbejde mellem kommunerne omkring førstevalg af kollektiv trafik, flere cykelpendlere, knudepunkter der skaber sammenhæng, attraktiv deletransport og mobilitetservice for brugerne. Overflytning af biltransport til mere cykling, mere brug af ren kollektiv trafik og mere deletransport vil reducere luftforureningen.

### **Københavns kommune**

Københavns Kommune udarbejdede i 2013 en luftkvalitetsplan for Københavns Kommune, hvor målet var: "at sikre, at luften i København er så ren, at borgernes sundhed ikke belastes" (Københavns Kommune, 2013). Denne målsætning er næsten ordret enslydende med målsætningen for Frederiksberg Kommune.

Københavns Kommune har i forbindelse med C40 møde i København i oktober 2019 tilsluttet sig C40 byernes erklæring om ren luft (Københavns Kommune, 2019). C40 organiserer 94 af verdens klimavenlige storbyer med et samlet indbyggertal på omkring 700 millioner mennesker.

Tilslutningen til erklæringen indebærer blandt andet, at Københavns Kommune har påtaget sig at arbejde for, at luftkvaliteten i kommunen kommer på

et niveau, som overholder FN's verdenssundhedsorganisation WHO's retningslinjer for god luftkvalitet.

Derudover indeholder erklæringen følgende hensigtserklæringer:

- Københavns Kommune udarbejder inden for to år en baseline og opsætter mål for reduktion af luftforurening, som på sigt kan medvirke til, at WHO's retningslinjer for luftens indhold af stoffer kan overholdes.
- Københavns Kommune udarbejder inden 2025 en plan for, hvordan WHO's vejledende grænseværdier kan overholdes og igangsætter indsatser, som betydeligt reducerer forureningen fra de største forureningskilder i byen.

## 5.2 EU's grænseværdier og WHO's retningslinjer

NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> inddrages kun her, da der er eller har været problemer med at overholde EU's eller WHO's retningslinjer for disse stoffer.

I Tabel 5.1 sammenlignes målte koncentrationer fra 2018 i Københavnsområdet med EU's grænseværdier og WHO's retningslinjer for luftkvalitet. Målinger stammer fra det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet (Ellermann et al., 2018). Målestationer i trafikerede gader er H.C. Andersens Boulevard og Jagtvej i Københavns Kommune, bybaggrundsmålingen er foretaget på taget af H.C. Ørstedsinstituttet i Københavns Kommune, og for landområder anvendes data fra en målestation ved Risø nord for Roskilde.

EU's grænseværdier beskrevet i luftkvalitetsdirektivet er gældende lovgivning i Danmark via implementering i danske bekendtgørelser, og Miljøstyrelsen har ansvaret for, at grænseværdierne overholdes (EU, 2008). Såfremt grænseværdierne overskrides, skal der udarbejdes en luftkvalitetsplan, som anviser, hvordan og hvornår overskridelsen bringes til ophør. EU's luftkvalitetsdirektiv sætter grænseværdier for 13 luftforurenende stoffer. Luftforurening i EU's luftkvalitetsdirektiv omhandler udeluft og beskriver et luftforurenende stof, som "et stof i luften, som kan have skadelige virkninger på menneskers sundhed og/eller miljøet som helhed". Endvidere beskrives en grænseværdi som "et niveau, der fastsættes på et videnskabeligt grundlag med henblik på at undgå, forhindre eller nedsætte de skadelige virkninger på menneskers sundhed og/eller miljøet som helhed, som skal nås inden for en given frist, og som ikke må overskrides, når det er nået".

I både 2017 og 2018 var der ingen af stofferne som overskred EU's grænseværdier (Ellermann et al., 2018). Foregående år har der været problemer med overskridelse af grænseværdien for årsmiddelkoncentrationen af NO<sub>2</sub> og i år længere tilbage også med PM<sub>10</sub>. Selvom Danmark overholder EU's grænseværdier for luftkvalitet vurderes det på baggrund af beregninger udført af DCE, at der er omkring 4.200 for tidlige dødsfald i Danmark som følge af al luftforurening fra både danske og udenlandske kilder (Ellermann et al., 2018).

Verdenssundhedsorganisation (WHO) har fremsat nogle retningslinjer for luftkvalitet (Air Quality Guidelines) (WHO, 2005;2016). Disse retningslinjer er ikke juridisk bindende, og kan betragtes som anbefalinger til verdens lande.



**Tabel 5.1.** Sammenligning mellem EU-grænseværdier og WHO-retningslinjer og målte koncentrationer i København i 2018. Ingen af stationerne er placeret i Frederiksberg Kommune.

Stof	EU-grænseværdi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	WHO-retningslinjer ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Målt på målestationer i 2018 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
			Trafikerede gader	Bybaggrund (hustag)	Landområder
PM <sub>2,5</sub>	Årsmiddel (25)	Årsmiddel (10)	14-16	12-13	12
PM <sub>10</sub>	Årsmiddel (40)	Årsmiddel (20)	25-31	18	17-18
NO <sub>2</sub>	Årsmiddel (40)	Årsmiddel (40)	30-39	12-13	8

Som det fremgår af Tabel 5.1, sker der ikke overskridelser af EU's grænseværdier for luftkvalitet i 2018.

WHO's retningslinjer er lidt under halvdelen af EU's grænseværdier for PM<sub>2,5</sub> og halvdelen for PM<sub>10</sub>, mens de er identiske for NO<sub>2</sub>.

Målte værdier overholder WHO's retningslinjer for NO<sub>2</sub>.

I forhold til WHO's retningslinjer for PM<sub>2,5</sub> ses, at retningslinjerne er overskredet i gadeniveau, i bybaggrund og i landområder. Overskridelserne i landområder uden for København består af bidrag fra udlandet og det øvrige Danmark, mens overskridelse i bybaggrund er resultatet af bidrag af emissioner i København og omegn, herunder Frederiksberg, samt bidraget fra udlandet og det øvrige Danmark. Frederiksberg Kommune har kun mulighed for at regulere trafikens bidrag til luftforureningen i gaderum samt regulere lokale emissionskilders bidrag til bybaggrundsforureningen. I 2018 vil det således ikke være muligt, at overholde WHO's retningslinjer selvom al emission fra trafikken og andre kilder i Frederiksberg Kommune blev fjernet, da den regionale baggrundsforurening er 12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , og dermed overskrider retningslinjen på 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

WHO's retningslinjer for PM<sub>10</sub> er kun overskredet i gaderne, og Frederiksberg Kommune har derfor i princippet mulighed for at overholde disse retningslinjer gennem regulering af trafikken. Da trafikens bidrag er domineret af ikke-udstødning kræver det reduktion af selve trafikken for at reducere trafikens bidrag til PM<sub>10</sub>. Eksempelvis tyder foreløbige vurderinger på, at overgang til elbiler samlet set vil føre til ingen eller lille reduktion af PM<sub>10</sub>, forbi reduceret udstødning opvejes af mere ikke-udstødning, da elbiler er tungere end fossilbiler, og dermed har højere vej- og dækemissioner (Timmers & Achten, 2016).

### Miljøstyrelsen

Miljøstyrelsen har hovedansvaret for, at grænseværdierne i Danmark overholdes. Den seneste luftkvalitetsplan, som er udarbejdet, er fra 2015 med fokus på at overholde grænseværdien for NO<sub>2</sub>, som har været overskredet siden 2010. Den blev udarbejdet i forlængelse af den daværende regerings luftpakke "Ren luft til danskerne" (Miljøministeriet, 2014; Miljøstyrelsen, 2015a).

### Forventet udvikling i koncentrationerne

Tidligere gennemførte modelberegninger for 2030 viser en reduktion i koncentrationerne fra 2016 til 2030, hvilket både gælder for bybaggrunds- og gadekoncentrationer (Jensen et al., 2019a). Reduktionerne kommer som følge af allerede vedtaget regulering i EU og Danmark. Bybaggrundskoncentrationen for NO<sub>2</sub> falder i basisscenariet i 2030 med 22-39% i forhold til 2016 på de samme placeringer som bybaggrundsmålestationerne i de fire byer: København, Aarhus, Odense og Aalborg. PM<sub>10</sub> reduceres tilsvarende med 11-16% i forhold til 2016 og PM<sub>2,5</sub> med 18-22%. For NO<sub>2</sub> falder den gennemsnitlige gadekoncentration for de 98 gader i København fra 29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i 2016 til 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

i 2030 i basisscenariet,  $PM_{2,5}$  falder fra  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i 2016 til  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i 2030, og  $PM_{10}$  falder fra  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i 2016 til  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i 2030. Dette tyder således på, at WHO's retningslinjer for  $PM_{2,5}$  på  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $PM_{10}$  kunne overholdes i 2030 på de fleste gader i København, hvis emissionsudviklingen går som forventet og under hensyntagen til usikkerheden på modelberegningerne.

Selv hvis Danmark overholdt WHO's retningslinjer for partikler ville der stadigvæk være betydelige helbredseffekter ved WHO's retningslinjer, da der ikke er nogen nedre grænse for helbredseffekter for partikler. Det samme gælder for  $NO_2$ , hvor der også er helbredseffekter under WHO's retningslinjer for  $NO_2$ .

### 5.3 Forslag til målsætning for Frederiksberg Kommune

Frederiksberg Kommune kan bibeholde sin nuværende langsigtede målsætning om at sikre en luftkvalitet så ren, at borgernes sundhed ikke belastes.

Det skal dog bemærkes, at selv uden menneskeskabte kilder kan der forventes helbredseffekter af naturskabte emissionskilder, så i absolut betydning er det sandsynligvis ikke muligt at have en luftkvalitet uden nogen som helst helbredseffekt for borgerne, men målet er at komme ned på en minimal og acceptabel helbredsbelastning.

Det foreslås, at Frederiksberg Kommune konkretiserer målsætningen i form af et mål om at overholde WHO's retningslinjer for luftkvalitet i lighed med C40 byernes erklæring om ren luft.

- Frederiksberg Kommune udarbejder inden for to år en baseline og opsætter mål for reduktion af luftforurening, som på sigt kan medvirke til, at WHO's retningslinjer for luftens indhold af stoffer kan overholdes.
- Frederiksberg Kommune udarbejder inden 2025 en plan for, hvordan WHO's vejledende grænseværdier kan overholdes og igangsætter indsatser, som betydeligt reducerer forureningen fra de største forureningskilder i byen.

En overholdelse af dette mål vil blive understøttet af den forventede reduktion i koncentrationerne, men sandsynligvis også kræve reduktion af trafikken på de mest trafikerede gader. Det vil også kræve en løbende monitoring af målopfyldelsen, og tiltag som kan understøtte målopfyldelsen.

Byen Zaragoza i Spanien er et eksempel på en by i Europa, som har en målsætning om at opfylde WHO's retningslinjer allerede i 2020, men byen er også begunstiget af relativt lave baggrundskoncentrationer for partikler.

### 5.4 Relation til EU luftkvalitetsindeks

Hvad er god luftkvalitet? Det har Det Europæiske Miljøagentur (EEA) forsøgt at beskrive gennem et luftforureningsindeks. EEA har udviklet et luftforureningsindeks, som har til formål på en let måde at kommunikere den aktuelle tilstand af luftkvaliteten til offentligheden (EEA, 2019). EEA inddeler luftkvaliteten i 5 kvalitetskategorier baseret på en kombination af aktuelle niveauer for 5 stoffer, se Tabel 5.2. Kvalitetskategorierne er: god (good), rimelig (fair), nogenlunde (moderate), dårlig (poor) og meget dårlig (very poor). De 5 stoffer er  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$  og  $SO_2$ . Luftforureningsindekset er for den aktuelle situation baseret på målinger fra faste målestationer og for prognoser baseret

på modeller. Tidsopløsningen er 1 time. På en hjemmeside er det muligt at se status for luftkvaliteten på faste målestationer i Europa, herunder for danske målestationer for den aktuelle time samt hvordan udviklingen har været de seneste 47 timer (EEA, 2019).

**Tabel 5.2.** Luftforureningsindeks udviklet af Det Europæiske Miljøagentur (EEA).

Pollutant	Index level (based on pollutant concentrations in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				
	Good	Fair	Moderate	Poor	Very poor
Particles less than 2.5 $\mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{2.5}$ )	0-10	10-20	20-25	25-50	50-800
Particles less than 10 $\mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ )	0-20	20-35	35-50	50-100	100-1200
Nitrogen dioxide ( $\text{NO}_2$ )	0-40	40-100	100-200	200-400	400-1000
Ozone ( $\text{O}_3$ )	0-80	80-120	120-180	180-240	240-600
Sulphur dioxide ( $\text{SO}_2$ )	0-100	100-200	200-350	350-500	500-1250

Det som er beskrevet som god luftkvalitet for  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{NO}_2$  for en aktuell timeværdi tager udgangspunkt i WHO's retningslinjer, idet kategoriens højeste tilladte værdi er den samme som WHO's retningslinjer for en årsmiddelværdi. Såfremt man netop overholder WHO's retningslinje for  $\text{PM}_{2.5}$  på  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  som årsmiddelværdi vil hovedparten af timemålingerne være i kategorien god og rimelig med få timer i de dårligere kategorier, og sandsynligvis ingen i dårlig og meget dårlig. Fordelingen af timeværdier over et år er bestemt af, at den mindste værdi er nul, og der kan forekomme typisk relativt få timer med høje koncentration pga. ugunstige meteorologiske forhold med vindstille eller inversion i kombination med at emissionen også er høj.

De 5 kategorier, som er opstillet af Det Europæiske Miljøagentur, kan benyttes til at karakterisere luftkvaliteten i en situation, hvor WHO's retningslinjer er overholdt. Såfremt Frederiksberg Kommune sætter sig et mål om at overholde WHO's retningslinjer, og var i stand til at gøre det, kan man for alle tre stoffer forvente, at hovedparten af timemålingerne vil være i kategorien god og rimelig med få timer i de dårligere kategorier, og sandsynligvis ingen i dårlig og meget dårlig.

## 6 Byplanlægning

### 6.1 Overordnet by- og trafikplanlægning

Den geografiske udstrækning af Frederiksberg Kommune er meget lille og kommunen er tæt bebygget uden mulighed for at inddrage jomfruelig jord til byudvikling. Byudvikling omfatter derfor primært fortætning og ombygninger af eksisterende bebyggelse eller omplacering af funktioner.

Traditionel overordnet by- og trafikplanlægning søger at samle trafik på det overordnede trafikvejnet for god trafikafvikling og samtidig fredeliggøre boligkvarterer for gennemkørende trafik. Denne strategi har Frederiksberg Kommune også fuldt.

Koncentration af trafik er en fordel i forhold til støj, da mennesket oplever støj på en logaritmisk måde, dvs. at fx en fordobling af trafikken ikke opleves som en fordobling af støjniveauet.

For luftforurening er der for langt de fleste stoffer tale om en lineær effekt i forhold til helbredseffekter dvs. mere luftforurening giver proportionalt flere helbredseffekter.  $\text{NO}_2$  er et eksempel på en undtagelse, hvor der ikke er en lineær effekt mellem emission og koncentration. Mere  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ) emission giver lineært mere  $\text{NO}_2$  for lavere koncentrationer, så længe der er ozon til stede ( $\text{NO} + \text{O}_3$  giver  $\text{NO}_2$ ), men når ozon er forbrugt stiger  $\text{NO}_2$  i luften kun med stigende  $\text{NO}_x$  som resultat af den direkte emitteret  $\text{NO}_2$ . Det betyder kurven knækker, men naturligvis fortsat vil være svagt stigende med stigende  $\text{NO}_x$ . Mere trafik i en gade rummer også risiko for at overskride grænseværdier for luftkvalitet, hvis koncentrationerne er tæt på grænseværdien.

Der er en lang række hensyn, der taler for en overordnet by- og trafikplanlægning, som søger at samle trafik på det overordnede trafikvejnet og fredeliggøre boligkvarterer for gennemkørende trafik. En enkelt parameter som luftforurening bør ikke ændre dette, når det er muligt at reducere luftforureningen.

### 6.2 Indretning af byrum

Gaderne i Frederiksberg Kommune er karakteriseret ved mange lukkede gaderum. I et lukket gaderum med tæt randbebyggelse opstår der forhøjede koncentrationer, da emissionen fra trafikken er længere tid om at blive fortyndet og transporteret væk fra gaderummet, da den bl.a. recirkuleres i gaderummet pga. den recirkulationszone, som dannes, når vindretninger er på tværs af gaderummet. Effekten kaldes også for "street canyon" effekten. Det er dog en fordel, at emissionen er fortyndet, når den når baggården til et lukket gaderum, hvor koncentrationerne vil være som bybaggrundsforureningen. Modsat vil en gade med lav åben randbebyggelse og samme trafik have lavere koncentrationer på selve gaden, men højere koncentration i afstande væk fra gaden i forhold til baggården til et lukket gaderum. Der er en lang række hensyn, der taler for at have lukkede gaderum med bagvedliggende opholdsrum i baggården, og en enkelt parameter som luftforurening bør ikke ændre dette, når det er muligt at reducere luftforureningen.

Luftforurening kan dog godt tænkes ind i indretning af byens pladser, således at de ikke ligger ud til trafikerede gader eller de placeres skærmet af lukket randbebyggelse.

### **6.3 Lokalisering af miljøfølsomme funktioner**

Følsomme byfunktioner er fx børneinstitutioner, hospitaler, plejehjem etc., hvor risikogrupper i forhold til luftforurening opholder sig. Det er derfor hensigtsmæssigt, at der i lokaliseringen af disse funktioner lægges vægt på, at disse funktioner så vidt muligt ikke ligger på stærkt trafikerede gader med forhøjet luftforurening.

Hjemmesiden "Luften på din vej" ([luftenpaadinvej.au.dk](http://luftenpaadinvej.au.dk)) om luftkvalitet på alle veje i Danmark er et screeningsværktøj til at skabe overblik over luftforureningen, som også kan bruges i by- og trafikplanlægningen.

Ved placering og indretning af en følsom institution kan der også ses på ventilationsforholdene. Ofte vil det være muligt at trække luft ind fra den side af bygningen, som er bedst beskyttet mod luftforurening fra trafikerede gaderum etc.

Denne type virkemiddel er af typen adskillelse af emissionskilde og modtager, og reducerer ikke i sig selv luftforureningen, men kan bidrage til at mindske den helbredsskadelig effekt overfor følsomme risikogrupper.

#### **Forslag**

I forhold til by- og trafikplanlægning foreslås det, at Frederiksberg kommune overvejer:

- Indretning af byens pladser, således at de ikke ligger ud til trafikerede gader eller de placeres skærmet af lukket randbebyggelse.
- Følsomme institutioner med risikogrupper i forhold til luftforurening lokaliseres så vidt muligt væk fra stærkt trafikerede gader med forhøjet luftforurening.

Det vigtigste er dog at arbejde på at reducere emissionerne, så koncentrationerne reduceres, og de tilhørende helbredseffekter reduceres, således at ovenstående tiltag ikke er nødvendige i en situation med god luftkvalitet.

## 7 Trafikplanlægning

I dette kapitel diskuteres udvalgte virkemidler inden for vejtransport og disse konsekvensvurderes overordnet.

Indledningsvis redegøres der detaljeret for, hvordan emissionen afhænger af brændstoftype, køretøjstype og Euro-emissionsklasse. Dette illustrerer det potentiale, der er for at reducere emissionen ved forskellige virkemidler, da det ikke er muligt inden for projektets ramme detaljeret at konsekvensvurdere en lang række forskellige virkemidler. Dette udgør også fundamentet for at kunne vurdere, hvad effekten er af elektrificering af transport, beskrevet i kapital 8. Ud over potentialet for emissionsreduktion illustreres også potentialet for reduktion af koncentrationen på gadeniveau.

### 7.1 Emissionspotentialer

DCE har foretaget et udtræk fra den nationale emissionsopgørelse for vejtransport fra 2018 med henblik på at bestemme emissionsfaktorer (g/km) og de totale emissioner. Den nationale emissionsopgørelse for vejtransport er baseret på COPERT IV emissionsmodellen, som er anbefalet af EU til nationale emissionsopgørelser. Der er taget udgangspunkt i kørsel på byveje, da dette afspejler forholdene på Frederiksberg.

På baggrund heraf er det muligt at opstille emissionsfaktorer og bestemme totale emissioner underopdelt på brændstoftype, køretøjstype og Euro-emissionsklasse. Det antages, at fordeling på brændstoftype, køretøjstype og Euro-emissionsklasse er den samme for Frederiksberg Kommune som for det nationale gennemsnit for byveje. Med udgangspunkt i disse informationer er det muligt at identificere potentialer for emissionsreduktion af forskellige virkemidler og overordnet at konsekvensvurdere virkemidlerne.

#### Fordeling af totale emissioner på hovedkøretøjskategorier

Tabel 7.1 viser den procentvise fordeling af kørte km og emissioner for forskellige køretøjskategorier for byveje i 2018. Ikke-udstødning er bidraget fra partikler fra vej-, dæk- og bremseslid. PM<sub>2.5</sub> total er partikeludstødning plus PM<sub>2.5</sub> ikke-udstødning og tilsvarende for PM<sub>10</sub> total.

Kørte km fordeler sig med omkring 80% på personbiler, 16% på varebiler og 2% på lastbiler og 2% på busser i gennemsnit på byveje. Fordelingen er dog forskellig på forskellige typer af veje, ligesom den varierer fra vej til vej.

**Tabel 7.1.** Procentvis fordeling af kørte km og emissioner for forskellige køretøjskategorier for byveje i 2018.

Brændstoftype	Køretøjstype	Kørte km (%)	NOx (%)	PM udstødning (%)	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub> total (%)	PM <sub>2.5</sub> total (%)
					Ikke-udstødning (%)	Ikke-udstødning (%)		
Diesel	Personbil	35	27	36	50	29	29	36
Benzin	Personbil	45	41	17	5	37	37	27
Diesel	Varebil	15	16	26	35	17	17	23
Benzin	Varebil	1	2	1	0	1	1	1
Diesel	Lastbil < 32t	1	2	2	1	2	2	2
Diesel	Lastbil > 32t	1	3	2	1	3	3	3
Diesel	Rutebus	2	8	13	6	8	8	7
Diesel	Turistbus	0	1	3	3	1	1	2
Total		100	100	100	100	100	100	100

### Fordeling af totale emissioner på Euroklasser

I Tabel 7.2, Tabel 7.3 og Tabel 7.4 er vist den procentvise fordeling men med underopdeling på Euro-emissionsklasser for hhv. NO<sub>x</sub>, partikeludstødning (PM<sub>2,5</sub>), PM<sub>10</sub> total (udstødning og PM<sub>10</sub> ikke-udstødning).

**Tabel 7.2.** Køretøjsgrupperne og euroklassernes procentvise bidrag til NO<sub>x</sub> (%) i 2018.

	Diesel-person-bil	Benzin-personbil	Dieselve-re-bil	Benzinve-rebil	Last-bil<32t	Last-bil>32t	Rute-bus	Turistbus	Total
Euro 0	0,0	2,4	0,2	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	3,1
Euro 1	0,1	1,3	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	2,1
Euro 2	0,4	2,8	0,6	0,1	0,1	0,1	0,3	0,7	5,1
Euro 3	3,5	2,7	4,0	0,1	0,4	0,3	2,3	0,9	14,1
Euro 4	4,4	2,3	2,6	0,0	0,4	0,4	3,1	0,4	13,7
Euro 5	17,7	2,5	12,4	0,0	1,3	1,4	6,2	0,8	42,3
Euro 6	9,2	2,6	5,9	0,1	0,2	0,3	0,7	0,1	19,1
Euro 6d-TEMP	0,4	0,1	0,0	0,0					0,5
Euro 6d	0,0	0,0	0,0	0,0					0,0
Total	35,7	16,7	26,0	0,7	2,5	2,4	12,7	3,3	100,0

**Tabel 7.3.** Køretøjsgrupperne og euroklassernes procentvise bidrag til partikeludstødning (PM<sub>2,5</sub>) (%) i 2018.

	Diesel-person-bil	Benzin-personbil	Dieselve-re-bil	Benzinve-rebil	Lastbil <32t	Lastbil >32t	Rute-bus	Turistbus	Total
Euro 0	1,0	0,1	2,6	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	4,4
Euro 1	0,5	0,2	2,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	3,1
Euro 2	2,8	0,6	3,4	0,0	0,1	0,0	0,2	0,5	7,5
Euro 3	13,3	0,6	17,3	0,0	0,4	0,3	1,6	0,9	34,3
Euro 4	22,3	0,8	7,3	0,0	0,2	0,1	1,1	0,2	31,9
Euro 5	6,7	1,2	1,2	0,0	0,5	0,7	2,3	0,3	12,9
Euro 6	3,0	1,3	0,7	0,0	0,1	0,2	0,4	0,1	5,7
Euro 6d-TEMP	0,2	0,1	0,0	0,0					0,2
Euro 6d	0,0	0,0	0,0	0,0					0,0
Total	49,6	4,7	34,6	0,1	1,3	1,4	5,8	2,6	100,0

**Tabel 7.4.** Køretøjsgrupperne og euroklassernes procentvise bidrag til PM<sub>10</sub> (både udstødning og PM<sub>10</sub> ikke-udstødning) (%) i 2018.

	Diesel-person-bil	Benzin-personbil	Dieselve-re-bil	Benzinve-rebil	Lastbil <32t	Lastbil >32t	Rute-bus	Turistbus	Total
Euro 0	0,3	0,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	1,9
Euro 1	0,2	0,5	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	1,7
Euro 2	1,1	1,7	1,3	0,1	0,1	0,0	0,1	0,3	4,6
Euro 3	5,7	3,9	7,2	0,3	0,2	0,1	0,8	0,4	18,7
Euro 4	9,5	5,6	3,8	0,1	0,2	0,1	1,2	0,2	20,7
Euro 5	11,5	7,3	5,4	0,1	0,6	0,7	2,4	0,3	28,3
Euro 6	6,9	7,4	3,2	0,2	0,9	1,7	2,7	0,3	23,4
Euro 6d-TEMP	0,4	0,4	0,0	0,0					0,8
Euro 6d	0,0	0,0	0,0	0,0					0,0
Total	35,5	27,2	22,5	0,9	2,1	2,7	7,3	1,8	100,0

Betegnelsen Euro 0 henviser til "konventionel, PRE ECE, ECE", dvs. til emissionsregulering før introduktion af euroklasser.

Bemærk at der for Euro 6 person- og varebiler er tre kategorier, som henviser til 3 forskellige emissionskrav. Euro 6 henviser til den nuværende regulering, hvor bilerne typegodkendes efter emissionstest i laboratoriet med kørecyklen NEDC (New European Driving Cycle). Denne test afspejler ikke i tilstrækkelig grad virkelige emissioner ved faktisk kørsel (real driving emissions), og der er derfor udviklet en ny kørecyklus "World-Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure" (WLTP), som i højere grad afspejler faktisk kørsel. Euro 6c betegner regulering, som anvender den nye kørecyklus. I forbindelse med Euro 6c er der samtidig krav om, at der udføres emissionsmålinger under virkelige kørselsforhold på vej, og derved afspejler trafikens tilfældige accelerationer og decelerationer. Målingerne gennemføres med PEMS udstyr (portable emission measurement systems). Dette kaldes new Real Driving Emission (RDE) test procedure. De målte NO<sub>x</sub>-emissioner på vej må ikke overstige emissionskravet for NEDC-testen med mere end 110 % gældende fra september 2017 for alle nye bilmodeller, som typegodkendes, og fra september 2019 må der kun sælges biler, som overholder kravet. Fra januar 2020 skærpes kravet til 50% for alle nye bilmodeller og i januar 2021 for alle nye biler som markedsføres. Implementeringsdatoerne er et år senere for varebiler. Reguleringen med kravet om 50% betegnes Euro 6c+.

I emissionsmodellen er implementeringsdatoerne for Euro 6c sat til 1.9.2018 for personbiler og 1.9.2019 for varebiler. For Euro 6c+ er implementeringsdatoerne for personbiler sat til 1.1.2021 og 1.1.2022 for varebiler.

Hele sagen om "dieselgate", hvor folkevognsfabrikkerne bevist installerede snydesoftware i dieselmotorer med det formål at overholde NO<sub>x</sub>-kravene under test, men ikke under faktisk kørsel for at opnå bedre brændstofføkonomi, har yderligere understreget forskellen mellem laboratorietest og emissioner under virkelige kørselsforhold, og behovet for at have test under faktiske kørselsforhold.

Det fremgår af Tabel 7.2, Tabel 7.3 og Tabel 7.4, at jo højere Euro-emissionsklasse jo lavere relative emission i forhold til kørte km. Dette hænger sammen med, at højere Euro-emissionsklasse generelt har lavere emissionsfaktor (g/km).

NO<sub>x</sub>-emissionen er domineret af udledning fra dieseldrevne køretøjer med 83% og 17% til benzindrevne køretøjer. Det samme mønster ses for partikeludstødning med procenterne 88% og 12%. Ikke-udstødningen er afhængig af kørte km, og lette køretøjer bidrager relativt mindre end tunge køretøjer.

#### **Emissionsfaktorer for køretøjskategorierne**

Den gennemsnitlige emissionsfaktor for køretøjskategorierne er vist i Tabel 7.5.



**Tabel 7.5.** Gennemsnitlige emissionsfaktorer for køretøjsgrupper for byveje i 2018.

Brændstof- type	Køretøjs- type	Kørte km (%)	NO <sub>x</sub> (g/km)	PM udstødning (g/km)	PM <sub>10</sub> ikke- udstødning (g/km)	PM <sub>2,5</sub> ikke- udstødning (g/km)	PM <sub>10</sub> total (g/km)	PM <sub>2,5</sub> total (g/km)
Diesel	Personbil	35	0,69	0,021	0,028	0,015	0,049	0,036
Benzin	Personbil	45	0,25	0,002	0,028	0,015	0,030	0,016
Diesel	Varebil	15	1,20	0,036	0,039	0,020	0,075	0,056
Benzin	Varebil	1	0,45	0,002	0,039	0,020	0,041	0,022
Diesel	Lastbil < 32t	1	2,55	0,031	0,124	0,064	0,154	0,095
Diesel	Lastbil > 32t	1	2,15	0,027	0,142	0,077	0,169	0,104
Diesel	Rutebus	2	4,23	0,042	0,132	0,070	0,174	0,112
Diesel	Turistbus	0	5,91	0,103	0,128	0,068	0,232	0,171
Total		100	0,69	0,015	0,034	0,018	0,049	0,033

### Emissionsfaktorer for person- og varebiler

Emissionsfaktorer (g/km) er vist i Tabel 7.6 for person- og varebiler.

**Table 7.6.** Emissionsfaktorer (g/km) for person- og varebiler for byveje i 2018.

Brændstof	Køretøjs-type	Euroklasse	NO <sub>x</sub> g/km	PM udstødning g/km	Ikke-PM <sub>10</sub> udstødning g/km	Ikke-PM <sub>2,5</sub> udstødning g/km	PM <sub>10</sub> total g/km	PM <sub>2,5</sub> total g/km
Diesel	Personbil	Konventionel	0,80	0,511	0,028	0,015	0,539	0,525
Diesel	Personbil	Euro 1	0,75	0,146	0,028	0,015	0,174	0,161
Diesel	Personbil	Euro 2	0,80	0,120	0,028	0,015	0,148	0,135
Diesel	Personbil	Euro 3	0,89	0,075	0,028	0,015	0,103	0,090
Diesel	Personbil	Euro 4	0,67	0,075	0,028	0,015	0,103	0,089
Diesel	Personbil	Euro 5	0,73	0,006	0,028	0,015	0,034	0,021
Diesel	Personbil	Euro 6	0,60	0,004	0,028	0,015	0,032	0,019
Diesel	Personbil	Euro 6d-TEMP	0,46	0,004	0,028	0,015	0,032	0,019
Diesel	Personbil	Euro 6d	0,22	0,004	0,028	0,015	0,032	0,019
Diesel	Varebil	Konventionel	2,03	0,687	0,039	0,020	0,726	0,707
Diesel	Varebil	Euro 1	1,38	0,168	0,039	0,020	0,207	0,189
Diesel	Varebil	Euro 2	1,38	0,168	0,039	0,020	0,207	0,189
Diesel	Varebil	Euro 3	1,16	0,113	0,039	0,020	0,152	0,133
Diesel	Varebil	Euro 4	0,94	0,059	0,039	0,020	0,098	0,079
Diesel	Varebil	Euro 5	1,35	0,003	0,039	0,020	0,042	0,023
Diesel	Varebil	Euro 6	1,08	0,003	0,039	0,020	0,042	0,023
Diesel	Varebil	Euro 6d-TEMP	0,58	0,003	0,039	0,020	0,042	0,023
Diesel	Varebil	Euro 6d	0,29	0,003	0,039	0,020	0,042	0,023
Benzin	Personbil	PRE ECE	2,53	0,003	0,028	0,015	0,031	0,018
Benzin	Personbil	ECE 15/00-01	2,57	0,003	0,028	0,015	0,031	0,018
Benzin	Personbil	ECE 15/02	2,07	0,003	0,028	0,015	0,031	0,018
Benzin	Personbil	ECE 15/03	2,28	0,003	0,028	0,015	0,031	0,018
Benzin	Personbil	ECE 15/04	2,28	0,003	0,028	0,015	0,031	0,018
Benzin	Personbil	Euro 1	1,15	0,003	0,028	0,015	0,031	0,018
Benzin	Personbil	Euro 2	0,74	0,003	0,028	0,015	0,031	0,018
Benzin	Personbil	Euro 3	0,28	0,001	0,028	0,015	0,029	0,016
Benzin	Personbil	Euro 4	0,17	0,001	0,028	0,015	0,029	0,016
Benzin	Personbil	Euro 5	0,14	0,001	0,028	0,015	0,029	0,016
Benzin	Personbil	Euro 6	0,14	0,002	0,028	0,015	0,030	0,016
Benzin	Personbil	Euro 6d-TEMP	0,15	0,002	0,028	0,015	0,030	0,016
Benzin	Personbil	Euro 6d	0,15	0,002	0,028	0,015	0,030	0,016
Benzin	Varebil	Konventionel	2,94	0,003	0,039	0,020	0,042	0,024
Benzin	Varebil	Euro 1	1,51	0,003	0,039	0,020	0,042	0,024
Benzin	Varebil	Euro 2	0,76	0,003	0,039	0,020	0,042	0,024
Benzin	Varebil	Euro 3	0,32	0,001	0,039	0,020	0,040	0,022
Benzin	Varebil	Euro 4	0,17	0,001	0,039	0,020	0,040	0,022
Benzin	Varebil	Euro 5	0,14	0,001	0,039	0,020	0,040	0,021
Benzin	Varebil	Euro 6	0,13	0,001	0,039	0,020	0,040	0,021
Benzin	Varebil	Euro 6d-TEMP	0,13	0,001	0,039	0,020	0,040	0,021
Benzin	Varebil	Euro 6d	0,13	0,001	0,039	0,020	0,040	0,021

For dieseldrevne person- og varebiler ses, at emissionsfaktorerne for NO<sub>x</sub> næsten er på samme niveau fra Euro 1 til Euro 6, og det først er fra Euro 6d-TEMP og 6d, der opnås markante reduktioner. Dette i kombination med relativt flere dieselmotorer er en væsentlig forklaring på, at NO<sub>2</sub>-koncentrationerne ikke er faldet så meget som forventet på gadestationerne (Ellermann et al., 2017).

For benzindrevne person- og varebiler ses ikke samme fænomen som for dieslbiler. Her er NO<sub>x</sub>-emissionerne faldet markant med højere euroklasse primært pga. effektive katalysatorer til reduktion af NO<sub>x</sub>.

Emissionsfaktorer for partikler er faldet markant for dieseldrevne person- og varebiler med højere euroklasse, hvilket skyldes effektivt virkende partikelfiltre.

Ikke-udstødning afhænger af køretøjskategori, således at ikke-udstødningen er større jo tungere køretøjet er. I takt med at partikeludstødningen falder med nyere euroklasser stiger det relative bidrag for ikke-udstødning som del af den totale emission. Eksempelvis var udstødningen større end ikke-udstødning for dieseldrevne personbiler op til Euro 4, mens det for Euro 5-6 er omvendt. For Euro 6, 6d-TEMP og 6d udgør udstødning hhv. 17% og 13% af total PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>, og tilsvarende ikke-udstødning hhv. 83% og 87%.

Taxi har samme emissionsfaktorer som personbiler for samme Euronorm, og består så godt som udelukkende af dieslbiler. Taxi udgør en ikke uvæsentlig del af trafikken på trafikerede gader i København. Eksempelvis andrager taxi 7,7% af trafikken på H.C. Andersens Boulevard og 3,3% på Jagtvej i København (Ellermann et al., 2017). Bekendtgørelsen for grønne taxier stiller krav om, at alle nye taxi fra 1. oktober 2015 minimum skal opfylde Euro 6 (Transport- og Bygningsministeriet, 2015). Da taxier typisk udskiftes efter 2 år formodes næsten alle taxier at opfylde Euro 6, og dermed den skarpeste Euronorm som p.t. er gældende. I takt med at Euro 6d-TEMP og 6d bliver implementeret i hhv. 2018 og 2021 vil emissionen fra taxi falde yderligere, hvis taxibranchen fortsætter med at køre i nye biler under 2 år.

#### **Emissionsfaktorer for lastbiler og busser**

Emissionsfaktorer (g/km) er vist i Tabel 7.7 for lastbiler og busser.

**Tabel 7.7.** Emissionsfaktorer (g/km) for lastbiler og busser for byveje i 2018.

Brændstof	Køretøjstype	Euroklasse	NO <sub>x</sub> g/km	PM udstødning g/km	PM <sub>10</sub> ikke-udstødning g/km	PM <sub>2,5</sub> ikke-udstødning g/km	PM <sub>10</sub> total g/km	PM <sub>2,5</sub> total g/km
Diesel	Lastbil < 32t	Konventionel	8,3	0,373	0,124	0,064	0,497	0,437
Diesel	Lastbil < 32t	Euro I	5,5	0,239	0,124	0,064	0,363	0,303
Diesel	Lastbil < 32t	Euro II	6,9	0,112	0,124	0,064	0,235	0,176
Diesel	Lastbil < 32t	Euro III	6,1	0,135	0,124	0,064	0,259	0,200
Diesel	Lastbil < 32t	Euro IV	4,2	0,033	0,124	0,064	0,157	0,098
Diesel	Lastbil < 32t	Euro V	4,9	0,044	0,124	0,064	0,168	0,108
Diesel	Lastbil < 32t	Euro VI	0,4	0,005	0,124	0,064	0,129	0,069
Diesel	Lastbil > 32t	Konventionel	14,8	0,544	0,142	0,077	0,686	0,621
Diesel	Lastbil > 32t	Euro I	10,8	0,445	0,142	0,077	0,587	0,522
Diesel	Lastbil > 32t	Euro II	11,4	0,201	0,142	0,077	0,343	0,278
Diesel	Lastbil > 32t	Euro III	9,7	0,197	0,142	0,077	0,339	0,274
Diesel	Lastbil > 32t	Euro IV	6,6	0,051	0,142	0,077	0,193	0,128
Diesel	Lastbil > 32t	Euro V	5,7	0,063	0,142	0,077	0,205	0,140
Diesel	Lastbil > 32t	Euro VI	0,4	0,006	0,142	0,077	0,148	0,083
Diesel	Rutebus	Konventionel	18,0	0,926	0,132	0,070	1,057	0,996
Diesel	Rutebus	Euro I	11,3	0,380	0,132	0,070	0,512	0,450
Diesel	Rutebus	Euro II	12,6	0,119	0,132	0,070	0,251	0,189
Diesel	Rutebus	Euro III	11,4	0,173	0,132	0,070	0,305	0,243
Diesel	Rutebus	Euro IV	6,7	0,053	0,132	0,070	0,185	0,123
Diesel	Rutebus	Euro V	6,9	0,057	0,132	0,070	0,189	0,127
Diesel	Rutebus	Euro VI	0,5	0,006	0,132	0,070	0,138	0,076
Diesel	Turistbus	Konventionel	11,4	0,491	0,128	0,068	0,620	0,559
Diesel	Turistbus	Euro I	8,9	0,399	0,128	0,068	0,527	0,466
Diesel	Turistbus	Euro II	10,2	0,166	0,128	0,068	0,294	0,233
Diesel	Turistbus	Euro III	8,9	0,190	0,128	0,068	0,318	0,257
Diesel	Turistbus	Euro IV	5,9	0,049	0,128	0,068	0,178	0,117
Diesel	Turistbus	Euro V	7,8	0,064	0,128	0,068	0,192	0,131
Diesel	Turistbus	Euro VI	0,6	0,007	0,128	0,068	0,135	0,074

For tunge køretøjer reduceres både NO<sub>x</sub>- og PM-udstødning med stigende euroklasse, og med Euro VI opnås en markant reduktion i forhold Euro V.

Ikke-udstødning udgør generelt en større del af den totale partikelemission for tunge køretøjer sammenlignet med person- og varebiler. Eksempelvis udgør udstødning kun 3-4% af total PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>, og tilsvarende ikke-udstødning omkring 97-96% for en lastbil <32t.

For lastbiler har politiet konstateret omfattende snyd med det forureningsudstyr (SCR), som sikrer lav NO<sub>x</sub>-emission på Euro VI lastbiler. Ejeren af lastbilen foretager en teknisk ændring, som muliggør at lastbilen ikke forbruger det aktive stof, som indgår i NO<sub>x</sub>-reduktionen, hvorved der spares penge. Dette betyder, at NO<sub>x</sub>-emissionen er væsentlig større end den ellers ville være, hvilket bidrager til dårligere luftkvalitet og følgevirkninger i form af helbredsskader (Brandt et al., 2017). Miljøstyrelsen har i efteråret 2017 iværksat et projekt, som skal teste en ny teknologi, som kan måle, om lastbiler udleder for meget NO<sub>x</sub> ved at måle på mange forbipasserende lastbiler (Miljøstyrelsen, 2017a).

## 7.2 Koncentrationsbidrag på gadeniveau

Foregående afsnit beskrev emissionen fra trafikken opdelt på brændstof, køretøjsgrupper og emissionsklasser. Emissionsdata er essentielt for at kunne vurdere emissionseffekten af et givent virkemiddel. For at kunne vurdere, hvordan reduktion af emissionen fra trafikken vil påvirke fx gadekoncentrationer bliver man nødt til også at se på, hvor meget trafikken bidrager, og hvor meget andre kilder bidrager.

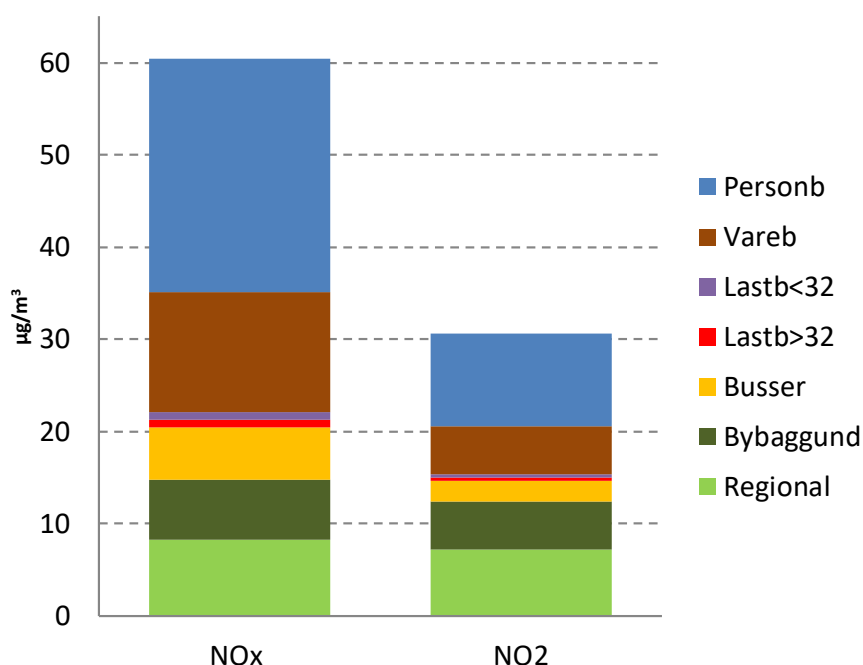
For at illustrere dette, gives der i det følgende en mere detaljeret kildeopgørelse for Jagtvej i København for  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  og  $\text{PM}_{10}$  med udgangspunkt i data for 2018, og baseret på resultater fra kortlægningsrapporten (Jensen et al., 2019a). Ud over kildeopgørelse for hovedkøretøjskategorierne opdeles partikelforureningen også i udstødning og ikke-udstødning.

På Jagtvej er køretøjsfordelingen: 81% personbiler inkl. taxi, 16% varebiler, 1% lastbiler < 32 ton, 0,5% lastbiler > 32 ton, og 1,5% busser. Andelen af den tunge trafik er således 3%. Køretøjsfordelingen er ikke så forskellig fra gennemsnittet af de 98 gader. Årsdøgntrafikken er 19.700 og rejsehastigheden er 30 km/t i gennemsnit. Gaden vurderes at være repræsentativ for trafikerede gader på Frederiksberg.

### Kildeopgørelse for $\text{NO}_2$ på Jagtvej

Kildeopgørelse for hovedkøretøjskategorierne er vist for  $\text{NO}_2$  i Figur 7.1 for Jagtvej.

Kildeopgørelsen for hovedkøretøjskategorierne følger i hovedtræk gennemsnittet for de 98 gader, da køretøjsfordelingen på Jagtvej ligger forholdsvis tæt på den gennemsnitlige køretøjsfordeling.



Figur 7.1. Kildebidrag for  $\text{NO}_x$  og  $\text{NO}_2$  for Jagtvej i 2018.

Gadebidraget er det koncentrationsbidrag, som trafikken i gaden giver anledning til, og er beregnet med gadeluftkvalitetsmodellen OSPM (Operational Street Pollution Model). Det er gadekoncentrationen minus bybaggrundskoncentrationen. Summen af gadebidraget samt regional- og bybaggrundsbidraget giver således til sammen gadekoncentrationen.

Det regionale bidrag og bybaggrundsbidraget er også vist. Det regionale bidrag er beregnet med DEHM (Danish Eulerian Hemispheric Model) og bybaggrundsbidraget er beregnet med Urban Background Model.

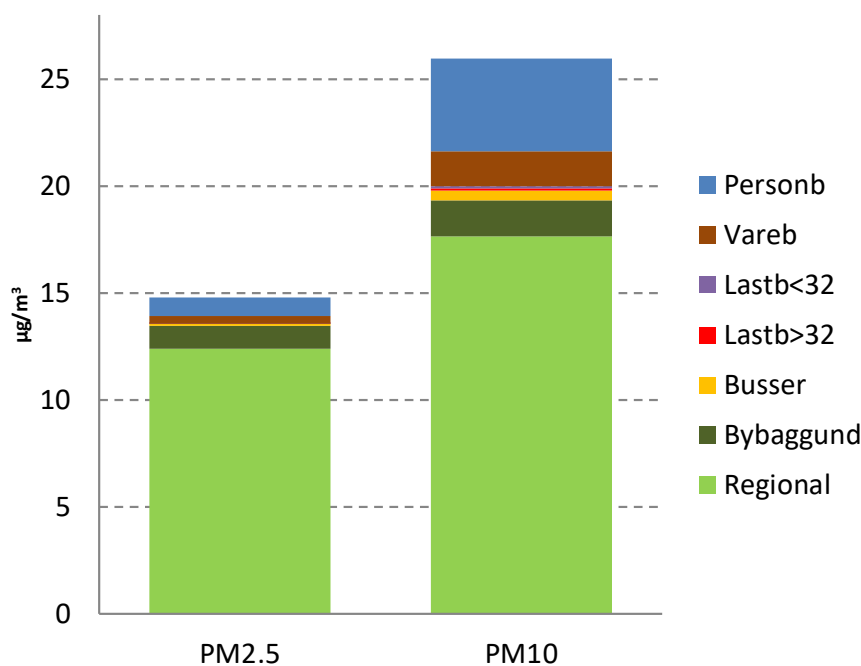
Det regionale bidrag stammer fra både danske og udenlandske emissioner, mens bybaggrundsbidraget er bidraget fra alle emissionskilder inden for omkring 25 km fra København.

Gadebidraget udgør omkring  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dvs. at hvis al  $\text{NO}_x$ -emissionen fra den pågældende gade kunne fjernes, så ville gadekoncentrationen falde med  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og nå samme niveau som regional- og bybaggrundsbidraget, dvs. omkring  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Hvis man forestillede sig et eller flere virkemidler, som fjernede al  $\text{NO}_x$ -emission fra trafikken i København ville bybaggrundsbidraget også blive reduceret, da en del af dette er fra trafikken i København.

#### Kildeopgørelse for partikler på Jagtvej

I Figur 7.2 er vist en kildeopgørelse for  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2,5}$  for Jagtvej.

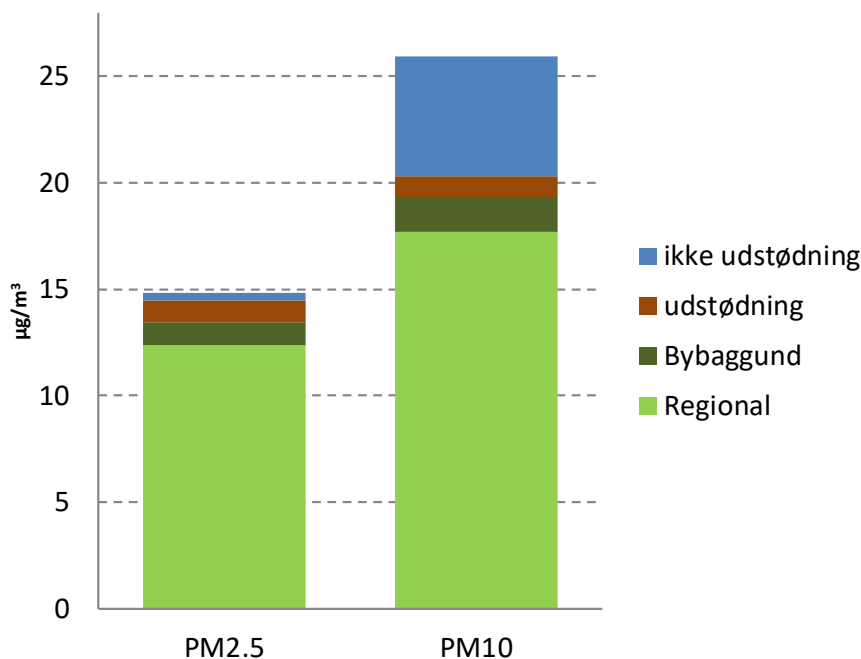


Figur 7.2. Kildebidrag for  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2,5}$  for Jagtvej i 2018.

Det ses, at det regionale bidrag er meget stort for både  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2,5}$ . Gadebidraget er omkring  $6,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $\text{PM}_{10}$  og omkring  $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $\text{PM}_{2,5}$ .

I Figur 7.3 er trafikens bidrag til  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2,5}$  underopdelt på udstødning og ikke-udstødning. Ikke-udstødning omfatter mekanisk dannede partikler fra vejslid, dækslid, bremseslid samt ophvirvling heraf. Ikke-udstødningsdelen udgør langt den største del af partikelmassen fra trafikken. For  $\text{PM}_{10}$  udgør udstødning omkring 15% og ikke-udstødning omkring 85%. For  $\text{PM}_{2,5}$  er

det hhv. omkring 27% og 73%. Det vurderes at være betydelig større usikkerhed på ikke-udstødningsdelen i forhold til udstødningsdelen, da udstødningen kan måles på biler i både laboratorium og under kørsel i aktuel trafik, mens det er meget vanskeligt at måle ikke-udstødningsdelen og dens delkomponenter.



**Figur 7.3.** Kildebidrag for udstødning og ikke-udstødning for partikler for Jagtvej i 2018.

Partikeludstødningen er over tid blevet mindre som konsekvens af den løbende udskiftning af bilparken. Det betyder, at flere og flere køretøjer får partikelfilter. Miljøzonerne med regulering af den tunge trafik har også bidraget hertil (Jensen et al. 2011).

Der er ikke gennemført en kildeopdeling for antallet af partikler, da emissions- og luftkvalitetsmodellerne ikke er fuldt udviklet til at beskrive antallet af partikler. En grov tilnærmelse er at antage, at bidragene til partikelantal fordeles sig på samme måde som  $\text{NO}_x$ , idet en tidligere analyse af luftkvalitetsmålinger af  $\text{NO}_x$  og antal partikler viser god sammenhæng (Ketzal et al., 2003). Sammenhængen mellem  $\text{NO}_x$  og antal partikler er imidlertid også påvirket af anvendte emissionsbegrænsende teknologier. Eksempelvis vil eftermontering af partikelfilter næsten fjerne alle partikler, mens  $\text{NO}_x$  er upåvirket. Modsat vil montering af  $\text{NO}_x$ -katalysator (SCR) kraftigt reducere  $\text{NO}_x$ , mens antal partikler er upåvirket, hvis der ikke monteres kombinerede  $\text{NO}_x$ -katalysator og partikelfilter (SCRT).

### 7.3 Helbredseffekter og eksterne omkostninger

I forhold til for tidlige dødsfald i Frederiksberg Kommune fra kilder i Frederiksberg Kommune bidrager vejtrafik (0,8 i 2017) og brændeovne (0,8 i 2017) lige meget. De relaterede eksterne omkostninger er 20 mio. årligt for vejtrafik.

### 7.4 Betydning af trafikmængde og hastighed

Både bilejerskabet og trafikmængderne i Danmark har generelt været stigende gennem en længere årrække. Vejdirektoratets tal viser, at de kraftigste trafikstigninger findes på motorvejene, og stigningen i motorvejstrafikken har været generel for hele landet. Men den har været mest udtalt omkring nogle

af de mest befærdede korridorer bl.a. i Hovedstadsområdet ([www.vd.dk](http://www.vd.dk)). Det giver især i myldretiden øget trængsel på dele af vejnettet. Ændringerne i trafikmængder er ikke ligeligt fordelt på vejtyper og heller ikke mellem forskellige geografiske områder. Eksempelvis, er biltrafikken i Københavns Kommune steget over kommunegrænsen, mens den har været faldende de sidste 10 år over søsnittet, hvor cykeltrafikken til gengæld er steget (Københavns Kommune, 2017). Trafikken har derfor ikke været stigende i Frederiksberg Kommune, men snarere holdt sig konstant eller været svagt faldende, hvilket også gør sig gældende for de 11 trafikerede gader, som indgår i de årlige luftkvalitetsberegninger under Det landsdækkende måleprogram for luftkvalitet (Ellermann et al., 2018).

I det følgende illustreres betydningen af trafikmængden og hastigheden for gadekonzentrationen. Dette sker med udgangspunkt i Jagtvej i København med samme udgangsdata, som anvendes i forbindelse med modellering af luftkvaliteten på 98 gader i København under den nationale overvågning af luftkvalitet. Beregningen af luftkvaliteten er gennemført med gadeluftkvalitetsmodellen OSPM, og illustreret for NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> for 2016 (Ellermann et al., 2017).

I 2016 er årsdøgntrafikken på Jagtvej 20.994, dvs. den gennemsnitlige trafikmængde i døgnnet, og rejsehastigheden er 29 km/t. Køretøjssammensætningen er følgende: 77,6% personbiler, 3,3% taxi, 15,7% varebiler, 1,2% lastbiler < 32t og 0,79% lastbiler > 32t og 1,4% busser.

I Tabel 7.8 er vist forskellige scenarier for trafikmængde og rejsehastighed, og hvordan det påvirker gadekonzentrationen.

I basisscenariet er den modellerede gadekonzentration som årsmiddelværdi for NO<sub>2</sub> 33 µg/m<sup>3</sup>, 12 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>2,5</sub> og 20 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>10</sub>. De tilsvarende målinger er for NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> hhv. 33 µg/m<sup>3</sup>, 13 µg/m<sup>3</sup>, og 23 µg/m<sup>3</sup>. Modellen passer således godt for NO<sub>2</sub>, men undervurderer lidt for PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>.

Mindre trafikmængde giver lavere koncentrationer, og større trafikmængde giver højere koncentrationer.

Derimod giver lavere rejsehastighed højere koncentrationer, mens højere hastighed giver lavere koncentrationer i det pågældende hastighedsinterval. Grunden til at lavere rejsehastighed giver højere koncentrationer er, at lavere hastigheder er et udtryk for mere stop-and-go trafik, som er forbundet med højere emissioner end mere jævn kørsel ved højere hastigheder. Ved højere hastigheder over omkring 50-70 km/h vil højere hastigheder igen resultere i højere koncentrationer. De procentvise ændringer er større for NO<sub>2</sub> i forhold til PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>, da bybaggrundsbidraget er mindre for NO<sub>2</sub> end for PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>. Hastighedsændringer betyder relativt lidt for PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> pga. bidraget fra ikke-udstødning, som ikke påvirkes i samme grad som ved ændringer i trafikmængder. Ud over at emissionen hænger sammen med hastigheden, påvirker hastigheden også fortyndingen i gaderummet, idet trafikskabt turbulens bidrager til fortynding som en funktion af antal lette og tunge køretøjer og deres frontareal.



**Tabel 7.8.** Scenarier for gadekoncentrationen på Jagtvej i 2016 med forskellige forudsætninger for trafikmængde og rejsehastighed.

Type	Scenarie	ÅDT	Hastighed (m/s)	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
Trafikmængde	-50%	10.497	29,0	26	11,1	17,8
Trafikmængde	-40%	12.596	29,0	28	11,3	18,3
Trafikmængde	-30%	14.696	29,0	29	11,5	18,7
Trafikmængde	-20%	16.795	29,0	31	11,6	19,2
Trafikmængde	-10%	18.895	29,0	32	11,8	19,6
Trafikmængde	0%	20.994	29,0	33	12,0	20,0
Trafikmængde	10%	23.093	29,0	35	12,1	20,4
Trafikmængde	20%	25.193	29,0	36	12,3	20,8
Trafikmængde	30%	27.292	29,0	37	12,4	21,1
Trafikmængde	40%	29.392	29,0	38	12,5	21,5
Trafikmængde	50%	31.491	29,0	39	12,7	21,8
Hastighed	-50%	20.994	14,5	41	12,5	21,0
Hastighed	-40%	20.994	17,4	39	12,3	20,7
Hastighed	-30%	20.994	20,3	37	12,2	20,5
Hastighed	-20%	20.994	23,2	36	12,1	20,3
Hastighed	-10%	20.994	26,1	35	12,0	20,1
Hastighed	0%	20.994	29,0	33	12,0	20,0
Hastighed	10%	20.994	31,9	32	11,9	19,9
Hastighed	20%	20.994	34,8	31	11,8	19,7
Hastighed	30%	20.994	37,7	30	11,8	19,6
Hastighed	40%	20.994	40,5	30	11,7	19,5
Hastighed	50%	20.994	43,4	29	11,7	19,4

I byer kan der være mulighed for at skabe en mere glidende biltrafik med lidt højere hastighed igennem trafikregulering af trafiklys mv., men højere hastighed kan nemt komme i konflikt med andre mål om sikkerhed samt mulighed for at tilgodese fx en langsommere cykeltrafik i signalreguleringen.

Der er ikke gennemført scenarier med ændringer i køretøjssammensætning, selvom denne også har betydning for koncentrationerne. Det skyldes, at det er vanskeligt at opstille realistiske scenarier. Eksempelvis vil mere bustrafik være et udtryk for, at der er færre biler, hvis der har været en overflytning fra bil til bus. Tilsvarende ville fx mindre lastbiltrafik være et udtryk for, at mere af varedistributionen foregik med varebil. Men der er helt klart et potentiale i overflytning fra mere til mindre forurenende køretøjer.

## 7.5 Metro og bustrafik

### Metro

En evaluering fra 2004 af effekten af metroen viser en 5% stigning i den samlede trafik i Frederiksbergstret. Stigningen i trafikken skyldes, at folk rejser flere ture, når der er bedre trafikudbud, og tilmed er der tale om længere ture. Der sker samtidig en overflytning til metroen fra bustrafik (24% reduktion), cykeltrafik (9% reduktion) og personbiltrafik (12% reduktion) (Ildensborg-Hansen & Vuk, 2014; CONCITO, 2015).

Da metroen fjerner bil- og bustrafik fra vejene er den en gevinst for luftforureningen.

Der er dog en risiko for at den øgede kapacitet på vejnettet pga. mindre bil- og bustrafik vil gøre det mere attraktivt at køre i bil og dermed på sigt give anledning til mere biltrafik. En måde at undgå dette på er at udnytte den frivillige vejkapacitet til at anlægge busbaner for de tilbageværende busruter, så bussernes fremkommelighed og regularitet sikres især myldretiden, hvor der er trængsel.

### **Bustrafik**

Som det fremgår af de tidligere Tabel 7.6 og Tabel 7.7 har busser meget højere emissionsfaktorer op til Euro 5. I forhold til personbiler er der eksempelvis tale om ca. 8 gange højere NO<sub>x</sub>-emission og ca. 9 højere for partikeludstødning pr. kørt km for en bus i forhold til en dieselpersonbil for Euro 5. Dermed skal der derfor være omkring 8-9 personer i bussen for at have samme emission pr. person-km som i en bil med 1 person. Dette ændrer sig med Euro 6, hvor diesel personbiler og busser forurener omtrent det samme for udstødning, så hvis der er mere en 1 passager i bussen, er det en forureningsmæssig fordel i forhold til dieselbil, og der skal være mere end 3 passager, hvis der sammenlignes med den bedste Euronorm (6d) for benzinbiler. Der skal dog være flere passagerer i bussen, hvis der også skal kompenseres for bussernes højere ikke-udstødning. Antagelser om belægningsgrad er afgørende i scenarier for effektivitet af overflytning mellem privat og kollektiv trafik.

Både rutebusser og turistbusser skal overholde kravene opstillet i den tidligere og nuværende miljøzonestrategi, se afsnit 9.1 Busserne har skullet opfylde mindst Euro 4 siden 2010 og skal fremover mindst opfylde Euro 5 i 2020 og Euro 6 i 2022. Som det fremgår af nedenstående oplysninger fra Frederiksberg Kommune opfyldes disse krav allerede.

MOVIA varetager driften af busruterne på Frederiksberg. De 6 A-busser gennem Frederiksberg har ruter langs trafikvejene. Som supplement findes Frederiksberg busserne (fire), der kører lokale ruter på Frederiksberg. Nyt Bynet starter efter ultimo 2019. Status pr. december 2019 er;

- Frederiksbergbusserne kører med EEV busser påsat lukket filter, hvilket betyder de overholder Euronorm 6
- Linje 1A, 7A, 26, 31, 68 kører med EEV busserne, der er opgraderet med luftpakken og dermed har fået påsat SCR-katalysatorer (NO<sub>x</sub> katalysator) og partikelfiltre
- Linje 4A, 9A, 12 og 37 kører med Euro 6 busser
- Linje 2A og 18 kører med elbusser fra december 2019

## **7.6 Cykeltrafik**

Da cykler ikke har NO<sub>x</sub> eller partikeludstødning vil overflytning fra forurende køretøjer til cykel reducere emissionen.

Cyklisterne vil dog udsætte sig selv for luftforurening, når de færdes i trafikken, og eksponeringen vil også føre til højere dosis, da cyklister har større inhalering af luft pga. fysisk aktivitet i forhold til en bilist. Bilister og passagerer i bus undgår dog ikke eksponering for luftforurening pga. luftudskifte/ventilation. I takt med at køretøjerne får renere udstødning og øget overgang til elkøretøjer vil problematikken omkring eksponering blive mindre.

En række nyere studier har vist, at den øgede eksponering ikke fører til flere helbredsskader, hvilket tilskrives en positiv effekt af fysisk aktivitet, som er større end skadevirkningen ved eksponeringen for luftforureningen (Andersen et al., 2015; Fisher et al., 2016). Sådanne sammenhænge er også blevet brugt til at undersøge, hvordan scenarier, som fremmer aktiv transport i form af cykling og gang påvirker den samlede dødelighed, når der tages hensyn til den positive effekt ved fysisk aktivitet og de negative effekter ved udsættelse for luftforurening og trafikulykker. Et studie har vist samlede positive effekter i form af reduktion af dødelige i 6 europæiske storbyer, herunder København (Rojas-Rueda et al., 2016).

Trafikministeriet indregner en effekt af fysisk aktivitet ved cykling i de trafikøkonomiske enhedspriser, hvor en km kørt på cykel giver eksterne omkostninger i form af 0,88 kr. for uheld og -2,58 kr. for helbredseffekter, så den samlede eksterne omkostning bliver -1,70 kr. i 2017-priser, hvilket kun gælder for cykler i forhold til alle andre transportmidler (<http://www.modelcenter.transport.dtu.dk/Noegletal/Transportoekonomiske-Enhedspriser>). Cykling bidrager derfor til mindre luftforurening, mindre klimabelastning samt øget folkesundhed.

## 7.7 Delebiler

Den første delebilordning blev oprettet i Odense i 1997, og siden er der opstået delebilordninger især i de større byer men også på landet. Antallet af debiler er steget men er stadigvæk meget lavt i forhold til bilparken, men der er potentiale for fortsat vækst. De første delebilordninger var med fast stamplads og i de seneste år der kommet bybiler og nabobiler til.

### Forskellige typer af debiler

Brancheforeningen Danske By- og Debiler inddeler debiler i tre kategorier (<http://danskedebiler.dk/>):

1. Debiler med fast stamplads fx udbudt af LetsGo.
2. Bybiler, som kan afhentes ét sted og afleveres et andet sted inden for nærmere angivne områder, som regel afgrænset i en større byer fx udbudt af DriveNow.
3. Nabobiler, hvor ejere af privatbiler udlejer deres biler til andre medlemmer af ordningen fx udbudt af GoMore.

### Effekter

Organisationen "Danske By- og Debiler" vurderer, at der er forskellige effekter af de forskellige typer af delebilordninger mht. hvordan de påvirker bilejerskab, bilkørsel overflytning mellem køretøjskategorier.

Ud fra danske og udenlandske undersøgelser vurderer Danske By- og Debiler, at debiler med fast stamplads reducerer bilkørsel med mindst 30%, som dækker over at tidligere bilejere reducerer deres bilkørsel med mindst 50%, mens medlemmer, der ikke tidligere har ejet deres egen bil, kun forøger deres bilkørsel med ca. 10%. Undersøgelser viser, at en delebil med fast stamplads erstatter 6 privatejede biler, og at der i gennemsnit er 8-10 voksne plus børn om en delebil. Effekten af nabobiler kan være tilsvarende, men der foreligger ikke undersøgelser heraf. Bybilerne vurderes at blive brugt på korte ture inden for et afgrænset område i fx København. De er for dyre at køre langt i, men effektive til korte ture. Bybilerne vil derfor i mindre grad erstatte anden bilkørsel, og vil i højere grad erstatte taxa, bus og cykel.

### **Forslag**

For et byområde som Frederiksberg er delebiler af særlig interesse, da de bidrager til færre parkeringspladser, mindre bilkørsel og dermed mindre trængsel samt understøtter kollektive trafik og cykeltrafik.

Et differentieret udbud af delebilordninger er sammen med gode forhold for cyklisme og kollektiv trafik med til at understøtte Mobility as a Service (MaaS) og et liv uden egen bil.

Ud over at der er en ressource- og klimagevinst i færre biler har delebiler med fast stamplads og især bybilerne integreret elbiler i deres flåder. Sammen med mindre bilkørsel giver dette også en luftforureningsgevinst.

Det foreslås, at Frederiksberg Kommune udarbejder en strategi for fremme af delebiler i kommunen. Elementer i en sådan strategi kunne være følgende:

- Tilbyde delebiler med fast stamplads gratis dedikerede parkeringsplads på attraktive steder. Tilbyde bybiler parkeringslicens på vilkår som muliggør bybiler.
- Indarbejde parkeringspladser og krav om delebilordning i forbindelse med nybyggeri eller væsentlige ombygninger, hvilket muliggør reduceret udlæg til parkeringspladser og dermed mere til bolig- eller erhvervsareal.
- Undersøge om nogle af kommunens egne biler kunne erstattes af en delebilordning med fast stamplads i samarbejde med en delebiludbyder med en aftale om at delebilerne fx kun kunne bruges af medarbejderne inden for normal arbejdstid, mens øvrige medlemmer af den pågældende delebilordning kunne bruge den uden for dette tidsrum.

## 8 Elektrificering af vejtransport

I det følgende beskrives kort udviklingen i elbiler i Danmark og regulering heraf samt internationale erfaringer. Dernæst beskrives de miljømæssige fordele ved eldrift og potentialer diskuteres med udgangspunkt i de forskellige køretøjsgrupper. Til slut redegøres for Frederiksberg Kommunes Elbilstrategi.

### 8.1 Udvikling i antal elbiler i Danmark og regulering

Elbiler kom på markedet i 2009, og i 2018 er der omkring 10.000 elbiler i bilparken ([www.dst.dk](http://www.dst.dk)). Selvom der har været en kraftig vækst i antallet af elbiler, er det relative antal meget beskedent i forhold til bilparken, som helt er domineret af benzin- og dieseldrevne køretøjer. I 2018 udgør elbiler således kun omkring 0,3% af bilparken, som består af omkring 3,0 mio. køretøjer, hvoraf omkring 80% er personbiler svarende til omkring 2,6 mio. personbiler i 2018 ([www.dst.dk](http://www.dst.dk)). Elbiler er især blevet købt af flådeejere i den offentlig sektor, virksomheder, deleordninger mv. og mindre af private. I 1. halvår af 2019 udgjorde elbiler og opladningshybridbiler 3,2% af det samlede bilsalg ([www.danskelbilalliance.dk](http://www.danskelbilalliance.dk)). I Danmark udgør elbiler således p.t. en forsvindende lille del af bilparken og af nysalget.

Da Danmark har meget høje registreringsafgifter, har dette væsentlig indflydelse på bilpriserne samt statens provenu af nysalget. Elbiler samt brintbiler blev i første omgang fritaget for at skulle betale registreringsafgift. Fra 2016 indfases registreringsafgiften gradvist over 5 år, så der er fuld afgift i 2020. Der betales dog fuld afgift af bilen pris over 800.000 kr. (Regeringen, 2015). Efterfølgende er dette blevet blødt op i 2017 med en udskydelse af indfasning af registreringsafgiften med 2 år samt et midlertidigt fradrag i perioden 2017-2021 fastsat ud fra batterikapacitet (Regeringen, 2017; Skatteministeriet, 2017). Derudover er der nedslag i registreringsafgiften baseret på energieffektivitet på samme måde som for fossilbiler ([www.skat.dk](http://www.skat.dk)). Reglerne for elbiler gælder også plug-in hybridbiler.

Elbilerne er fortsat relativt dyre i forhold tilsvarende fossilbiler, og deres anvendelse er også begrænset af deres rækkevidde med undtagelse af dyre elbiler som Tesla (reel rækkevidde på omkring 350-450 km). Der er dog sket markante forbedringer mht. rækkevidden de seneste år for mindre elbiler, fx er Renault Zoe og Nissan Leaf introduceret med omkring 200-250 km reel rækkevidde, og Hyundai Kona med reel rækkevidde på omkring 250-300 km. Der forventes også langt flere elbilmodeller på markedet inden for de kommende år bl.a. fra Volkswagen. Nyere bilmodeller er også i stand til at lade hurtigere end tidligere.

Ladeinfrastrukturen er blevet udbygget, og der er omkring 2.000 offentligt tilgængelige ladepunkter i Danmark (Energikommissionen, 2017).

Ved nogle af disse ladepunkter tilbød nogle kommuner tidligere gratis parkering for elbiler, men dette er senere blevet underkendt, da der ikke er et lovligt grundlag for helt at fritage elbiler fra betaling af parkeringsafgift i et betalingsområde, såfremt afgiften mellem elbil og almindelig køretøj er uforholdsmæssig høj. Det kræver derfor en ændring af vejloven at muliggøre dette. På Frederiksberg er det forsat muligt at parkere afgiftsfrit for el-biler, da afgiften for parkering mellem elbiler og almindelige køretøjer er forholdsvis lav.

Energistyrelsen har haft diverse støtteordninger med det formål at fremme udbredelsen af elbiler og erfaringsopsamling blandt private borgere, virksomheder og offentlige institutioner (Energikommissionen, 2017).

Klimaloven fra 2014 har et langsigtet mål om, at Danmark i 2050 skal være et lavemissionssamfund baseret på vedvarende energi (EFK, 2014).

Den tidligere V-K-LA regerings klima- og luftudspil fra oktober 2018 (Regeringen, 2018) listede 3 målsætninger for elektrificering af transport: (1) Stop for salg af nye benzin- og dieselmotorer i 2030 og for nye plug-in hybridbiler fra 2035, herunder 1 mio. elbiler i 2030, (2) Slut med udledning af CO<sub>2</sub> og luftforurening fra busser i byerne fra 2030, dvs. 100% eldrift for bybusser, (3) Benzin og diesel skal ud af taxidriften inden 2030, dvs. 100% eldrift af taxier i 2030.

Den nuværende S regering med støttepartierne E, SF og R har i deres politiske forståelsespapir en målsætning om at reducere udledningen af drivhusgasser med 70% i 2030 i forhold til 1990 og udarbejdelse af en skærpet klimalov. Endvidere er der en målsætning om at omstille transportsektoren som skal sikre markant flere elbiler på vejene herunder et stop for salg af alle nye diesel- og benzinbiler fra 2030 (Regeringen, 2019).

Elektrificering af transportsektoren kan ses som et virkemiddel til at erstatte transportsektorens store afhængighed af fossile brændstoffer, og samtidig opnå en gevinst for luftforureningen. Elbiler i forskellige former (rene elbiler og brændselscellebiler) er pt. den eneste tilgængelige teknologi til erstatning af benzin- og dieselmotorer. Da levetiden på biler er omkring 15 år, betyder det, at de sidste fossilbiler skal sælges i 2035, hvis samfundet skal være CO<sub>2</sub>-neutralt i 2050. Det betyder igen, at andelen af elbiler i nysalget skal stige fra de nuværende omkring få procent til 100% på blot omkring 16 år eller næsten 6%-point pr. år, hvilket sandsynligvis ikke vil komme af sig selv, men vil kræve nye initiativer. Hvis målet er i 2030 skal det være langt hurtigere end nu. Da nysalget af personbiler er omkring 220.000 om året, skal eksempelvis hele nysalget være elbiler i 5 år i træk for at nå 1 mio. elbiler. 1 mio. elbiler i 2030 kan også nås ved en eksponentiel udvikling i nysalget fra det nuværende lave niveau i 2019 til 100% i 2030 som illustreret i et nyt studie (Jensen et al., 2019a).

Region Hovedstaden har en vision om at blive en førende elbilregion i Europa, og etablerede i 2013 et regionalt elbilsekretariat kaldet Copenhagen Electric. Dets opgave er at samle viden og formidle information om og erfaringer med elbiler samt støtte til udbredelse af elbiler til både regionens kommuner, hospitaler, virksomheder og borgerne. Dette sker bl.a. gennem en hjemmeside med information og vejledning om elbiler ([www.regionh.dk/elbiler](http://www.regionh.dk/elbiler)).

## 8.2 Internationale erfaringer

Ifølge International Renewable Energy Agency er Norge det land i Europa, som har flest elbiler pr. indbygger, og hvor andelen af nyslaget er størst. Der er omkring 90.000 elbiler i Norge i 2016 og omkring 20% af nyslaget i 2015 var elbiler. Det er siden steget til omkring 45% for første halvdel af 2019. På anden pladsen ligger Holland med omkring 91.000 elbiler i 2016 og næsten 10% af nyslaget er elbiler i 2015. På verdensplan er omkring 0,5% af nyslaget elbiler (IRENA, 2017).

I Norge er elbiler fortsat fritaget fra registreringsafgift og moms, hvilket modsvarer en fritagelse fra registreringsafgift i Danmark, mens elbiler dog stadigvæk betaler moms i Danmark. Herudover er elbiler i Norge også fritaget for at betale bompunge, samt bro- og færgebilletter, og har tilladelse til at køre i busbaner og fritagelse fra parkeringsafgifter på offentlige parkeringspladser. Der er omkring 6.500 ladepunkter i Norge (Energikommisionen, 2017).

Norge har således haft kraftige incitament, som påvirker både købsprisen af elbiler men også besparelser i forbindelse med dens anvendelse, som til sammen har haft stor betydning for udbredelsen af elbiler i Norges især i de større byer.

I Holland er elbiler fritaget for registreringsafgift, som dog er generelt lavere end i Norge og Danmark, og fritagelser er derfor et mindre økonomisk incitament. Et større incitament er for firmabiler, hvor brugere af elbiler og plug-in hybridbiler bliver beskattet væsentligt mindre end ved anvendelse af fossilbiler. Herudover giver købet af elbilerne også virksomhederne særlige skattefordele. Udbredelsen af ladeinfrastruktur i Holland er også væsentligt bedre end i Danmark med ca. 18.000 ladepunkter (Energikommisionen, 2017).

Flere europæiske lande diskuterer ideen om at udfase benzin- og dieslbiler inden for en kortere årrække. Den norske regering har en målsætning om, at efter 2025 skal nye privatbiler, bybusser og lette varebiler være nuludslipskøretøjer. Holland har ligeledes et forslag om at forbyde salget af nye diesel- og benzinbiler fra 2025. Den svenske klimaminister har åbnet for at indføre et forbud mod benzinbiler fra 2030. Tysklands Forbundsråd har vedtaget en resolution om at forbyde forbrændingsmotorer i nye biler fra 2030.

### **8.3 Miljømæssige fordele og ulemper**

I det følgende beskrives kort de miljømæssige fordele og ulemper ved eldrevne køretøjer.

#### **Helbredskadelig luftforurening**

Elbilens store fordel er, at den ikke har udstødning og dermed ikke bidrager så meget til helbredsskadelig luftforurening, og den vil derfor bidrage til forbedring af luftkvaliteten især i byerne. Da køb af elbil erstatter køb af en anden ny fossilbil, som skal opfylde Euro 6, er besparelsen kun den emission, som en Euro 6 bil bidrager med.

For trafikens partikelforurening er bidraget domineret af ikke-udstødning. Foreløbige vurderinger tyder på, at overgang til elbiler samlet set vil føre til ingen eller lille reduktion af  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$ , forbi reduceret udstødning opvejes af mere ikke-udstødning, da elbiler er tungere end fossilbiler, og dermed har højere vej- og dækemissioner, også selvom der tages højde for mindre bremseslid (Timmers & Achten, 2016).

Både udstødnings- og ikke-udstødningspartikler er helbredsskadelige, men meget tyder på, at udstødning er mere helbredsskadelig end ikke-udstødning (Rohr & Wyzga, 2012).

Det kræver således reduktion af selve trafikken for at reducere trafikens bidrag til ikke-udstødningspartikler.

Elproduktion på kraftværker bidrager kun lidt til lokal luftforurening pga. rensning og høje skorstene, og der vil derfor, alt andet lige, være en luftforureningsmæssige fordel i at flytte luftforurening fra gadeniveau til skorstensniveau. Elproduktionen vil i stigende grad bidrage med endnu mindre luftforurening ved overgang til vedvarende energikilder som vind, sol, varmepumper, geotermi mv., mens forbrænding af biomasse fortsat vil være forbundet med luftforurening.

### **Drivhusgasser**

Udover at mindske den helbredsskadelige luftforurening vil eldrevne køretøjer også bidrage til reduktion af klimagasser gennem en markant reduktion af CO<sub>2</sub>-emissionen, som opnås ved at eldrift erstatter benzin og diesel. Det skyldes dels, at CO<sub>2</sub>-emissionen pr. energienhed er relativ lille for elproduktion i forhold til CO<sub>2</sub>-emissionen pr. energienhed for fossile brændsler samt at elmotoren har højere energieffektivitet i forhold til forbrændingsmotoren. I 2020 skønner Copenhagen Electric, at CO<sub>2</sub>-emissionen er omkring en halv til en tredjedel for elbiler i forhold til fossilbiler ([Regionwww.regionh.dk/elbiler](http://Regionwww.regionh.dk/elbiler)). Da der er et nationalt mål om at have en el- og varmeproduktion baseret på 100% vedvarende energi i 2035 ifølge Energifaftalen 2020, vil elproduktion til den tid i princippet være CO<sub>2</sub>-neutralt, og klimagevinsten dermed endnu større, når eldrift erstatter fossile brændsler.

Det svenske miljøinstitut IVL har foretaget en udredning af energiforbrug og drivhusgasemissioner af litium-ion batterier, som bruges i elbiler, i et livscyklusperspektiv dog afgrænset til produktion og ikke brug og bortskaffelse (IVL, 2017). Dette studie viser et relativt stort energiforbrug og drivhusgasemissioner ved produktion af litium-ion batterier. Drivhusgasemissionen forbundet med produktion af et batteri af Nissan Leafs størrelse og et batteri af Teslas størrelse svarer til, hvad en almindelig benzin- eller dieselbil udleder i hhv. 2,7 og 8,2 år (Ingeniøren, 2017). Selvom drivhusgasemissionen vil blive reduceret i fremtiden ved overgang til vedvarende energi, illustrerer studiet betydningen af ikke at køre rundt med en for stor batterikapacitet, hvilket trækker i retning af mindre batterier, men med hurtig opladning for at kunne møde kørselsbehovene.

Klimarådet har belyst, hvor klimavenlige elbiler er i forhold til opladningshybrider, effektiv dieselbil og alm. fossil bil. Analysen bygger på en livscyklus-tilgang, dvs. at man ser på CO<sub>2</sub>-udledningen fra bilproduktion herunder produktion af batteriet, brug af bilen enten fossilt brændstof eller el samt produktion af el/brændstof. Undersøgelsen viser, at elbilen under danske forhold kun udleder halvdelen af, hvad en effektiv dieselbil gør i dette livscyklusperspektiv og endnu mindre i forhold til en almindelig fossil bil. Lidt overraskende finder Klimarådet, at en opladningshydrid har omtrent samme CO<sub>2</sub>-udledning som en effektiv dieselbil. Det skyldes, at der udledes CO<sub>2</sub> ved produktion af batteriet, og at analysen antager, at der køres 60% af kilometerne på benzin, og en benzinmotor er ikke så effektiv som en dieselmotor. Elbilen vil blive endnu mindre forurenende med CO<sub>2</sub> med tiden i takt med at hele energisektoren omlægges til vedvarende energi, hvilket er planlagt til at ske i 2030 (Klimarådet, 2018).

### **Støj**

En elmotor støjer mindre end en tilsvarende forbrændingsmotor, men allerede ved omkring 40-50 km/t er dækstøj dominerende fra et køretøj. Elbiler vil derfor kun reducere trafikstøj i byer ved lav hastighed, ved "tomgang" og



ved accelerationer fra kryds. Dette er dog forhold som er kendetegnet på mange veje på Frederiksberg.

### **Trængsel**

Elbiler vil alt andet lige ikke bidrage til at reducere trængsel hverken på vejene eller ved parkering, da elbiler fylder og optager den samme plads som fossilbiler.

### **Kobling til energiforsyningen**

Elbiler har også en kobling til energiforsyningen, da de kræver elopladning. Ved en stor udbredelse af elbiler skal eventuelle kapacitetsproblemer lokalt i elnettet løses. Batterierne kan indgå som kortids regulerkraft, hvor elbilernes batterier leverer strøm tilbage til elnettet, hvilket kan bidrage til at balancere produktion og forbrug af strøm (Vehicle to Grid, V2G). Ligeledes kunne der være visse muligheder i et intelligente elnet (smart-grid), hvor opladningen delvis kunne styres efter, hvornår der var stort udbud af strøm fra vindmøller og solceller. Både V2G og smart-grid løsninger skal dog tilpasses bilistens transportbehov (Energikommissionen, 2017).

## **8.4 Forskellige typer af eldrevne personbiler**

Der er forskellige typer af elbiler, enten den rent batteridrevne elbil eller en plug-in hybridbil også kaldt opladningshybridbil. Plug-in hybridbiler har et mindre batteri i forhold til rene elbiler, og kan køre en begrænset rækkevidde på ren el (fx 20-50 km). Under elektrisk drift vil den ikke bidrage med lokal luftforurening, hvilket i Danmark kunne være en meget stor del af kørselsmønsteret grundet de relativt korte afstande mellem aktiviteter. Hybrid plug-in biler har ikke elbilens begrænsninger i aktionsradius, da den også er udstyret med en forbrændingsmotor typisk på benzin, som enten driver drivaksel direkte eller driver en generator, som producerer strøm til batteriet. Eksempel på det sidste er en BMW i3 plug-in hybrid. Som det fremgår af forestående afsnit gælder samme beskatningsregler for rene elbiler og plug-in hybridbiler.

Brændselscellebiler, som kører på brint, er i princippet også en elbil, da den er drevet af en elmotor, men strømmen produceres i bilen via brændselsceller. Ligesom elbiler er der heller ikke noget bidrag til lokal luftforurening. Disse biler er på vej væk fra udviklings- og demonstrationsstadiet til kommerciel markedsintroduktion i Danmark, fx Toyota Mirai. Brint skal produceres fx ved elektrolyse, som kræver strøm. Hvis strømmen er produceret på vedvarende energi er den CO<sub>2</sub>-neutral, men det samlede energitab ved produktion af brint vil være større end strøm leveret direkte til en elmotor. Endvidere skal der opbygges et distributionssystem for brint i form af tankstationer. Der er allerede etableret en række brinttankstationer i Danmark. I forhold til rene elbiler er en af fordelene ved brintbiler lang rækkevidde og hurtig tankning, som modsvarer fossilbiler. Brintbiler er underlagt de samme regler vedr. registreringsafgift mv. som elbiler. En større udbredelse af brintbiler vil tage tid, da flere brintbiler skal markedsføres, og der skal opbygges mere brintproduktion og flere tankstationer.

Ovenstående elbiltyper kaldes også under et nuludslipbiler.

## 8.5 Potentialer for de forskellige typer af eldrevne køretøjer

### Potentiale for eldrevne personbiler

Som det fremgår af tidligere Tabel 7.1 er emissionspotentialet for NO<sub>x</sub>- og PM-udstødning i 2018 for dieselpersonbiler hhv. 27% og 36% og for benzinpersonbiler hhv. 41% og 17%, som i princippet kunne undgås, hvis alle personbiler var eldrevne.

Firmabiler udgør en ikke ubetydelig del af bilparken og nysalget. Som eksemplet fra Holland viser, så kan der gives incitamenter til brugeren og virksomhederne, og disse incitamenter vil medvirke til at fremme udbredelsen af elbiler.

Både offentlige og private flådeejere er en oplagt målgruppe for elbiler, da elbiler kan indpasses som en del af flåden samtidig med at transportbehovene kan imødekommes.

Som det fremgår af tidligere afsnit udgør taxier på de større veje en ikke ubetydelig del i København, og taxierhvervet er et reguleret erhverv, som tidligere er miljøreguleret gennem den grønne taxilov. Der er derfor også mulighed for enten gennem krav om nuludslipstaxi i byer eller incitamenter at fremme nuludslipstaxi, som det vil ske med Ultra Low Emission Zone i London fra 2019.

Langt de fleste personbiler ejes af private, og det er denne gruppe, som i fremtiden skal købe flere elbiler, hvis andelen af elbiler skal stige.

### Potentiale for eldrevne varebiler

Som det fremgår af Tabel 7.1 er emissionspotentialet i 2018 for dieselvarebiler hhv. 16% og 26% for NO<sub>x</sub>- og partikeludstødning.

En dansk undersøgelse har undersøgt, hvilken rækkevidde der kræves for eldrevne varebiler for at kunne opfylde daglige kørselsbehov for forskellige erhverv (Christensen et al., 2016). Denne undersøgelse viser, at en høj andel af virksomheder har lange daglige transportafstande, og de fleste erhverv er derfor ikke egnet til elektrisk drift med nuværende faktiske udvalg af køretøjer på markedet med faktiske rækkevidde på omkring 100 km. Hurtigopladning vil sandsynligvis ikke løse problemet, da det kan være vanskeligt at indpasse i arbejdsdagen.

Undersøgelsen viste også, at omkring 80% af varebiler mindre end 2t havde et dagligt kørselsbehov på mindre end 100 km og ca. 40% mindre end 50 km, og derfor er der et potentiale for elektrisk drift, hvis den faktiske rækkevidde forbedres i fremtiden. Det højeste kørselsbehov var 250 km, hvilket kunne blive en udfordring for eldrevne varebiler i den nære fremtid.

For varebiler 2-3,5t og afhængig af branche havde 60-90% af køretøjerne et gennemsnitligt dagligt kørselsbehov på mindre end 100 km, og 10-40% et større end 100 km, og 30-60% af køretøjerne mindre end 50 km.

Undersøgelsen påpeger også, at "rækkeviddeangst" reducerer den faktiske afstand, som brugerne føler sig trygge ved at tilbagelægge, hvilket yderligere reducerer potentialet beskrevet ovenfor. Det kan være en udfordring i den nærmeste fremtid at kunne opfylde ønsket rækkevidde for en stor del af varebiler i denne gruppe.

### **Potentiale for eldrevne busser**

Rutebusser kører efter en køreplan og omfatter bybusser i byområder, men også regionalbusser. Herudover er der turistbusser. Som det fremgår af Tabel 7.1 er emissionspotentialet i 2018 for bybusser hhv. 8% og 13% for NO<sub>x</sub>- og partikeludstødning og for turistbusser hhv. 1% og 3%. Dette er baseret på den nationale emissionsopgørelse, og en anden fordeling kunne tænkes på Frederiksberg. Da bussernes kørsel ikke er jævnt fordelt på vejnettet vil nogle veje have større andel og andre veje mindre.

Bybusser har i stigende grad mulighed for at blive enten rene batteridrevne busser eller eldrevne med opladning på terminaler eller busstoppestederne (lejlighedsvis opladning). Udviklingen ser ud til at gå mod rene batteridrevne busser, som oplades om natten.

Københavns Kommune har en målsætning om at skifte til elbusser eller busser med samme miljø- og støjegenskaber inden 2025. Roskilde Kommune har i 2019 skiftet alle bybusser, som kører internt i kommunen, til batteridrevne elbusser.

Det er især bybusser og til dels regionalbusser, som har potentiale for elektrisk drift enten som rene elbusser eller med opladning undervejs, da turistbusser tilbagelægger lange afstande med forskellige ruter. Regionalbusser, som kører langt, og turistbusser har på sigt mulighed for at blive brændselscelle køretøjer, hvis elbusser ikke får endnu længere rækkevidde og super hurtig opladning.

### **Potentiale for eldrevne lastbiler**

Lastbiler inddeles i to vægtklasser hhv. under og over 32t. Som det fremgår af Tabel 7.1 er emissionspotentialet i 2018 for lastbiler under 32t hhv. 2% og 2% for NO<sub>x</sub>- og partikeludstødning og for lastbiler over 32t hhv. 3% og 2% for NO<sub>x</sub>- og partikeludstødning. Dette gælder i gennemsnit for byveje, men lastbilkørsel er ikke jævnt fordelt på vejnettet.

Elektrisk drift af lastbiler er en udfordring, da lastbiler er tunge (køretøj og last) og kræver stor batterikapacitet, som fylder og er dyr. Desuden kan det være vanskeligt at indpasse opladning, hvis det skal ske ofte. Tidligere har det kun været muligt at købe meget små elektriske lastbiler til lette opgaver, fx i parkanlæg.

På baggrund af ovenstående troede de færreste, at lastbiler kunne blive elektriske i overskuelig fremtid. Men de første modeller af eldrevne lastbiler er netop nu lanceret fra store lastbilproducenter såsom MAN, Volvo, Mercedes, Daimler-Benz og Renault. Derudover har Tesla annonceret, at de udvikler og lancerer en lastbil med lang rækkevidde i 2020 og tilhørende hurtigoplading ([https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla\\_Semi](https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_Semi)). Hvis elteknologien viser sig at være attraktiv indenfor vejtransporterhvervet, kan en del af kørsel med lastbil givet dækkes af ellastbiler i en ikke alt for fjern fremtid.

En anden fremtidig mulighed er, at lastbiler har en elektrisk motor drevet af brændselscelleteknologi og brint som brændstof. Dette er også ved at flytte sig fra forsøgs- og demonstrationsstadiet til kommerciel drift, idet Hyundai i 2020 forventes at levere de første 50 brintlastbiler til Schweiz, og satser på at få 1.600 brintdrevne lastbiler ud på de europæiske veje inden 2025 (FiB, 2019).

## Elcykler

Elcykler er i vækst og kan bidrage til at udvide, hvor langt cyklister fx vil pendle. Dermed kan de være med til at erstatte bilture og dermed reducere luftforurening. Supercykelstier understøtter også pendling over længere afstande. Supercykelstien Indre Ringrute går gennem Frederiksberg. Herudover formodes elcykler at udvide kredsen af cyklister, da de hjælper personer, som ikke tidligere cyklede, ikke cyklede så langt eller havde besvær med at cykle. Eldrevne ladcykler er en god mulighed for at transportere børn og indkøb, men kan være en udfordring på smalle cykelstier.

Der er ingen lokal luftforurening forbundet med brugen af elcykler, men de har et meget lille bidrag til den regionale luftforurening via forbrugt strøm.

## 8.6 Elbilstrategien – Frederiksberg ELBILBY NR. 1

Frederiksberg Kommunalbestyrelse har primo 2019 besluttet "Frederiksberg ELBILBY NR. 1". Strategien rækker frem mod 2030.

Visionen er, at der på vejene på Frederiksberg hovedsageligt kører busser og biler på el. Kommunens egne biler kører på el, ligesom kommunens befordring af borgere og transport af varer til kommunen er eldrevet. Kommunen er opsøgende i forhold til udviklingen på elbilområdet, deltager i forsøg, nye initiativer og forskningsprojekter, og er en vigtig part i arbejdet med rammevilkårene for elbiler.

Elbilstrategien omfatter fire overordnede indsatsområder med tilhørende målsætninger og initiativer. Målsætninger er fastsat for såvel 2023 som for 2030 og er understøttet af en række initiativer:

- *Kommunens egne køretøjer:* I 2023 benytter 75 % af de kommunale køretøjer grønne drivmidler. I 2030 benytter 100 % grønne drivmidler, herunder 90% el.
- *Udbudt kørsel:* Krav om minimum 30 % grønne drivmidler og prioritering af el hvor det er muligt i 2023. I 2030 foregår 100 % udbudt befordring med el.
- *Kollektiv transport:* Al kollektiv trafik udbydes som emissionsfri fra 2018. 100 % af den kollektive busstrafik benytter el eller brint i 2030.
- *Den private bilpark:* 5% i 2023 og 20% af de indregistrerede biler er elbiler eller plug-in hybrid biler i 2030. Der er maksimalt 500 m i 2023 og 250 m til en ladestander fra al etagebyggeri på Frederiksberg i 2030.

Køretøjer indkøbes i denne prioriteret rækkefølge: el, brint, plug-in hybrid, og hvis ikke andet er muligt benzin før diesel. Samlet betegnes de grønne drivmidler.

Hvert fjerde år vil strategien blive revideret. Der er i strategien fastsat målemetoder til vurdering af indfrielse af de fastsatte mål.

### Forslag

Frederiksberg Kommune er sandsynligvis en af de første kommuner med en selvstændig og omfattende elbilstrategi, som har opstillet mål og indsatser for kommunens egne køretøjer, udbudt kørsel, bybusser og den private bilpark i kommunen. Der er delmål for 2023 og slutmål for 2030.

Det er vigtigt, at kommunen systematisk arbejder med at fremme elektrificering af vejtransporten, da elkøretøjer er et meget vigtigt virkemiddel til at reducere emissionen i gaderum, nedsætte drivhusgasser forbundet med transport samt i mindre grad bidrager til at nedsætte støj.

For kommunens egne køretøjer er der lagt op til en relativ hurtig indfasning af grønne drivmidler med et mål om 75% i 2023, og kommunen har også på dette område selv kontrollen over tempoet.

Udbudt kørsel er transport, som Frederiksberg Kommune benytter til kørsel af borgere og transport af varer og tjenesteydelser, som ikke foregår i egne køretøjer, men udbydes til eksterne leverandører. For transportydelser, hvor hele ydelsen er transport, fx taxikørsel, er det nemt at stille krav, mens det er vanskeligere ved leverance af varer, og særligt vare som købes i mindre omfang og ikke så tit. Københavns Kommune har bl.a. arbejdet med at analysere indkøb og transport med henblik på at stille grønne krav til leverandørernes transport (Kveiborg & Enggaard, 2019).

I betragtning af, at mange bybusser, som kører i Københavns Kommune, også kører igennem Frederiksberg Kommune, og at Københavns Kommune har en målsætning om at skifte til elbusser eller busser med samme miljø- og støjgenskaber inden 2025, synes det oplagt, at Frederiksberg Kommune havde samme tidsmæssige målsætning i stedet for 2030.

Målsætningen om at 20% af de indregistrerede biler er elbiler eller plug-in hybrid biler i 2030 synes lav i forhold til den tidligere og nuværende regeringers udmeldinger. Det er staten, som et langt stykke af vejen kan påvirke antallet af elbiler gennem niveauet af registreringsafgifter, tilskud mv., som ligger uden for kommunens kontrol. Kommunen understøtter udviklingen ved at have mål for afstande til nærmeste parkeringsplads med lademulighed.

## 9 Økonomiske virkemidler og regulering over for køretøjer

### 9.1 Miljøzoner

Dette afsnit omhandler miljøzoner som virkemiddel til forbedring af luftkvaliteten, og som bidrag til at overholde grænseværdier. En miljøzone er et afgrænset geografisk område, typisk et tætbeholdt byområde med særlige bestemmelser, som skal bidrage til at reducere emissionen.

Først gennemgås effekten af de første miljøzoner i Danmark og de fremtidige miljøzoner vedtaget i maj 2019. Endvidere beskrives eksempler på miljøzoner i udlandet.

#### Effekt af de første miljøzoner indført i 2008-2010

Den 20. december 2006 vedtog Folketinget enstemmigt en lov om miljøzoner gældende for de 5 største bykommuner (Folketinget, 2006). Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune indførte miljøzoner den 1. september 2008, Aalborg Kommune den 1. februar 2009, Odense Kommune den 1. juli 2010 og Aarhus Kommune den 1. september 2010.

Essensen i miljøzonenloven er, at introducere renere euroklasser tidligere end de ellers vil blive introduceret, som en følge af naturlig udskiftning af bilparken, hvorved der opnås en emissionsgevinst. Da Euronormerne løbende er blevet skærpet, kan man opnå en reduktion i emissionen, hvis ældre emissionsnormer forbydes i miljøzonen, og erstattes af køretøjer med nyere emissionsnormer.

Formålet med etableringen af en miljøzone var at forbedre sundheden for borgerne i de største byer ved at reducere luftforureningen med især partikler. Endvidere har miljøzoner en positiv effekt på forureningen med kvælstofdioxid. Miljøzonerne fokuserer på de områder, som relativt set har den største belastning fra trafikken, og hvor flest mennesker bliver udsat for luftforurening, fordi der bor og færdes mange mennesker i området.

Miljøzonenloven muliggjorde, at miljøzonekommunerne kunne definere et afgrænset byområde, hvor der kræves partikelfiltre på ældre lastbiler og busser, som kører i miljøzonen. Kravene gælder for gamle lastbiler og busser som pr. 1. september 2008 kun levede op til Euro 2 emissionsstandarden eller ældre standarder, og kravene blev yderligere skærpet pr. 1. juli 2010 til at omfatte Euro 3 emissionsstandarden (eller hvis ældre have et eftermonteret partikelfilter). Køretøjer med Euro 3 emissionsstandard blev solgt frem til 30. oktober 2006. Kravet er derfor, at lastbilen eller bussen skal være mindst Euro 4 eller have eftermonteret partikelfilter.

Miljøstyrelsen iværksatte et evalueringsprogram for miljøzonerne, som blev udført af det tidligere Danmarks Miljøundersøgelser – nu DCE (Jensen et al., 2011), som fokuserede på vurdering af miljøzonekravenes effekt på luftkvaliteten i København og Frederiksberg, som var de første kommuner, som indførte miljøzoner. Evaluering af effekterne af miljøzonerne for luftforureningen er primært baseret på modelberegninger, da det her er muligt at adskille effekten af miljøzonerne fra andre ændringer som fx den generelle reduktion i emissioner fra bilparken og ændringer i luftforureningen, som fx skyldes

ændringer i vind og vejr. Effektvurderingen er yderligere understøttet af analyse af målinger, hvor det dog metodisk er vanskeligere at isolere effekten af miljøzoner.

Partikeludstødningen fra den tunge trafik reduceres i 2010 med 60% som en kombinationseffekt af miljøzonekravene i 2010 og generelle miljøkrav til busser i København. Reduktionen i udstødningen er 16% i forhold til udstødningen fra alle køretøjskategorier for H.C. Andersens Boulevard i 2010. Den gennemsnitlige effekt for luftkvaliteten af PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> er omkring 0,2 µg/m<sup>3</sup> for alle gaderne i alle miljøzonebyerne i 2010, og den maksimale effekt er op til 0,7 µg/m<sup>3</sup>. Dette svarer til en gennemsnitlig reduktion i gadekoncentrationen af PM<sub>2,5</sub> på 1,5% og på 1% for PM<sub>10</sub>.

Selvom miljøzonekravene ikke er målrettet reduktion af NO<sub>x</sub> emission har de alligevel en reducerende effekt for NO<sub>x</sub>-emissionen. For H.C. Andersens Boulevard reduceres NO<sub>x</sub>-emissionen med omkring 17% for mindre lastbiler (<32t) og 8% for store lastbiler (>32t) samt 40% for busser som følge af miljøzonekravene i 2010 pga. skift fra ældre til nyere tunge køretøjer (lastbiler og busser). Samlet reduceres NO<sub>x</sub>-emissionen med 25% for de tunge køretøjer. Den samlede reduktion i NO<sub>x</sub>-emissionen er 8% for alle køretøjsgrupper under ét. Reduktionen på 40% i NO<sub>x</sub>-emissionen for busser er ikke kun styret af miljøzonekrav, men også af udbudskrav til busdrift, som beskrevet ovenfor. Den beregnede reduktion i NO<sub>2</sub>-koncentrationen er omkring 1 µg/m<sup>3</sup> for H.C. Andersens Boulevard og Jagtvej i København, 4 µg/m<sup>3</sup> for Banegårdsvej i Aarhus, 2 µg/m<sup>3</sup> for Albanigade i Odense, og 3 µg/m<sup>3</sup> for Vesterbro i Aalborg. Den procentvise effekt af miljøzonerne i 2010 er reduktioner på hhv. 4% for HCAB og 3% for Jagtvej i København, 11% for Banegårdsvej i Aarhus, 4% for Albanigade i Odense og 7% for Vesterbro i Aalborg. Forskellene skyldes primært forskellige andele af tung trafik, som er den del af trafikken, der påvirkes af miljøzonereglerne.

I København reducerer miljøzonen endvidere antallet af overskridelser af NO<sub>2</sub>-grænseværdien fra 47 til 29 overskridelser i 2010 ud af de 138 udvalgte gader, som der blev gennemført modelberegninger for.

Miljøzonens effekt svarer til at fremskynde Euronormer til ikrafttræden nogle år tidligere end ellers. Effekten af miljøzonen ebber derfor ud med årene. Der er stadigvæk en mindre effekt af miljøzonen i 2015, men i 2020 er der kun marginal forskel på situationen uden miljøzone og situationen med miljøzone. Der er derfor behov for at skærpe miljøzonen, hvis der fortsat ønskes en effekt af miljøzoner som virkemiddel.

### Forventet effekt af fremtidige miljøzoner i 2022-2025

I maj 2019 vedtog Folketinget skærpede miljøzoner gældende for de samme kommuner, som er omfattet i dag.

Stramningen af miljøzonerne for dieselskøretøjer falder i tre trin:

Fra 1. juli 2020:

Busser og lastbiler skal opfylde Euro 5, dvs. være indregistreret den 1. oktober 2009 eller være nyere.

Varebiler skal opfylde Euro 4, dvs. være indregistreret den 1. januar 2007 eller være nyere.

Fra 1. juli 2022:

Busser og lastbiler skal opfylde Euro 6, dvs. være indregistreret den 1. januar 2014 eller være nyere

Varebiler skal opfylde Euro 5, dvs. være indregistreret den 1. januar 2012 eller være nyere.

Fra 1. juli 2025:

Varebiler skal opfylde Euro 6, dvs. være indregistreret den 1. september 2016 eller være nyere.

I forhold til de tidligere miljøzoner skærpes kravene til lastbiler og busser fra Euro 4 til Euro 5 i 2020 og Euro 6 i 2022. Som noget nyt stilles der også krav til varebiler med Euro 4 i 2020, Euro 5 i 2022 og Euro 6 i 2025.

Forud for lovens vedtagelse gennemførte Miljø- og Fødevarerministeriet en effektivvurdering af fem scenarier for skærpede miljøzoner (Jensen et al., 2018b).

Tabel 9.1 opsummerer miljøkravene i de fem scenarier. Grøn indikerer, at den pågældende køretøjsgruppe og emissionsklasse må køre i miljøzonen, mens rød indikerer et forbud. Kravene gælder kun dieselskøretøjer.

I scenarierne er der mulighed for at opfylde miljøzonekravene ved eftermontering af partikelfilter (Diesel Particulate Filter - DPF) og i nogle tilfælde desuden med SCR (Selective Catalytic Reduction). Eftermontering vurderes ikke at være økonomisk attraktivt i de fleste tilfælde, men vil være effektivt miljømæssigt set i de tilfælde, det vil ske. I beregningerne er det antaget, at der ikke sker eftermontering.

**Tabel 9.1.** Fem scenarier for skærpede miljøzoner.

Brændstof	Køretøjstype	Euroklasse	Model A 2022	Model B 2022	Model C 2022	Model D 2022	Model E 2022
Diesel	Personbil	Euro <=4	Undtagen med DPF	Undtagen med DPF			
Diesel	Personbil	Euro 5		Undtagen med DPF			
Diesel	Personbil	Euro 6					
Benzin	Personbil	Euro <=6					
Diesel	Varebil	Euro <=3	Undtagen med DPF	Undtagen med DPF		Undtagen med DPF	Undtagen med DPF
Diesel	Varebil	Euro 4	Undtagen med DPF	Undtagen med DPF		Undtagen med DPF	Undtagen med DPF
Diesel	Varebil	Euro 5		Undtagen med DPF			Undtagen med DPF
Diesel	Varebil	Euro 6					
Benzin	Varebil	Euro <=6					
Diesel	Lastbil og bus	Euro <=IV	Undtagen med DPF	Undtagen med DPF	Undtagen med DPF og SCR	Undtagen med DPF og SCR	Undtagen med DPF og SCR
Diesel	Lastbil og bus	Euro V		Undtagen med DPF	Undtagen med DPF og SCR	Undtagen med DPF og SCR	Undtagen med DPF og SCR
Diesel	Lastbil og bus	Euro VI					



De fem scenarier viser i forhold til referencen i 2022, at det scenarie, der kun omfatter tunge køretøjer har begrænset miljøeffekt, og at de største reduktioner i emissioner og luftkoncentrationer opnås ved at indføre skærpede krav for både lette og tunge dieselskøretøjer t.o.m. Euro 5. Scenarie B har derfor den største miljøeffekt, da lette og tunge dieselskøretøjer t.o.m Euro 5 er forbudt i dette scenarie. Lette køretøjer er person- og varebiler og tunge er lastbiler og busser.

Tabel 9.2 opsummerer effekten for emissionen ved de forskellige scenarier i 2022 set i forhold til referencen i 2022.

**Tabel 9.2.** Procentvis ændring i emissionen for de enkelte scenarier i 2022 i forhold til referencen i 2022.

Scenarie	NO <sub>x</sub>	PM	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>
		Udstødning	Ikke-udstødning	Ikke-udstødning	Total	Total
Reference 2022	0	0	0	0	0	0
Scenarie A	-4	-59	0	0	-19	-12
Scenarie B	-21	-64	0	0	-20	-13
Scenarie C	-5	-4	0	0	-1	-1
Scenarie D	-5	-25	0	0	-8	-5
Scenarie E	-11	-25	0	0	-8	-5

Som det fremgår af ovenstående er der ikke præcist regnet på det vedtagne lovforslag for skærpede miljøzoner, men effekten af lovforslaget vurderes at være tæt på scenarie D og E.

Det fremgår også, at den største effekt fås ved også at inddrage krav til personbiler (scenarie B), hvilket ikke er tilfældet i den vedtagne miljøzone lov. Såfremt der også stilles krav om Euro 6 for personbiler vil effekten af miljøzonen blive omkring dobbelt så høj som den vedtagne miljøzone, da reduktionen af partikeludstødning vil stige fra 25% reduktion til 64% reduktion og reduktionen i NO<sub>x</sub>-emission fra 5-11% til 21%.

Hvis der stilles krav om at dieselpersonbiler skal være Euro 6 i 2022 vil det betyde at personbiler ældre end omkring 7 år ikke kunne køre i miljøzonen, da Euro 6 personbiler skal være indregistreret den 1. september 2015 eller nyere.

Frederiksberg Kommune har i et høringssvar til lovforslaget udtrykt ønske om at overveje en hurtigere indfasning af Euronorm 5 varebiler samt at miljøzone udvides til også at omfatte krav til personbiler (Frederiksberg Kommune, 2019).

### Forslag

Det foreslås, at Frederiksberg Kommune arbejder for at få miljøzonen loven skærpet, så der opnås en større miljømæssig effekt.

For det første foreslås det, at der stilles krav om at dieselpersonbiler skal være Euro 6 i 2022. Det betyder, at dieselpersonbiler skal være indregistreret efter 1. september 2015 for at kunne køre i miljøzonen, og det vil således udelukke biler ældre end omkring 7 år i 2022.

For det andet foreslås det, at stille krav om at varebiler hurtigere skal opfylde skærpede krav. Det kunne være Euro 5 i 2020 og Euro 6 i 2022. Hvis der stilles

krav om at dieselvarebiler skal være Euro 6 i 2022 vil det betyde at varebiler ældre end omkring 6 år ikke kunne køre i miljøzonen, da Euro 6 varebiler skal være indregistreret den 1. september 2016 eller nyere.

Ovenstående vil kræve en ændring af miljøzonenloven.

Da Frederiksberg Kommune er omkranset af Københavns Kommune giver det mening at have samme krav i begge kommuner.

### **Eksempler på miljøzoner i udlandet**

Miljøzoner er et udbredt anvendt virkemiddel i Europa, som antager forskellige geografiske størrelser og forskellige krav i forhold til køretøjsgrupper, emissionskrav mv. Der er omkring 200 miljøzoner i 11 europæiske lande (Sadler Consultants, 2010; <http://urbanaccessregulations.eu/>). I det følgende beskrives miljøzoner i London og Sverige.

#### *Ultra Low Emission Zone i London i 2019*

I London blev der indført en såkaldt Ultra Low Emission Zone (ULEZ) for samme geografiske område som den eksisterende trængselsring (Congestion Charging Zone) med ikrafttræden den 8. april 2019 (Transport of London, 2017). Dette er en skærpelse af de eksisterende miljøzonekrav.

Miljøzonen i 2019 stiller krav til alle køretøjsgrupper:

- Euro 3 for motorcykler, knallerter mv.
- Euro 4 for benzindrevne person- og varebiler, minibusser og andre special køretøjer
- Euro 6 for dieseldrevne person- og varebiler, minibusser og andre special køretøjer
- Euro VI for lastbiler, bybusser og turistbusser og andre tunge special køretøjer

Der er særlig regulering for taxi, som sker gennem licenser. Fra 1. januar 2018 skal en taxi, som første gang får en licens, være en nuludslipbil (Zero Emission Capable taxi, ZEC). Kravene er en rækkevidde med nuludslip på mindst 32 km og maksimalt 75 g/km CO<sub>2</sub>. Dette er i praksis elbiler eller plug-in hybridbiler på benzin. Hybridbiler skal opfylde seneste Euro-standard, og diesel er ikke tilladt. Programmet indeholder også tilskud til køb af ZEC taxi og støtte til udbygning af ladeinfrastruktur, som også er støttet af staten. Endvidere er der støtte til at konvertere eksisterende licenser til ZEC taxi. Limousine service mv. er underlagt samme krav, men de skal først opfyldes senere.

Betaling for at køre ind over trængselsringen er baseret på nummerpladegenkendelse, og man betaler en afgift, hvis man kører ind i miljøzonen uden at opfylde kravene, ligesom man får en afgift, hvis man ikke betaler for at krydse trængselsringen.

I og med at miljøzonen i London stiller krav om Euro 6 for alle dieselskøretøjer allerede i 2019 samt indfører nuludslipstaxi, vil det være Europas skarpeste vedtagne miljøzoner, og vil også resultere i en stor reduktion af emissionen fra trafikken.

### Skærpede miljøzoner i Sverige

Ligesom de tidligere danske miljøzoner stillede de tidligere svenske miljøzoner også kun krav til tunge køretøjer. De tidligere svenske regler er en kombination af alderskrav og Euronormer, og er dynamisk indrettede, så kravene skærpes over tid. Indtil 2009 skulle tunge køretøjer være yngre end 6 år, og hvis de var 6-8 år skulle de mindst være Euro 2. Fra 2009 skulle de være yngre end 6 år, og hvis de var 6-8 år, skulle de mindst være Euro 3. Euro 4 er tilladt indtil 2016 og Euro 5/EEV indtil 2020, herefter Euro 6 fra 2021.

Den svenske regering gav i april 2019 kommunerne mulighed for at introducere tre forskellige miljøzoner, som stiller forskellige miljøkrav, se Tabel 9.3 (Svenske regering, 2019).

**Tabel 9.3.** Emissionskrav i 3 forskellige klasser af miljøzoner i Sverige.

Miljøzone	Person- og varebiler	Lastbiler og busser
Klasse 1	Ingen krav til person- og varebiler. Fra 1. januar 2020: Skal være Euro 5 eller bedre.	Som hidtidige miljøzoneregler.
Klasse 2	Fra 1. juli 2022: Skal være Euro 6.  Eurokravene gælder også for hybridbiler, opladningshybridbiler, gasbiler og E85 biler.  Elbiler og brændselscellebiler har adgang.	Klasse 2 inkl. ikke krav til tunge køretøjer.
Klasse 3	Kun elbiler og brændselscellebiler har adgang samt Euro 6 gasbiler.	Kun elkøretøjer og brændselscellekøretøjer har adgang samt Euro 6 gaskøretøjer og Euro 6 opladningshybridkøretøjer.

De hidtidige miljøzoner (klasse 1) er allerede gældende i 8 byer. Indtil videre er det kun Stockholm, som har indført klasse 2, og kun for en 2,5 km lang vejstrækning på Hornsgatan gennem Stockholm.

Den svenske Transportstyrelse havde forud for de ændrede miljøzonekrav gennemført en analyse med forslag til nye miljøzoneklasser for lette køretøjer (Transportstyrelsen, 2016).

### Forslag

Frederiksberg Kommune kunne overveje at arbejde for at kommunerne i Danmark fik mulighed for at indføre miljøzoner, som stiller krav om udelukkende el- og brændselscellekøretøjer i lighed med miljøzoneklasse 3 i Sverige.

## 9.2 Entreprenør- og arbejdsmaskiner

Kategorien "Maskiner og redskaber i industri – inklusiv ikke-vejgående maskiner" (SNAP0808) indeholder bl.a. entreprenør- og arbejdsmaskiner, og udgør en betydelig kilde. Det er den anden største NO<sub>x</sub>-kilde og den femte største partikelkilde blandt emissionskilder i Frederiksberg Kommune (Jensen et al., 2019b). Der er en vis usikkerhed på netop denne emissionskategori, da Frederiksberg Kommune har en meget lille udstrækning, og emissionerne er fordelt ud fra den nationale emissionsopgørelse på baggrund af forskellige geografiske fordelingsnøgler.

### **Forslag**

Frederiksberg Kommune undersøger muligheden for at stille udbuds krav om enten Stage IIIB eller nyere emissionsnorm eller elektrisk drift for entreprenør- og arbejdsmaskiner, som benyttes ved nybyggeri eller større renovering af byggeri af kommunens egne bygninger.

Frederiksberg Kommune undersøger muligheden indenfor eksisterende miljøbeskyttelseslov at skærpe eksisterende vejledning og forskrift om miljøforhold ved bygge- og anlægsarbejder (Frederiksberg Kommune, 2013), således at der bliver et formelt krav om enten Euro 6 eller elektrisk drift for entreprenør- og arbejdsmaskiner i forbindelse med alt byggeri både privat og offentligt.

Krav om mindst Stage IIIB emissionsnorm for på entreprenør- og arbejdsmaskiner vil reducere luftforureningen kraftig, mens eldrift helt vil fjerne den samtidig med at støj også reduceres og udledninger af drivhusgasser reduceres.

Man kan også forstille sig, at en skærpet statslig miljøzonestrategi stillede krav til entreprenør- og arbejdsmaskiner.

### **9.3 Trængselsringen**

Ideen med en trængselsring er, at man skal betale for at køre ind i et afgrænset geografisk område, hvor der er et ønske om at begrænse trafikken og dermed skabe mindre trængsel og mindre forurening. Betalingen vil typisk gå til investeringer i forbedring af infrastrukturen og fremme af kollektiv trafik. Betalingen kan fx være forskellig i tid fx myldretid/ikke myldretid. Betalingen kan i princippet også differentieres efter fx Euronorm, så mere forurenende køretøjer betaler mere end mindre forurenende køretøjer. Trængselsringe og -afgifter kendes fx for Stockholm og London, hvor de begge steder er baseret på kamaraer med automatisk nummerpladegenkendelse i tilknytning til miljøzoner. I lighed med miljøzonestrategien kræves der en ny lov om trængselsring for, at dette virkemiddel kan benyttes.

Betalingsringen, som senere blev omdøbt til trængselsringen var en del af den tidligere S-R-SF regerings regeringsgrundlag (Regeringen, 2011).

DCE gennemførte en effektvurdering af den foreslåede trængselsring (Jensen et al., 2012b). Rapporten beskriver en luftkvalitetsvurdering af alternative forslag til en trængselsafgift i København. Luftkvalitetsvurderingen omfatter en beskrivelse af konsekvenserne for emission og luftkvalitet.

Alternative forslag til en trængselsafgift vurderes i forhold til et referencescenario uden en trængselsafgift. Der er undersøgt 4 alternative forslag til placering af en trængselsafgift:

- Ring 2
- Københavns Kommunegrænse
- Københavns Kommunegrænse og Amager
- Motorring 3.

Hvordan trafikken bliver påvirket af den geografiske udstrækning af de forskellige forslag til trængselsafgifter og tilhørende takststruktur, er modelleret

med OTM trafikmodellen (Ørestadstrafikmodellen) af konsulentfirmaet Tetraplan.

Der blev foretaget modelberegninger af emission og luftkvalitet for 2016 for referencescenariet og for fire forslag til placering af trængselsafgifter. Luftkvaliteten er beregnet for 138 gader i Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune.

Afhængig af scenarie reducerede trængselsringe trafikken med 13-25% i København, men havde også en reducerende effekt på trafikken uden for trængselsringen.

Scenariet afgrænset ved kommunegrænsen for Københavns Kommune plus Amager, nedsætter emissionerne med 10-15% i Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune og i hele Hovedstadsområdet reduceres emissionerne med 4-6%. Scenariet afgrænset ved kommunegrænsen for Københavns Kommune nedsætter emissionerne med 10-19% i Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune og i hele Hovedstadsområdet reduceres emissionerne med 4-6%.

Ring 2 scenariet nedsætter emissionerne med 10-24% i Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune og i hele Hovedstadsområdet reduceres emissionerne med 3-4%.

Motoring 3 scenariet nedsætter emissionerne med 5-10% i Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune og i hele Hovedstadsområdet reduceres emissionerne med 5-7%.

Det ses, at der er en tendens til, at den største reduktion i emissionerne i Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune opnås jo tættere trængselsafgiften placeres på Københavns centrum. Omvendt vil en trængselsafgift afgrænset ved Motoring 3 medføre, at trafikarbejdet, og dermed emissionen, ikke bliver reduceret så meget, da der vil være meget intern trafik inden for Motoring 3, som ikke er påvirket af trængselsafgifterne. Den modsatte tendens ses for reduktionen i de samlede emissioner for hele Hovedstadsområdet, hvor de samlede emissioner bliver mindre jo tættere trængselsafgiften placeres på Københavns Centrum, hvilket vil medføre en stor lokal effekt, men at mindre trafik samlet set bliver påvirket af trængselsafgifterne.

Nedenfor er de faktorer, som har betydning for emissionen opsummeret i forhold til de trafikale forhold, som bliver påvirket af en trængselsafgift:

*Effekten af trængselsafgifter på trafikarbejdet.* En trængselsafgift giver mindre vejtrafik som - alt andet lige - vil give mindre emission.

*Effekten af trængselsafgifter på forskellige køretøjsgrupper.* De forskellige køretøjsgrupper har forskellig emission pr. kørt km, således at tunge køretøjer (lastbiler og busser) og varebiler har højere emissioner end personbiler. En trængselsafgift reducerer mest personbiltrafikken, da den er mest prisfølsom, og emissionsreduktionen bliver derfor mindre end den procentvise reduktion i trafikken som helhed.

*Effekten af trængselsafgiften på trafikens døgnvariation.* Emissionen er højest i morgen- og eftermiddagsmyldretiderne, da trafikken er højest her, samtidig

med at hastighederne er reduceret pga. trængsel. Da taksterne er højest i myldretiden, er det også i disse perioder, at der opnås den største reduktion i trafikken, emissionen og koncentrationen ved trængselsafgifterne. Det er samtidig denne periode, hvor flest cyklende og gående færdes, hvilket alt andet lige, vil reducere deres eksponering.

Den gennemsnitlige NO<sub>2</sub>-gadekoncentration for de 138 gader reduceres med 0,9-2,0 µg/m<sup>3</sup> (3-7%) i alternativerne i 2016. Reduktionen i NO<sub>2</sub>-gennemsnitskoncentrationerne er 0,5-0,9 µg/m<sup>3</sup> (4-6% i forhold til gennemsnitskoncentration) i 2016.

Den procentvise reduktion i NO<sub>2</sub>-koncentrationen er mindre end den procentvise reduktion i NO<sub>x</sub>-emissionen, da det regionale baggrundsniveau er konstant, og ikke er påvirket af et lokalt tiltag som trængselsafgifter. Endvidere er der ikke en lineær sammenhæng mellem reduktion i NO<sub>x</sub>-emission og NO<sub>2</sub>-koncentration, da dannelse af NO<sub>2</sub> er begrænset af tilstedeværelsen af ozon.

Antallet af overskridelser af NO<sub>2</sub>-grænseværdien er 11 i referencesituationen i 2016 ud af 138 gader. NO<sub>2</sub>-grænseværdien er 40 µg/m<sup>3</sup> og skal være overholdt i 2010. De forskellige forslag til trængselsafgifter reducerer antallet af overskridelser fra 11 til 5-7 afhængig af alternativ.

Den gennemsnitlige PM<sub>10</sub>-gadekoncentration for de 138 gader reduceres med 0,4-0,8 µg/m<sup>3</sup> (2-3%) i alternativerne. Reduktionen i PM<sub>10</sub>-gennemsnitskoncentrationerne er 0,1-0,2 µg/m<sup>3</sup> (0,5-1% i forhold til gennemsnitskoncentrationen). Den procentvise reduktion i PM<sub>10</sub>-koncentrationen er mindre end den procentvise reduktion i PM<sub>10</sub>-emissionen, da det regionale baggrundsniveau er konstant og dominerende i forhold til det lokale bidrag.

Trængselsringen blev som bekendt ikke til noget. I forlængelse heraf blev der nedsat en Trængselskommission, som kom med en lang række forslag til nedsættelse af trængslen i hovedstadsområdet (Trængselskommissionen, 2013).

### **Forslag**

Etablering af en trængselsring vil kræve et lovgrundlag, og en trængselsring giver kun mening sammen med Københavns Kommune.

Frederiksberg Kommune kan overveje at arbejde for en trængselsring i København.

Såfremt et nationalt road pricing system blev gennemført ville dette erstatte en trængselsring. En trængselsring kan derfor ses som en overgang til et nationalt road pricing system. Road pricing beskrives i næste afsnit.

## **9.4 Road pricing**

Road pricing på dansk er kørselsafgifter, vejafgifter eller vejbenyttelsesafgifter, hvor der betales for at benytte vejene, og betalingen kan variere i sted og tid i et landsdækkende system. Kørselsafgifterne vil formentlig blive baseret på et satellitbaseret GPS-system med en enhed i det enkelte køretøj, der måler præcist, hvor, og hvor langt, bilen kører, således at afgiften kan afregnes pr. kørt kilometer og evt. yderligere differentieres i tid og sted. I forhold til en trængselsring er road pricing ikke afgrænset til et mindre geografisk område, og betalingen er ikke baseret på at krydse en grænse men på kørte km. Flere lande i Europa, herunder Tyskland har allerede et GPS baseret road pricing system for lastbiler.

Den daværende V-K Regering i 2008 havde road pricing som mål. Rapporten "Bæredygtig transport – bedre infrastruktur" (Regeringen, 2008) annoncerede et lovforslag i 2009-2010 om road pricing. I denne rapport forventes road pricing at omfatte lastbiler fra 2011 og personbiler fra 2015, dog således at indførelsen ville ske over en årrække for personbiler. Som bekendt blev det aldrig besluttet politisk at indføre road pricing i Danmark.

I 2010 udarbejdede det daværende Danmarks Miljøundersøgelser (nu DCE) en rapport for Miljøstyrelsen om road pricing og luftforurening (Jensen et al., 2010). Rapporten skulle bidrage til at styrke det faglige grundlag for at kunne reducere luftforureningens konsekvenser for folkesundheden igennem den måde, som prisstrukturen for road pricing indrettes på. Der er gennemført en analyse af, hvordan prisstrukturen kan differentieres i sted og tid, således at prisstrukturen afspejler luftkvalitet, befolkningseksponering og eksternalitetsomkostninger i forskellige geografiske områder (forskellige bystørrelser og landområder) og over døgnet (myldretid kontra uden for myldretid). Resultaterne gennemgås i det følgende.

En litteraturgennemgang viste, at den forventede trafikale effekt af road pricing afhænger af størrelsen af kørselsafgiften, og at trafikarbejdet reduceres med 7-13% med de foreslåede kørselsafgifter. Road pricing begrænser særligt personbiltrafikken, og har mindre effekt på vare- og lastbiltrafikken. Et enkelt studie har modelleret den trafikale effekt af trængselsafgifter, hvor trafikken reduceres med hhv. 12% og 5,5% i morgen- og eftermiddagsmyldretiderne, og dermed 7,8% over hele perioden.

Luftforureningen vil blive reduceret såfremt trafikmængden reduceres.

Studierne har ikke rapporteret om effekten for hastigheden, men den vurderes at være beskeden bortset fra, at hastigheden kan hæves i myldretiderne i områder med trængsel. Rejsehastigheden har også betydning for luftforureningen, idet lave hastigheder med fx "stop-and-go" trafik giver høje emissioner, ligesom høje hastigheder gør. De mindste emissioner pr. kørt km er ved hastigheder på 50-70 km/t. Stillestående køtrafik, hvor motorerne er i tomgang, og "stop-and-go" trafik giver høje emissioner pr. kørt km. Såfremt road pricing kan bidrage til at reducere disse typer trafiksituationer, vil det have en positiv effekt for luftforureningen lokalt.

Køretøjs sammensætningen har også betydning for luftforurening, idet fx tunge køretøjer (lastbiler og busser) forurener mere pr. kørt km end lette køretøjer (person- og varebiler). Da road pricing primært påvirker personbiltrafikken betyder dette, at effekten på luftkvaliteten ikke slår så stærkt igennem.

Beregninger viser, at der ikke ser ud til at være større gevinster for luftkvaliteten ved mindre forskydninger i trafikken væk fra myldretiderne i situationer, hvor der ikke er trængselsproblemer.

### **Forslag**

Etablering af road pricing vil kræve et lovgrundlag, og road pricing forventes at blive et nationalt system, hvis det indføres. Sandsynligheden for at der kommer et road pricing system på sigt er blevet større, da det er en af metoderne til at kompensere for faldende registreringsafgifter, hvis en grøn omstilling af vejtransportsektoren fritager eller kraftigt reducerer registreringsafgifter på biler.

Kørselsafgifterne vil sandsynligvis blive differentieret afhængig af tidspunkt på døgnet og ugedag for at reducere trængsel i myldretiden. Endvidere kunne de differentieres afhængig befolkningstæthed for at afspejle, at en kørt km i en by har større ekstern omkostning end en kørt km på landet.

Frederiksberg Kommune kan overveje at arbejde for et road pricing system, som både differentierer kørselsafgifterne i tid og sted.

## 9.5 Parkeringsafgifter afhængig af Euronorm

Frederiksberg Kommune differentierer beboerlicenser til parkering efter energiklasse, således at biler, som kører langt på literne (A+, A++, A+++) får rabat, og elbiler og hybridbiler betaler ingenting (Frederiksberg Kommune, 2019), se Tabel 9.4.

**Tabel 9.4.** Pris for beboerlicens til parkering i Frederiksberg Kommune, pr. 1.12.2020

Licenstyper	Pris i kr.
Erhvervslicens pr. år	1.265
Beboer med lånt/lejet bil pr. uge	90
Beboerlicens Leaset/Enebrugererklæring pr. år afh. af miljøklasse	160/290
Beboer med firmabil pr. måned	500
By- og delebillicens pr. år	160
El- og hybridbillicens pr. år	0
Pendlerlicens pr. måned	500
Pendlerlicens pr. dag	40
Beboerlicens A-G pr. år	290
Beboerlicens A+ - A+++ pr. år	160
Fleksibel beboerlicens pr. måned afhængig af energi klasse	75/40

Københavns Kommune differentierer ligeledes beboerlicenser efter energiklasse, hvor el- og brintbiler samt A+, A++, A+++ får meget stor rabat (Københavns Kommune (2019b)), og priserne er langt højere end i Frederiksberg Kommune.

### Forslag

#### *Beboerlicens*

Differentiering af beboerlicens efter energiklasse vægter kun energiforbrug og dermed reduktion af drivhusgasser. Ud fra et luftforureningsperspektiv bør Frederiksberg Kommune overveje om beboerlicensen også kunne afspejle Euro-emissionsklasse med rabat til især Euro 6, Euro 6d-TEMP og Euro 6d samt bibeholde at nuludslipbiler ikke betaler beboerlicens.

#### *Parkeringsafgift*

Frederiksberg Kommune kunne arbejde for, at vejloven blev ændret, således at det blev muligt at tilbyde gratis parkering til elbiler på p-plaser med lade-station. I dag skal elbiler betale for at holde på sådanne pladser, hvis ejeren ikke har beboerlicens.



## 10 Brændeovne

I dette kapitel beskrives potentialet for reduktion af emissioner fra brændeovne mv. i Frederiksberg Kommune og endvidere potentialet for forbedring af luftkvaliteten. Den hidtidige regulering af brændeovne opsummeres. Derefter beskrives mulige virkemidler inden for følgende områder med forslag til, hvad kommunen kunne bidrage med: kampagner, kommunal skrotningsordning, krav om partikelfilter, forbud mod brændeovne og afgifter samt skærpet miljøtilsyn med brændeovne.

### 10.1 Emissionspotentiale

I det følgende opsummeres resultaterne for kortlægningsrapporten (Jensen et al., 2019b) vedr. emissioner fra brændefyring i Frederiksberg Kommune i 2017, som er seneste opgjorte emissionsår.

Brændeovne og pillefyr mv. (SNAP0202) er den største lokale kilde til partikelforurening i Frederiksberg Kommune (46%). Partikelemissionen fra brændeovne mv. (46%) er omkring dobbelt så stor som partikelemissionen for vejtransporten (24%). Brændeovne er ikke så stor en kilde til NO<sub>x</sub>-emission (3%), hvor den største kilde er vejtransport (SNAP07) (82%). Der er en vis usikkerhed på størrelserne i emissionsopgørelsen, da Frederiksberg Kommune har en meget lille i udstrækning, og emissionerne er fordelt ud fra den nationale emissionsopgørelse på baggrund af forskellige geografiske fordelingsnøgler. Dette rykker dog ikke ved, at brændefyringsanlæg er den største kilde til partikler, og at vejtransporten er den største kilde til NO<sub>x</sub>.

I det følgende gøres der rede for emissionen fra brændefyring fordelt på forskellige anlægstyper og deres emissioner.

#### Brændefyringsanlæg i Frederiksberg Kommune

I Tabel 10.1 er vist den seneste oversigt over antal brændeovne i Frederiksberg Kommune baseret på de nyeste skorstensfejerdata, hvor de enkelte anlæg er stedbestemt.

**Tabel 10.1.** Fordeling af brændefyringsanlæg i Frederiksberg Kommune baseret på skorstensfejerdata.

	Brænde kedel	Brændeovn	Pillefyr	Andet, træ*	Total
Frederiksberg Kommune (antal)	13	1.124	0	520	1.657
Frederiksberg Kommune (%)	1%	68%	0%	31%	100%

\* Andet, træ er 11 forskellige anlægstyper, fx flisfyr, pejs, masseovn, pizzaovn mv.

Der er således 1.657 brændefyringsanlæg i Frederiksberg Kommune, hvoraf hovedparten er brændeovne.

Skorstensfejerdata indeholder desværre ikke oplysninger om anlægstype, så det er ikke muligt at bestemme fordelingen på anlægstyper for Frederiksberg Kommune. I stedet antages det, at det fordeler sig som på landsplan.

#### Fordeling af brændefyringsanlæg på anlægstyper

I Tabel 10.2 er antallet af forskellige typer af brændeovne/kedler/pillefyr vist for hele Danmark fra den seneste tilgængelige nationale emissionsopgørelse for 2017.

Som det fremgår, er der omkring 911.000 brændefyringsanlæg, hvoraf omkring 672.000 er brændeovne, 122.000 pillefyr, omkring 68.000 kedler og 49.000 andre ovne.

**Tabel 10.2.** Antal af forskellige typer af brændeovne mv. i 2017 i Danmark baseret på den nationale emissionsopgørelse.

Anlægstype	Beskrivelse	Antal
Gammel ovn	Før 1990	47.417
Nyere ovn	DS mærket 1990-2005	329.500
Moderne ovn (2008-2015)	Efter brændeovnsbekendtgørelse i 2008	64.000
Moderne ovn (2015-2017)	Efter brændeovnsbekendtgørelse i 2015	4.000
Moderne ovn (2017-)	Efter brændeovnsbekendtgørelse i 2017	2.000
Ny moderne ovn (-2015)	Svanemærket indtil 2015	171.000
Ny moderne ovn (2015-)	Svanemærket fra 2015	54.000
Anden ovn	Fx pejse og masseovne	48.725
GI kedel med akkumuleringstank	Før 1980	0
GI kedel uden akkumuleringstank	Før 1980	0
Ny kedel med akkumuleringstank	Efter 1980	51.781
Ny kedel uden akkumuleringstank	Efter 1980	16.057
Pillekedel/ovn*		122.260
I alt		910.740
Heraf brændeovne	(74%)	671.917
Heraf anden ovn	(5%)	48.725
Heraf kedler	(7%)	67.838
Heraf pillefyr	(14%)	122.260

<sup>a</sup> Emissioner for pillefyr beregnes ud fra det samlede forbrug af træpiller og ikke ud fra antal pillefyr. Antal pillefyr er fra nyeste opgørelse fra skorstenfejlerregistre.

Sammenlignes den nationale fordeling på brændefyringsanlæg med fordelingen i Frederiksberg Kommune ses, at Frederiksberg Kommune har meget få kedler og pillefyr (1%) i forhold til landplan (21%), mens der er flere andre ovne (31%) mod landplan (5%). Den procentvise fordeling af brændeovne er omtrent den samme med 68% i Frederiksberg Kommune og 74% på landsplan.

#### Emissioner fra anlægstyper

I Tabel 10.3 vises energiforbruget samt NO<sub>x</sub>- og PM<sub>2,5</sub>-emissionen i 2017 fra brændefyring i Danmark baseret på dataudtræk fra den nationale emissionsopgørelse underopdelt på forskellige anlægstyper. Endvidere er vist de anvendte emissionsfaktorer. Emissionsfaktoren angiver hvor mange gram forurening, der udsendes pr. energienhed indfyret brændsel.

**Tabel 10.3.** Energiforbrug, NO<sub>x</sub>-emission og PM<sub>2,5</sub>-emission fra brændeovne mv. i 2017 i Danmark baseret på den nationale emissionsopgørelse.

Anlægstype	Beskrivelse	Træforbrug (TJ=1000 GJ)	NO <sub>x</sub> (tons)	PM <sub>2,5</sub> (tons)	NO <sub>x</sub> (g/GJ)	PM <sub>2,5</sub> (g/GJ)
Gammel ovn	Før 1990	1.123	56	1.045	50	930
Nyere ovn	DS mærket 1990-2005	7.806	390	5.777	50	740
Moderne ovn (2008-2015)	Efter brændeovnsbekendtgørelse i 2008	1.516	121	780	80	514
Moderne ovn (2015-2017)	Efter brændeovnsbekendtgørelse i 2015	95	8	24	80	257
Moderne ovn (2017-)	Efter brændeovnsbekendtgørelse i 2017	47	4	10	80	205
Ny moderne ovn (-2015)	Svanemærket indtil 2015	4.051	385	836	95	206
Ny moderne ovn (2015-)	Svanemærket fra 2015	1.279	122	199	95	155
Anden ovn	Fx pejse og masseovne	955	48	707	50	740
GI kedel med akkumuleringstank	Før 1980	0	0	0	80	900
GI kedel uden akkumuleringstank	Før 1980	0	0	0	80	1.800
Ny kedel med akkumuleringstank	Efter 1980	6.344	603	1.310	95	206
Ny kedel uden akkumuleringstank	Efter 1980	1.967	187	812	95	413
Pillekedel/ovn*		14.622	1.170	424	80	29
I alt		39.808	3.093	11.923		

Der er forskellige anlægstyper: Brændeovne, anden ovn (fx pejse), kedler med/uden akkumuleringstank til varmt vand samt pillekedler/ovne. Den sidste kategori fyres med træpiller, og de andre med brændestykker.

Anlægstyperne er bl.a. inddelt efter, hvilken regulering de modsvarer, herunder om de er Svanemærkede.

Bemærk den relativt store forskel på emissionsfaktorer (g/GJ) for partikler afhængig af anlægstype, hvor ældre ovne har langt højere emissionsfaktorer end nyere ovne. Pillekedel/ovn har den lavest emissionsfaktor for partikler.

Der er ikke så stor forskel på emissionsfaktorer for NO<sub>x</sub>, og her gælder det omvendte af partikler, idet de ældre ovne har lavere NO<sub>x</sub>-emissioner end de nye. Dette formodes at skyldes, at de nyere ovne forbrænder med lidt højere temperaturer, og dannelse af NO<sub>x</sub> ud fra luftens indhold af frit kvælstof er afhængig af forbrændingstemperaturen.

Som det fremgår, er der generelt en reduktion i partikelemmissionen ved at skifte fra ældre til nyere ovne, mens NO<sub>x</sub>-emissionen øges lidt.

Til sammenligning med andre individuelle opvarmingskilder er emissionsfaktoren for partikler for oliefyr på 5 g/GJ og for naturgasfyr på 0,1 g/GJ baseret på anvendte emissionsfaktorer i den nationale emissionsopgørelse. Dette er således mange gange lavere end selv Svanemærkede brændeovne og også pillekedel/ovn.

I Tabel 10.4 vises emissionsfaktorer for kollektiv varmforsyning.

Emissionsfaktorer for kollektiv varmforsyning, hvor træpiller anvendes på kraftværk, er på linje med individuelt oliefyr (5 g/GJ) for partikeludledning. På træpillefyrede fjernvarmeværker er partikeludledningen lidt højere (10

g/GJ) end for individuelle oliefyr. Dette er stadigvæk væsentligt lavere end individuelle pillefyr (29 g/GJ) eller selv de bedste Svanemærkede brændeovne (155 g/GJ).

For NO<sub>x</sub>-emissioner er emissionsfaktorerne på samme niveau for individuel og kollektiv opvarmning med træ.

**Tabel 10.4.** Emissionsfaktorer for kollektiv varmforsyning i 2015 (Nielsen et al., 2016).

<b>NO<sub>x</sub>, g/GJ</b>	<b>Kul</b>	<b>Naturgas</b>	<b>Træ</b>
Kraftværker	29	55 (antaget kedel)	81
Fjernvarmeværker	95	33	90
<b>PM<sub>2,5</sub>, g/GJ</b>	<b>Kul</b>	<b>Naturgas</b>	<b>Træ</b>
Kraftværker	2,1	0,1 (antaget kedel)	4,8
Fjernvarmeværker	5	0,1	10

### CO<sub>2</sub>-neutralitet og klimaeffekt

Brændefyring er i princippet CO<sub>2</sub>-neutral, hvis træet kommer fra bæredygtig skovdrift, hvor skoven ikke leverer mere end tilvæksten. Det betyder, at den CO<sub>2</sub>, som dannes ved forbrænding af træet, vil blive bundet i anden træ eller vegetation igen via fotosyntese på et senere tidspunkt, og derved være neutral i forhold til klimapåvirkning.

Det er dog ikke helt så simpelt, idet forbrænding af træ fører til dannelse af sod (BC-Black Carbon). BC dannes ved al uren forbrænding således også fx i en dieselmotor, hvor en stor del dog vil blive fjernet af et partikelfilter.

BC tilhører de såkaldte kortlevede drivhuskomponenter (Short-Lived Climate Forcers). De bidrager til den globale opvarmning og dermed til klimaforandringerne. Blandt de forskellige menneskeskabte drivhusgasser og -komponenter er BC den næst største bidragsyder til klimaforandringer, kun overgået af CO<sub>2</sub>. BC i atmosfæren absorberer solens stråling og fører til en direkte opvarmning i atmosfæren, da BC både absorberer indgående solstråling og udgående stråling. BC har endvidere en indirekte virkning på klimaet med øget opvarmning som følge af øget skydannelse, men nettovirkningen er yderst usikker, da skyer reducerer solindstrålingen (køling), men bremser udstrålingen (opvarmning). Når BC er deponeret på sne og isdækkede overflader påvirker det albedo effekten, da det er sort, hvorved det absorberer en del af den solstråling, som normalt ville blive reflekteret til atmosfæren, og dermed øges afsmeltningen (Jensen et al., 2014).

Da levetiden for BC måles i dage til uger, vil en reduktion af BC få næsten øjeblikkelig effekt i forhold til reduktion af klimapåvirkningen (Bond et al., 2013).

Sammenligning af forskellige stoffers samlede klimaeffekt udtrykkes ved deres opvarmningspotentiale af atmosfæren udtrykt ved GWP (Global Warming Potential), hvor CO<sub>2</sub> pr. definition er sat til 1. GWP beregnes typisk for forskellige tidshorisonter for at illustrere effekten over forskellige tidshorisonter, fx 20 år eller 100 år, hvor 100 år er den mest anvendte. Som det fremgår af ovenstående, indgår BC i komplicerede processer, som omfatter både opvarmning og køling. Derfor er der også store usikkerheder på estimater af GWP for BC, og klimaeffekten af BC indgår ikke i opgørelse af klimagasser i nationale emissionsopgørelser.

FN's klimapanel har i deres vurdering af klimaeffekten opsummeret forskellige bud på GWP for BC ud fra litteraturen, således også i deres seneste vurdering (IPPC, 2013). Heri angives GWP for BC globalt til 3.200 (270 til 6200) for 20 år og 900 (100-1700) for 100 år. Der er således et stort usikkerhedsinterval.

Det er muligt at give et groft overslag over klimaeffekten af brændefyring ud fra disse forudsætninger om GWP og antagelser om, hvad brændefyring erstatter af anden opvarmning.

Hvis vi meget konservativt antager, at brændefyring erstatter fyringsolie, vil brændeforbruget på 24.571 TJ i 2015 med en brændværdi for fyringsolie på 42,7 GJ/ton svare til 575.433 tons fyringsolie og med en udledning på 3,16 kg CO<sub>2</sub> pr. kg fyringsolie svarer det til 1,8 mio. tons CO<sub>2</sub>. Den konservative antagelse stiller brændefyring i det bedst mulige lys, da brændefyring vil erstatte et miks af opvarmningsformer som fjernvarme, oliefyr, gasfyr, varmepumpe mv. Da el- og varmforsyning forventes at køre på vedvarende energi i 2035 vil CO<sub>2</sub>-udledningen fra fjernvarme og varmepumper være minimal på sigt. Når man konservativt antager, at brændefyring erstatter oliefyring overvurderer man således gevinsten ved brændefyring ud fra en CO<sub>2</sub> betragtning.

BC-emissionen i Danmark i 2015 var 1.891 tons fra brændefyring (Nielsen et al., 2017). Med et GWP på 900 for BC over 100 år svarer det til et samlet GWP på 1,7 mio. for brændefyring under et, hvilket er samme størrelsesorden som GWP for den sparede fyringsolie (1,8 mio.). Selvom det er et groft overslagsberegning og forudsætningerne om GWP for BC er usikre, illustrerer det, at brændefyring med den nuværende teknologi langt fra er CO<sub>2</sub>-neutral. Det følger, at hvis al brændefyring ikke antages at erstatte olie ville brændefyring med den nuværende anvendte teknologi faktisk øge klimaeffekten.

Det Økologiske Råd har lavet tilsvarende beregninger med lidt andre forudsætninger (Det Økologiske Råd, 2014).

## 10.2 Koncentrationsbidrag

### Gennemsnitsbidrag

Det største koncentrationsbidrag fra kilder i Frederiksberg Kommune til bybaggrundsforureningen er brændeovne mv. med 0,25 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>10</sub> og 0,12 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>2,5</sub> svarende til hhv. 1,6 % og 1,1 % af bybaggrundskoncentrationen for hhv. PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>.

Vejtransport giver det andet største lokale bidrag til partikelforurening med 0,13 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>10</sub> og 0,05 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>2,5</sub> svarende til 0,8% og 0,5% af bybaggrundskoncentrationen for hhv. PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>. Bidraget er omkring dobbelt så stort for brændeovne mv. i forhold til vejtransport for partikler.

Koncentrationsbidraget fra brændeovne mv. i Frederiksberg Kommune til bybaggrundsforureningen er beskeden for NO<sub>2</sub> (0,03 µg/m<sup>3</sup>) svarende til 0,2% af bybaggrundskoncentrationen, mens det største bidrag er fra vejtrafikken (0,8 µg/m<sup>3</sup>) svarende til 5% af bybaggrundskoncentrationen.

### Lokale røggener og naboklager

Naboer til brændefyring kan opleve gener selv indendørs, hvis der fyres med vådt brænde eller affald, men også hvis der fyres forkert, hvis skorstensforholdene er utilstrækkelige eller under bestemte vindforhold, hvor røgen trækkes ind mod naboen mv.

### Indendørs eksponering

En brændeovn kan også i sig selv være en indendørskilde, der kan bidrage til forhøjede partikkelkoncentrationer indendørs, hvor den pågældende brændeovn bruges.

Der er kun gennemført få undersøgelser af partikkelkoncentrationerne indendørs i forbindelse med fyring. Disse undersøgelser viser, at der i huse med brændeovn kan konstateres et mærkbart bidrag til sodforureningen inde i huset, og at denne forurening primært opstår, når der tændes op i brændeovnen (Olesen et al., 2010; Miljøstyrelsen, 2012; Det Økologiske Råd, 2012). Installation af røgsuger i skorstenen kan modvirke dette, da dette vil skabe et godt træk i skorsten under alle vejforhold.

### 10.3 Helbredseffekter og eksterne omkostninger

I forhold til for tidlige dødsfald i Frederiksberg Kommune fra kilder i Frederiksberg Kommune bidrager brændeovne (0,8 i 2017) og vejtrafik (0,8 i 2017) lige meget. De relaterede eksterne omkostninger er 14 mio. årligt for brændeovne. Der er 1.657 fyringsanlæg i Frederiksberg Kommune, så den gennemsnitlige eksterne omkostning pr. brændefyringsanlæg i Frederiksberg Kommune er omkring 8.500 kr. om året i samfundsmæssige helbredsomkostninger.

### 10.4 Hidtidig regulering af brændeovne

Det er Miljø- og Fødevareministeriet, som regulerer forurening fra brændeovne mv., og det er kommunerne, som er miljøtilsynsmyndighed. Brændeovnsbekendtgørelsen fra 2008 var den første miljøregulering af brændeovne og stillede bl.a. krav til udledningen af partikler til luften fra brændeovne og kedler, som omfattede nye brændeovne og kedler fra 1. juni 2008 (10 gram pr. kg træ for brændeovne). Dette er siden skærpet til 5 g/kg gældende fra 31. december 2015 med den reviderede bekendtgørelse fra 2015, og blev yderligere sat ned til 4 g/kg gældende fra 31. december 2017 (Miljø- og Fødevareministeriet, 2015).

Fra 2022 overgår regulering af brændeovne fra national lovgivning til EU regulering via Ecodesign-direktivet (EU, 2009). Fra 2022 skal alle nye brændeovne i hele EU for første gang leve op til de samme krav, hvad angår udledning af partikler. De nye krav til partikeludledning er 5 g/kg brænde, hvilket er et gram højere end de nuværende danske regler på 4 g/kg. Isoleret set er Ecodesign-direktivets krav derfor en svækkelse i forhold til de danske krav, men til gengæld vil reguleringen reducere emissionen fra alle nye brændeovne i EU, hvilket vil reducere den langtransporterede partikkelforurening til Danmark.

Svanemærket er en frivillig ordning, hvor et produkt skal leve op til en defineret miljøstandard, således at det Svanemærkede produkt er blandt de bedste på markedet. Svanemærkets krav til partikeludledning for brændeovne er blevet skærpet over tid og startede i 2004 med 10 g/kg og blev skærpet til 5 g/kg i 2010. De seneste skærpelse er til 3 g/kg fra 1/7-2014 til 30/6-2017, og 2 g/kg gældende fra 1/7-2017 til 30/6-2019 (Nordisk Miljømærkning, 2015). Fra 2017 er Svanemærkets krav (2 g/kg), således halvdelen af brændeovnsbekendtgørelsens krav (4 g/kg). Langt hovedparten af nysalgte brændeovne (svanemærkede brændeovne med 9 ud af 10 solgte brændeovne ([www.braendefyringsportalen.dk](http://www.braendefyringsportalen.dk))), og det er også en væsentlig grund til, at den nationale partikelemission fra brændeovne mv. generelt er faldet siden 2007.

Brændeovnsbekendtgørelsen giver vide beføjelser til kommunalbestyrelsen. Den kan regulere skorstenshøjde, fyringsadfærd, brændelseskvalitet samt fastsætte yderligere emissionsbegrænsende foranstaltninger inden for et geografisk afgrænset område gennem kommunale forskrifter, og der er bødemuligheder. En del kommuner har benyttet sig af muligheden for at udarbejde en kommunal forskrift for borgernes brug af brændeovne i bestemte områder ([www.braendefyringsportalen.dk](http://www.braendefyringsportalen.dk)). Frederiksberg Kommune har udarbejdet en forskrift, hvor formålet primært er at oplyse om korrekt brug af ovne til fast brændsel, og forhindre lokale røg- og lugtgener (Frederiksberg Kommune, 2015).

Miljøstyrelsen har via diverse puljer gennem årene støttet udvikling af mere miljøeffektiv brændefyringsteknologi gennem en række forskellige projekter.

Miljøstyrelsen har tidligere haft en pulje med tilskud til skrotning af gamle brænde kedler. Senest er en skrotningsordning rettet mod brændeovne fra før 1990 lanceret af Miljøstyrelsen i november 2015. Der blev givet en skrotningspræmie på 2.150 kr. pr. skrottet ovn, og ejeren var ikke forpligtet til at købe en ny ovn. Der blev afsat en pulje på ca. 45 mio. kr., som rakte til skrotning af omkring 21.000 brændeovne. I forbindelse med finansloven for 2019 blev der afsat 46 millioner kroner til en ny skrotningsordning, som skal sætte skub i udskiftningen af de ældre ovne. Ordningen betyder, at brændeovneejere kan få en skrotpræmie på godt 2.000 kroner for at skrotte brændeovne fra før 1995, som har høje emissionsfaktorer for partikler. Skrotning af brændeovnen eller pejseindsatsen betyder frakobling af brændeovn eller udtagning af pejseindsats og efterfølgende tilmuring af hul efter røgrør eller tilslutning af ny brændeovn, pillebrændeovn eller ny pejseindsats. En ny ovn skal opfylde brændeovnsbekendtgørelsens emissionskrav.

Miljøstyrelsen har også tidligere gennemført oplysningskampagne for renere fyring med top-down fyring, som også blev understøttet af skorstensfejerne. Miljøstyrelsen skønner, at der kan opnås en partikelreduktion på mellem 50 - 80 % i selve optændingsfasen i forhold til den traditionelle optænding fra bunden ([www.braendefyringsportalen.dk](http://www.braendefyringsportalen.dk); Miljøstyrelsen, 2017b).

Miljøstyrelsen har også opbygget en brændefyringsportal, som er en hjemmeside med en lang række oplysninger, vejledninger og anbefalinger om brænderøg rettet mod borgere og kommuner samt fagfolk ([www.braendefyringsportalen.dk](http://www.braendefyringsportalen.dk)). Herunder er der bl.a. en vejledning om regulering af luftforurening fra brændefyring, der primært henvender sig til kommunale miljøsagsbehandlere.

Den hidtidige regulering har derfor fokuseret på emissionsregulering og miljøtilsyn, økonomiske tilskud til skrotning, information samt støtte til forskning og udvikling.

## 10.5 Kommunal kampagne

Frederiksberg Kommune har tidligere gennemført en målrettet oplysningskampagne i samarbejde med byens skorstensfejremester for renere brændefyring med top-down fyring over for borgerne i kommunen, hvilket igen er et muligt tiltag.

Miljøstyrelsen har tidligere skønnet, at der kan opnås en partikelreduktion på mellem 50 - 80 % i selve *optændingsfasen* i forhold til den traditionelle optænding fra bunden ([www.braendefyringsportalen.dk](http://www.braendefyringsportalen.dk); Miljøstyrelsen, 2017b). Der vil ikke være effekt af dette tiltag ud over optændingsfasen.

Oplysningskampagnen bør også understrege, at man kun må fyre med rent og tørt brænde, som det også fremgår af både brændeovnsbekendtgørelsen og kommunens forskrift for brændefyring. Endvidere kunne den oplyse om indendørseksponering og mulighed for at mindske dette gennem røgsuger. Den bør også oplyse om, at brændefyring ikke er CO<sub>2</sub> neutralt pga. partikel-forureningens klimaeffekt.

## 10.6 Kommunal skrotningsordning

I forbindelse med den kommunale valgkamp i 2017 fremsatte overborgmesteren for Københavns Kommune Frank Jensen en række forslag til kommunal regulering af brændeovne (<https://frank-jensen.dk/ren-luft-i-byen>):

- Forbud mod at nyetablere brændeovne i ejendomme med fjernvarme
- Ved udskiftning skal der skiftes til Svanemærket brændeovn
- Skrotningspræmie på 5.000 kr. for brændeovne i boliger med fjernvarme uden opsætning af ny ovn
- Skrotningspræmie på 5.000 kr. for brændeovne i boliger uden fjernvarme ved udskiftning til Svanemærket ovn

### Forslag

Frederiksberg Kommune bør overveje om det er juridisk muligt for en kommune at oprette en pulje, som kan yde tilskud til private borgere i Frederiksberg Kommune til skrotning af gamle brændeovne i stil med, hvad staten gør. Staten giver pt. 2.000 kr. til skrotning af brændeovne før 1995, og hvis den erstattes af ny ovn skal denne overholde brændeovnsbekendtgørelsens emissionskrav siden 2015 på 4 g partikler pr. kg brænde.

Kommunen kunne give et differentieret tilskud, som afhang af hvor meget brændeovne forurener med partikler, se tidligere Tabel 10.3, hvor det fremgår at ovne helt frem til brændeovnsbekendtgørelse af 2015 har høje partikelemissioner.

Der er omkring 1.657 brændefyringsanlæg i Frederiksberg Kommune, så i et tænkt eksempel, hvor der i gennemsnit blev givet 5.000 kr. i tilskud til skrotning af hver brændeovn ville det blive 8,4 mio. kr. Som tidligere nævnt er de samlede eksterne omkostninger 14 mio. årligt for brændeovne på Frederiksberg.

Der bør ikke kunne gives tilskud til skrotning af Svanemærkede ovne, da de har relativt lave partikelemissioner med mindre ovnen helt skrottes og ikke erstattes af en ny med aktiv luftstyring og partikelfilter

Der kunne gives ekstra bonus for ikke at erstatte skrottet brændeovn med en ny, og hvis der etableres en ny brændeovn skulle den nye være Svanemærket (2 g partikler pr. kg brænde).

Det bør endvidere være muligt at få tilskuddet, hvis en skrottet brændeovn erstattes af en biopejs (enten med bibeholdt skorstensaftræk eller forseglet).



En biopejs vil typisk være på flydende biobrændstof (bioethanol), som afbrændes i biopejs. Disse kan fås i mange udgaver både pejse- og brændeovns-lignende. Flammerne er synlige på samme måde som i brændeovn, og bidrager dermed til hyggen, og de fås også knitrende lyd som brændende træ. Varmeafgivelsen fra en biopejs er dog betydelig mindre end for en brændeovn, og dermed er hovedformålet ikke opvarmning men hygge. En biopejs har en varmeeffekt på 2-4 kW, mens en brændeovn har 4-8 kW ([www.biopeiser-shop.no](http://www.biopeiser-shop.no)).

Bioethanol brænder meget rent, og der er ikke krav om skorstenstilslutning. Soddannelse er givet meget lille, men der vil dannes noget NO<sub>x</sub> pga. de høje temperaturer. Andre varmekilder til rumopvarmning, som benyttes indendørs uden aftræk, er fx gasvarmere. Biopejse har ingen partikelemission til udeluften og vil derfor reducere partikeludledningen med 100%, hvis en brændeovn skiftes ud med en biopejs, hvilket bør være en mulighed for de personer, for hvem hyggen er vigtigere end opvarmningen. De kunne således være særligt velegnede i velisoleret nybyggeri, hvor varmebehovet er begrænset, og hvor en brændeovn oftest varmemæssigt er overdimensioneret.

## 10.7 Krav om partikelfiltre

Første forudsætning for at kunne reducere partikeludledning fra en brændeovn er, at der fyres med rent og tørt brænde, der benyttes top-down optænding, og at der løbende sørges for luftoverskud. Alt dette er meget afhængig af brugeren.

Herefter er det selve brændeovnsteknologien, som bestemmer forureningsniveauet.

### Fremme aktiv forbrændingsoptimering

Indtil videre har den teknologiske udvikling især handlet om en passiv optimering af forbrændingen gennem design af forbrændingskammer og efterforbrænding. Der er grænser for, hvor langt man kan komme ad denne vej til fortsat reduktion af partikeludledningen.

Nogle få producenter tilbyder allerede brændeovne med aktiv optimering af forbrændingsprocessen med mekanisk og elektronisk styring af lufttilførslen inkl. iltmåler (lambdasonde) ([www.hwam.dk](http://www.hwam.dk)). Dette er med til at sikre en renere forbrænding med lav partikeludledning samtidig med, at forbrændingsprocessen ikke er så afhængig af brugerens fyringsteknik og adfærd.

### Røgrensning med partikelfilter

Næste teknologiske trin for at sikre væsentligt lavere partikeludledning er rensning af røgen på en effektiv måde, som det kendes fra udstødningen fra dieslbiler, som renses med partikelfilter. For biler har disse en effektivitet på mindst 90%.

Miljøstyrelsen har gennem årene finansieret en række laboratorietest og demonstrationsforsøg af partikelfiltre. I et studie fra 2011 blev der undersøgt 5 forskellige elektrofiltre (Miljøstyrelsen, 2011). Den overordnede konklusion fra dette studie var dog, at effektiviteten af de undersøgte filtre var meget lav, og langt større partikelreduktioner kunne opnås ved at udskifte ældre brændeovne med nye end at installere nogen af de afprøvede teknologier.

Som alternativ til filtre skal et nyt projekt over 2 år startende fra 2018 undersøge, om man med kold plasma kan fjerne gas- og partikelemissioner fra brænderøg på en effektiv og billig måde. Plasma er ioniseret gas, der dannes, når luft udsættes for et højt spændingsfelt, og som er i stand til at reducere både partikel- og gasemission. Forventningen er, at det kan fjerne halvdelen af udledningen af partikler og gasser, og bruges både på gamle og på nye ovne. Plasmaet får partiklerne til at klumpe sammen, så de lettere kan fjernes. Nogle af de sammenklumpede partikler bliver så tunge, at de falder tilbage i flammerne, mens andre kan fjernes ved hjælp af en cyklon eller andre renseteknologier. Projektet er støttet af Miljøstyrelsens Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP) (<http://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2018/jan/nyt-projekt-skal-fjerne-partikler-og-gasser-fra-braendeovnsroeg/>).

PXH innovation har også fået tilskud fra Innovationsfonden til udvikling af et elektrostatisk partikelfilter til montering i toppen af skorstenen, som produceres af exodraft. Filteret forventes markedsført i 2020. Ifølge producenten skulle partikelfilteret mindske antallet af partikler med 90-95% (ultrafine partikler) og reducerer den totale partikelmasse med 70-75%. Målingerne er udført i henhold til den norske standard NS3058, hvor røggassen er nedkølet, så det modsvarer udendørs luftforhold (exodraft, 2019; Azizaddini et al., 2018). Det kan forventes, at koste i omegnen af 10.000 kr. ekskl. moms, og hertil kommer montering. Disse omkostninger er betydelige, da en brændeovn oftest koster mindre end dette beløb. Derfor kan det ikke forventes, at brændeovneejere frivilligt vil købe et partikelfilter og en eller anden form for tilskud eller regulering er nødvendigt for, at sådanne partikelfiltre vil blive taget i brug.

Røgrenningsteknologi er således ved at forlade udviklings- og forsøgsstadiet, og kommer tættere på, at teknologien er kommercielt til rådighed, som kan dokumentere stor reduktion i partikeludledningen.

Hvis målet er, at brændefyring skal have partikeludledning på tilnærmelses samme niveau som andre opvarmningsformer, er det nødvendigt med mindst røgrenning og givet i kombination med ovne med aktiv styring af luftindtag. De nyeste Svanemærkede brændeovne har en partikelemission på 155 g/GJ og pilleovn/fyr på 29 g/GJ. Til sammenligning har et individuelt oliefyr (5 g/GJ), mens gasfyr er langt lavere (0,1 g/GJ), og varmpumpe ligger mellem disse yderpunkter afhængig af energimiks. Ved kollektiv varmforsyning med træpiller har et kraftværk 5 g/GJ, mens fjernvarmeverker har 10 g/GJ. De nyeste Svanemærkede brændeovne skal således forbedres en faktor 15-30 (reducere partikeludledningen med 94-97%) og et pillefyr/ovn med en faktor 3-5 (reducere partikeludledningen med 65%-83%) for at nå et niveau på hhv. 5 g/GJ og 10 g/GJ. Dette vil givet kræve både aktiv styring af forbrændingsprocessen og efterfølgende røgrenning.

### **Forslag**

Frederiksberg Kommune bør overveje, om det er juridisk muligt for en kommune at oprette en pulje, som giver private borgere i Frederiksberg Kommune tilskud til montering af effektivt partikelrensende partikelfilter til brændeovne mv. Partikelfiltrene skal være kommercielt tilgængelig på markedet og effekten skal være dokumenteret gennem uvildige målinger.

Tilskud til eftermontering af partikelfilter bør gælde alle brændeovne og bør kunne bruges sammen med tilskud til skrotning, som beskrevet ovenfor.

## 10.8 Forbud mod brændeovne og afgifter

### Forbud mod brændeovne

Brændeovnsbekendtgørelsen giver kommunerne mulighed for at udarbejde en kommunal forskrift om brændefyring (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2015): "Kommunalbestyrelsen kan i en forskrift fastsætte bestemmelser om forureningsbegrænsende foranstaltninger, over for fyringsanlæg til fyring med fast brændsel, i nærmere klart angivne områder i kommunen, hvor det er tilstrækkeligt konkret miljømæssigt begrundet". Det er ikke nærmere beskrevet i brændeovnsbekendtgørelsen, hvad en forskrift kan og ikke kan omfatte.

En kommunal forskrift kan ikke påklages til anden myndighed, så det er i givet fald domstolene, som skal tage stilling til, om en forskrift er inden for lovens rammer eller ej.

Overborgmester Frank Jensen i Københavns Kommune har bl.a. foreslået et forbud mod at nyetablere brændeovne i ejendomme med fjernvarme.

Der er endnu ikke nogen kommuner, som har gennemført et sådan forbud med henvisning til brændeovnsbekendtgørelsen, og det er usikkert om den giver hjelm til det. Det vil sandsynligvis kræve en lovændring.

Frederiksberg Kommune kunne overveje og undersøge muligheden for et forbud mod at nyetablere brændeovne i ejendomme med fjernvarme.

Frederiksberg Kommune kunne også overveje og undersøge muligheden for et forbud mod de mest forurenende brændeovne fra før brændeovnsbekendtgørelse i 2008.

### Afgifter på brænde

Brænde er ikke pålagt energiafgifter ligesom el og andre brændsler, hvilket gør brænde relativt billigt i forhold til andre mindre forurenende brændsler. Det forrykker fx priskonkurrencen mellem fx varmepumper og pillefyr/brændeovn.

Ud fra en miljøøkonomisk synsvinkel bør afgifter indrettes således, at de afspejler de eksternalitetsomkostninger i form af helbredsomkostninger mv., som forskellige brændsler og teknologier giver anledning til. Teorien er så, at prissignalerne på markedet over for forbrugerne vil fremme forbrug og teknologi, som er mindre miljøskadelig.

Den tidligere regering fremlagde i 2013 et lovforslag om afgift på både brænde og træpiller, hvilket dog ikke blev vedtaget bl.a. pga. administrative og praktiske vanskeligheder ved at administrere en sådan afgift. Det vurderes ikke, at en kommune har hjeml til at indføre afgifter på brænde, og det vil være meget svært at administrere for en kommune.

En måde er at afgiftsbelægge selve brændslet, en anden måde er, at afgiftsbelægge brugen af brændeovn, som beskrives senere.

### Effekter af regulering af brændeovne

De Økonomiske Råd (DØRS) gennemførte i 2016 en samfundsøkonomisk analyse af forbud og økonomiske virkemidler til regulering af brændeovne (De Økonomiske Råd, 2016):

- Differentierede afgifter på brug af brændeovne
- Forbud mod ældre brændeovne
- Totalt forbud mod brændeovne
- En skrotningspræmie

Differentierede afgifter på brug af brændeovne er oprindeligt et forslag fremført af Økologisk Råd. Ideen er, at der pålægges en afgift pr. time ovnen er i brug, som afspejler de eksterne helbredsomkostninger ved normalt brug. Det antages, at der kan sættes en temperaturmåler i skorstenen, som kan måle, hvor mange timer brændeovnen er i brug. Helbredsomkostningerne og dermed afgifterne afhænger af ovnens type (emissionsfaktor) og geografiske placering (by/land). Afgiften vil give et incitament til både at fyre mindre og til at udskifte en gammel brændeovn med en nyere eller eventuelt helt ophøre med at have brændeovn. Der er dog også en del administrative omkostninger ved en sådan afgift. Forslaget kan på mange måder sidestilles med at lægge afgift på brænde, hvor ovenstående forslag dog også differentierer på ovntype og geografisk placering.

Der er flere scenarier for et forbud. Forbud mod ovne før 1990, før 2008, ikke Svanemærkede ovne samt et total forbud.

I 2015 blev en skrotningsordning for brændeovne fra før 1990 lanceret. Samme forudsætninger om 2.000 kr. i skrotningspræmie er antaget for ovne før 1990, men uden noget puljeloft.

Analysen var baseret på opdaterede helbredsomkostninger pr. kg PM<sub>2,5</sub>-emission fra danske brændeovne ud fra beregninger gennemført af DCE af helbredsomkostninger med EVA-systemet (Brandt et al., 2016) og opdaterede nye værdier af statistisk liv og tabte leveår af De Økonomiske Råd. De Økonomiske Råd beregnede endvidere helbredsomkostningerne pr. time ved brændefyring for forskellige geografiske områder og forskellige brændeovnsteknologier som illustreret ved et eksempel i Tabel 10.5. De eksterne omkostninger er de højeste i København/Frederiksberg med op til 41 kr. i timen for brændeovn før 1990, mens de eksterne omkostninger ved en Svanemærket ovn fra 2015 kun er 7 kr. Det illustrerer også potentialet i regulering brændeovne.

**Tabel 10.5.** Eksempler på helbredsomkostning ved normal brug af en brændeovn. Tabel gengivet fra De Økonomiske Råd (2016).

	<b>København</b>	<b>Bornholm</b>
	Kr. pr. times fyring	Kr. pr. times fyring
Ovn fra før 1990	41	5
Ny Svanemærket ovn fra 2015	7	1

Tabel 10.6 opsummerer de samfundsøkonomiske gevinster ved de forskellige virkemidler.

**Tabel 10.6.** Totale samfundsøkonomiske gevinster ved forskellige virkemidler over for brændeovne. Tabel gengivet fra De Økonomiske Råd (2016).

Virkemiddel	Ovntyper	Hele landet	Kun byer
		Mia. kr. pr. år	Mia. kr. pr. år
Afgifter på brug	Alle	3,1	2,4
Forbud, delvist	Før 1990	1,1	0,8
Forbud, delvist	Før 2008	2,5	1,9
Forbud, delvist	Ikke-Svanemærket	2,8	2,1
Totalt forbud	Alle	1,9	1,8
Skrotning	Før 1990	1,0	0,8
Skrotning	Før 2008	2,4	1,8

De totale samfundsøkonomiske gevinster ved at regulere brændeovne i Danmark er beregnet til mellem 1 og 3 mia. kr. pr. år afhængig af virkemiddel, og hovedparten af gevinsterne ligger i byerne (over 100 indbyggere pr. km<sup>2</sup>). Den største gevinst fås ved differentierede afgifter på brug af brændeovne.

Gevinsten ved delvist forbud er mellem 1,1 til 2,8 mia. kr. om året afhængig af, hvor omfattende forbuddet er.

Ved et total forbud er gevinsten dog kun 1,9 mia. kr. om året, hvilket bl.a. skyldes, at mange nye ovne forbydes ved et totalt forbud samt, at det ikke er muligt at købe en ny ovn. Da nye ovne forurener væsentligt mindre end de øvrige typer ovne, giver et forbud mod disse ikke så stor en helbredsgevinst for samfundet. Tabet for forbrugerne af de nye ovne opvejes derfor ikke af de opnåede ekstra helbredsgevinster ved dette forbud.

Gevinsten ved skrotning ligger mellem 1,1 og 2,4 mia. kr. om året afhængig af alderskrav til brændeovnene.

Helbredsomkostninger, antal brændeovne og reducerede antal for tidlige dødsfald er vist i Tabel 10.7 for de forskellige virkemidler. Det ses, at der kan spares mellem omkring 100 og 400 for tidlige dødsfald afhængig af virkemiddel.

**Tabel 10.7.** Helbredsomkostninger, antal brændeovne og reducerede for tidlige dødsfald. Tabel gengivet fra De Økonomiske Råd (2016).

	Ovntyper	Helbredsomkostninger	Antal ovne	Reducerede dødsfald
		Mia. kr. pr. år	*1000	Pr. år
Uden regulering		4,1	750	-
Afgifter på brug	Alle	0,6	268	337
Forbud, delvist	Før 1990	3,0	688	103
Forbud, delvist	Før 2008	1,5	574	247
Forbud, delvist	Ikke-Svanemærket	1,1	527	282
Totalt forbud	Alle	0,0	0	391
Skrotning	Før 1990	3,0	688	103
Skrotning	Før 2008	1,6	574	236

Ovenstående vurderinger af virkemidler er for hele Danmark. Frederiksberg Kommune har både et højt befolkningstal og høj befolkningstæthed, så kommunens andel af de samlede potentielle effekter ved de forskellige virkemidler er relativt høj i forhold til andre kommuner.

## 10.9 Skærpet miljøtilsyn

Brændeovnsbekendtgørelsen giver kommunerne mulighed for at stille forskellige krav til brændeovnsbrugere i forbindelse med at løse naboklager over lokale røg- og lugtgener. Klager over brændefyring skal rettes til kommunen, som er miljø- og tilsynsmyndighed. Det kan dog være vanskeligt for kommunen at dokumentere og monitorere eventuelle krav. Blandt andet derfor har Miljøstyrelsen gennemført et projekt med det formål at udvikle analysemetoder til sod- og askeprøver samt udvikling af en opsamler, som kunne give kommunerne en simpel metode til detektering af ulovlig affaldsaffrænding i private brændeovne (Miljøstyrelsen, 2016).

For at understøtte kommunernes tilsynsopgave er der bl.a. udarbejdet en vejledning til brændeovnsbekendtgørelsen samt brændefyringsportalen.

Kommunen kan bruge skorstensfejeren til faglig rådgivning i forbindelse med behandling af røg- og lugtgener.

Et fællesudspil fra Foreningen af Danske Leverandører af Pejse og Brændeovne (DAPO et al., 2014) har foreslået, at Miljøstyrelsen sammen med Kommunernes Landsforening udarbejder et fælles sæt af retningslinjer for fyring i brændeovne, brændekedler mv. Dette er som modvægt til, at mange kommuner har udarbejdet meget enslydende men dog forskellige forskrifter.

Fællesudspillet vedr. Fælleskommunale brændefyringsnævn til afgørelse af tvister i kommunale klagesager handler om at få en formel ordning, der giver en entydig proces i klagesager.

Ovenstående vurderes primært at have effekt helt lokal fokuseret på røg- og lugtgener, og ikke nogen større samlet effekt på partikeludledningen. Dette skal også ses i lyset af, at Frederiksberg Kommune i dag har meget få klager over gener fra brændeovnsfyring – 1-2 sager om året.

## 11 Rensning af miljøet – Ikke-kildebaserede virkemidler

I det følgende gennemgås udvalgte virkemidler, som renses eller reducerer forureningen i luften. Det kan derfor også betegnes som virkemidler, som ikke er kildebaserede, dvs. det er virkemidler, som ikke reducerer selve emissionen fra fx en bil. I det følgende beskrives hvilken indflydelse beplantning kan have for luftkvaliteten samt brug af NO<sub>x</sub>- og partikelreducerende belægninger.

### 11.1 Træer og beplantning

Beplantning i form af fx gadetræer kan have positiv og negativ indflydelse på luftkvaliteten i et gademiljø. Træer i et gademiljø vil bidrage til at reducere vindhastigheden og dermed øge koncentrationen af forurenende stoffer, da opholdstiden øges. Men træer vil også øge overfladearealet, hvor der kan tørafsættes både gasser og partikler, hvilket vil bidrage til at reducere luftforureningen. Endelig vil træer afgive emissioner fx isopren, som bidrager til dannelse af ozon, som er helbredsskadelig. Selve udformningen af beplantningen har også betydning, fx træer, hække, facadebeplantning.

Et nyligt reviewstudie af eksisterende litteratur har forsøgt at opsummere tidligere undersøgelser med henblik på komme med anbefalinger til byplanlæggere (Abhijith et al., 2017). Hovedresultaterne er opsummeret i det følgende.

I et lukket gaderum i byer vil høje træer føre til en forringelse af luftkvaliteten, mens lav beplantning i form af hegn vil forbedre luftkvaliteten. For veje i åbne omgivelser uden randbebyggelse vil en bred og høj beplantning med lav porøsitet føre til mindre luftforurening nedstrøms, mens en beplantning med huller og høj porøsitet kan føre til ingen forbedring eller endda en forringelse af luftkvaliteten. Især facadebeplantning men også grønne tage kan forbedre luftkvaliteten, men det kræver yderligere undersøgelser.

Hvis virkemidlet skal have en positiv effekt i forhold til forbedring af luftkvaliteten, skal det i lukkede gaderum, som der er flest af på Frederiksberg, være i form af lav beplantning i form af hegn. For veje i åbne omgivelser uden randbebyggelse, som der er få af på Frederiksberg, skal det være en bred og høj beplantning med lav porøsitet.

En positiv effekt for luftkvaliteten afhænger derfor af udformningen af virkemidlet. Der kan også være en række andre gevinster ved beplantning som forskønnelse af bymiljøet, øget biodiversitet, CO<sub>2</sub>-optag mv.

### 11.2 NO<sub>x</sub>-reducerende belægninger

NO<sub>x</sub>-reducerende belægninger er et nyere virkemiddel, som retter sig mod rensning af luftforureningen i selve miljøet. De kan enten påføres eksisterende belægninger som fx maling eller indbygges i nye belægningsmaterialer.

Den NO<sub>x</sub>-reducerende effekt i belægningsoverfladen er baseret på stoffet TiO<sub>2</sub> (titaniumdioxid), som fungerer som en katalysator, der under påvirkning af lys kan omdanne NO<sub>x</sub> til nitrat. Den dannede nitrat formodes at blive udvasket med vejvandet.

NO<sub>x</sub> (kvælstofoxider) består af kvælstofdioxid (NO<sub>2</sub>) og kvælstofmonooxid (NO), hvor NO<sub>2</sub> er en luftvejsirriterende forureningskomponent. NO<sub>2</sub> har derfor en helbredseffekt i nærområdet. NO er ikke helbredsskadelig i de koncentrationer, det optræder i det eksterne miljø. Imidlertid er den største helbredseffekt relateret til luftforurening knyttet til partikelforureningen. Her skal det bemærkes, at NO<sub>x</sub> omdannes under transport i atmosfæren til partikulært nitrat i den fine partikelfraktion (PM<sub>2,5</sub> dvs. massen af partikler med en diameter under 2,5 µm). Denne dannelse af fine partikler sker imidlertid først efter mange timers transport i atmosfæren, og derfor bidrager NO<sub>x</sub> ikke til mængden af fine partikler i nærområdet omkring kilderne.

I det følgende gennemgås kort hidtidige fire demonstrationsforsøg i Danmark (1) - (4) samt to internationale review (5,6).

Der er, i forhold til hvad vi er bekendt med, indtil videre gennemført følgende fire studier af NO<sub>x</sub>-reducerende belægninger i Danmark: (1) Det danske firma Photocat har gennemført et demonstrationsprojekt i Københavns Lufthavn med anvendelse af NO<sub>x</sub>OFF teknologi. (2) Et EU-projekt under ledelse af Teknologisk Institut har omfattet en undersøgelse af effekten af NO<sub>x</sub>-reducerende overflader langs Fælledvej i København og Holbækmotorvejen nær Brøndby (Light2Cat), (3) Et demonstrationsforsøg er gennemført på Gasværksvej i København med bl.a. deltagelse af Teknologisk Institut. (4) PhotoCat har gennemført et demonstrationsprojekt på to parkeringspladser i Roskilde med det formål at forsøge at bestemme NO<sub>x</sub>-reduktionen pr. m<sup>2</sup>, bestemme holdbarhed og med udgangspunkt heri bl.a. af disse resultater at foretage en samfundsøkonomisk analyse af forskellige scenarier (PhotoCat, 2017).

(1): Demonstrationsprojektet ved Københavns Lufthavn viste en gennemsnitlig NO<sub>x</sub>-reduktion på 13% i en meget lysintensiv periode fra maj til juli. Det må forventes at reduktionen vil være lavere, hvis man betragter effekten over et helt år, da den mørkere vinterperiode med lavere lysintensitet betyder mindre NO<sub>x</sub>-reduktion (Photocat, 2013).

(2): I demonstrationsprojektet ved Holbækmotorvejen nær Brøndby og for Fælledvej i København blev der rapporteret reduktioner af NO, NO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> ved forskellige klasser af lysintensitet, men gennemsnitsværdier er ikke opgivet. I modsætning til de øvrige studier, så rapporteres der fra dette studie en reduktion af NO<sub>2</sub>, som man tilskriver særlige egenskaber ved Light2Cat fotokatalysatoren (Poulsen et al., 2016). Det eksperimentelle setup for Fælledvej i København var imidlertid problematisk. Problemerne ligger i store forskelle i trafik, meteorologi og baggrundsforurening mellem de to halvår, hvor forsøget blev gennemført. Det betyder, at man ikke har et brugbart grundlag for at sammenligne før og efter situationen, og dermed isolere effekten af TiO<sub>2</sub>-belægningen. DCE anser det derfor ikke projektet som et validt studie af effekten af en NO<sub>x</sub>-reducerende belægning (Poulsen et al., 2016).

(3): Studiet på Gasværksvej i København er det eneste danske studie, som er afrapporteret i en videnskabelig artikel. Dette studie fandt ikke signifikante forskelle i målte NO<sub>2</sub> koncentrationer i gaderummet, når man sammenlignede områder med og uden fotokatalytisk overflade. Studiet viste en maksimal månedlig reduktion af NO på 22% ved sommervær, men oplyser desværre ikke den gennemsnitlige NO-reduktion over et helt år, selvom det er målt. Den gennemsnitlige NO-reduktion over et helt år vil imidlertid være væsent-



lig mindre pga. mindre lysintensitet i vinterhalvåret. Observerede reduktioner af NO<sub>x</sub> (NO og NO<sub>2</sub>) var derfor drevet af reduktion i NO, da NO<sub>2</sub> ikke ændrede sig signifikant (Folli et al., 2015).

(4): PhotoCats rapport er udarbejdet for Roskilde Kommune og beskriver et 3-årigt projekt, hvori der indgik et demonstrationsprojekt med Photocats NO<sub>x</sub> OFF overfladebehandling af 5.000 m<sup>2</sup> parkeringsareal på henholdsvis Skt. Peder-/Skt. Ols Stræde og Bønnelyckes Plads i Roskilde by (PhotoCat, 2017). DCE har for Roskilde Kommune vurderet rapportens resultater (Jensen & Elermann, 2018a). Den NO<sub>x</sub>-reducerende effekt i belægningsoverfladen er baseret på stoffet TiO<sub>2</sub> (titaniumdioxid). Feltmålinger af fjernelsen af NO<sub>x</sub> på de 2 parkeringspladser er gennemført med et setup, som primært har til hensigt at bestemme overfladebelægningens evne til at reducere NO<sub>x</sub>. Der er ikke gennemført målinger af NO<sub>2</sub> i luften, fx i 1,5 m højde, så rapporten belyser ikke om NO<sub>x</sub>-reduktion ved overfladen rent faktisk fører til mindre NO<sub>2</sub> i luften.

Photocat har selv konkluderet, at den fotokatalytiske aktivitet er uændret gennem 15 år, men en holdbarhed på 15 år er ikke dokumenteret i rapporten. Holdbarheden er en meget vigtig faktor i de samfundsøkonomiske analyser, da en forudsætning om lang holdbarhed giver væsentligt bedre samfundsøkonomi end den, som kan opnås ved en kortere holdbarhed.

Ud fra de udførte målinger beregner Photocat en NO<sub>x</sub>-reduktion på 69 kg om året for de 2 parkeringspladser, som til sammen udgør 5.000 m<sup>2</sup>. Photocat forholder sig ikke til skyggeeffekten af holdende biler, som må formodes at reducere potentialet for NO<sub>x</sub>-reduktionen. Studiet har alene belyst NO<sub>x</sub> og ikke fordelingen på NO og NO<sub>2</sub>.

(5) Et internationalt review fra 2016, som gennemgår en række hidtil gennemførte studier, er meget kritisk overfor fotokatalytiske overflader som et virkemiddel til at forbedre luftkvaliteten. Studiet anerkender en effekt under laboratorieforhold, men under feltforhold vurderes effekten for NO<sub>x</sub> og NO<sub>2</sub> at være meget begrænset (Monks et al., 2016).

(6) EIC (Environmental Industries Commission), som er en interesseorganisation for engelske virksomheder, som arbejder på at løse miljøproblemer herunder luftforurening, har iværksat et opfølgende studie i forlængelse af ovenstående review. For EIC foretog Imperial College London et review, som inkluderede både tidligere og nyere studier, og konsulentfirmaet Temple Group foretog analyse af kosteffektiviteten ved fotokatalytiske belægninger (EIC, 2018). Studiet indeholdt endvidere modelberegninger for et gaderum gennemført af Imperial College London.

Imperial College London gennemførte modelberegninger for en idealiseret gadeslugt, som var 1000 m lang, 30 m bred med 20 m høje huse. Der blev regnet på 2 scenarier (i) halvdelen af bygningerne er påført fotokatalytisk belægning og (ii) halvdelen af bygningerne samt hele gadearealet er dækket med fotokatalytisk overflade. Reduktionerne blev beregnet til 11% for NO og 4% for NO<sub>2</sub> i scenarie (i) og til 28% for NO og 11% for NO<sub>2</sub> i scenarie (ii). Dette er væsentligt højere reduktioner end Monks et al. (2016) beregnede i deres scenarieberegninger, og det er ikke muligt på det foreliggende grundlag præcist at vurdere, hvorfor forskellene er så store.

Imperial College London konkluderede på baggrund af studiet, at der er set lovende effekter under laboratorieforhold. Effekten har derimod været varierende under feltforsøg, hvor en del har været uden entydige konklusioner, mens andre har vist betydelig reduktion af NO<sub>x</sub>. Imperial College London anbefaler flere feltstudier for at kunne nå frem til mere sikre konklusioner af effekten af fotokatalytiske belægninger bl.a. udført med standardiserede målinger af både NO og NO<sub>2</sub>.

Temple Groups analyse viste, at anvendelse af fotokatalytiske overflader var den tredje mest kosteffektive metode til at reducere NO<sub>x</sub>, når dette blev vurderet i forhold til omkostninger ved at reducere et ton NO<sub>x</sub> emission. Af de undersøgte NO<sub>x</sub> virkemidler, var eftermontering af NO<sub>x</sub> katalysator (SCR) på busser billigst, herefter elektrificering af arbejdsmaskiner, herefter fotokatalytiske overflader, Euro 6c dieselmotorer, og elektriske biler. NO<sub>x</sub> katalysator på busser vil kun reducere NO<sub>x</sub> ligesom NO<sub>x</sub> reducerende overflader, mens elektrificering af arbejdsmaskiner, elektriske biler og Euro 6c dieselmotorer også vil reducere andre luftforureninger som partikeludstødning. Elektrificering vil endvidere reducere CO<sub>2</sub> udledning.

### **Generalisering af danske resultater**

Det beregnede potentiale på 69 kg NO<sub>x</sub> om året i demonstrationsforsøget i Roskilde for 5.000 m<sup>2</sup> kan også relateres til eksempelvis NO<sub>x</sub> udledningen fra en bus. Det er et regneeksempel med de usikkerheder, som knytter sig til en reduktion på 69 kg NO<sub>x</sub> per 5.000 m<sup>2</sup>, som diskuteret tidligere. En Euro 6 rutebus udleder omkring 0,5 g NO<sub>x</sub> pr. kørt kilometer i bytrafik i 2018 (se tabel 7.7), og typisk kører en rutebus omkring 90.000 km årligt. Dette giver omkring 45 kg NO<sub>x</sub> pr. år pr. bus. Den sparede NO<sub>x</sub> for 5.000 m<sup>2</sup> appliceret fotokatalytisk overflade svarer derfor til NO<sub>x</sub> udledningen fra omkring 1½ Euro 6 bus pr. år. Tilsvarende for en Euro 5 rutebus, som udleder omkring 6,9 g NO<sub>x</sub> pr. kørt km, vil den sparede NO<sub>x</sub> udledning svare til NO<sub>x</sub> udledningen fra omkring en tiende del af en Euro 5 rutebus. De nye miljøzonekrav kræver at busser er mindst Euro 5 den 1. juli 2020 og Euro 6 den 1. juli 2022.

DCE har estimeret såkaldte enhedspriser for en række luftforureninger herunder NO<sub>x</sub>. Enhedspriser er de eksterne omkostninger (samfundsmæssige omkostninger af helbredseffekterne), som er knyttet til udledning af et kg af stoffet (Andersen et al., 2019). Det er estimeret til 205 kr. pr. kg NO<sub>x</sub> pr. år knyttet til helbredseffekter i Danmark og udlandet, hvoraf 34% af omkostningerne er knyttet til Danmark og 66% til udlandet. Disse omkostninger er knyttet til omdannelse af NO<sub>x</sub> til sekundære fine partikler i atmosfæren, hvilket tager tid, og derfor ligger den største omkostning i udlandet. Derudover er der estimeret et lokaltillæg, som for København/Frederiksberg er på 352 kr. pr. kg NO<sub>x</sub> pr. år. Lokaltillægget er knyttet til den direkte helbredseffekt af NO<sub>2</sub>, som ikke tidligere har indgået i enhedspriserne. De samlede omkostninger knyttet til udledning af NO<sub>x</sub> på Frederiksberg er derfor omkring 557 kr. pr. kg pr. år, hvoraf 352 kr. pr. kg pr. år vil ligge på Frederiksberg. Alt andet lige, øger de højere eksterne omkostninger pr. kg NO<sub>x</sub> den samfundsøkonomiske rentabilitet i NO<sub>x</sub> reducerende overflader, i forhold til tidligere lavere eksterne omkostninger for NO<sub>x</sub>.

### **DCE's samlet vurdering**

DCE er enig i Imperial College London's overordnede vurdering af, at der er set lovende effekter under laboratorieforhold. Effekten har derimod været varierende under feltforsøg, hvor en del har været uden entydige konklusioner,

mens andre har vist betydelig reduktion af  $\text{NO}_x$ . DCE er endvidere enig i Imperial College London's anbefalinger om, at flere feltstudier er nødvendige for at kunne nå frem til mere sikre konklusioner i forhold til effekten af fotokatalytiske belægnings bl.a. udført med standardiserede målinger af både NO og  $\text{NO}_2$ .

Endvidere er det vigtigt at få belyst, hvad sammenhængen er mellem luftkoncentrationer og den effekt som de fotokatalytiske overflader har for forskellige luftkoncentrationer og over tid, da  $\text{NO}_x$  koncentrationer forventes at falde som følge af anden regulering. Dette er vigtig information for at kunne foretage mere sikre vurderinger af, hvad effekten er.

Holdbarheden af effekten er også et område, som kræver mere dokumentation, idet det har væsentlig indflydelse på den samfundsøkonomiske rentabilitet af virkemidlet.

I forbindelse med anvendelse af virkemidlet i et gaderum vil det også være vigtigt at få belyst, hvilken betydning skyggevirkning fra både bygninger og parkerede biler vil have for den samlede effekt af applicering af  $\text{NO}_x$  reducerende materiale på en given overflade.

Virkemidlet reducerer kun  $\text{NO}_x$ , og dermed ikke andre problematiske stoffer som udstødningspartikler eller klimagasser.

### **11.3 Partikelreducerende vejbelægning mv.**

Partikelreducerende vejbelægnings kan også betegnes som et ikke-kildebaseret virkemiddel, idet det ikke er selve kilden til luftforurening (bilen) men egenskaber ved vejbelægningen, som reducerer partikelforureningen.

Partikelemissioner kan deles op i udstødningsemissioner (direkte fra motoren) og ikke-udstødningsemissioner som slid fra bremses, dæk eller vej. Ikke-udstødningspartikler kan emitteres direkte i luften eller kan blevet deponeret /akkumuleret i vejstøv og emitteres efterfølgende via ophvirvling ("re-suspension") af vejstøv.

Partikeludstødningsemissioner er blevet reduceret væsentligt over de sidste årtier pga. skærpede EU-normer til emissioner fra biler, som har medført renere motorer samt rensning af udstødningsgasser med partikelfiltre eller katalysatorer. Denne trend vil fortsætte fremover. Ikke-udstødningsemissioner er endnu ikke omfattet af emissionsnormer, og denne del af emissioner forbliver konstant for den enkelte bil eller stiger med trafikmængden. Pga. denne trend vil ikke-udstødning være den dominerede del af partikelemissioner i fremtiden.

#### **Helbredseffekter af ikke-udstødning**

Det er påvist, at også ikke-udstødningsdelen af partikelmissioner fra trafikken kan fremkalde helbredsrisici for befolkningen (WHO, 2013). Det er ikke overraskende siden ikke-udstødningspartikler kan indeholde toksiske stoffer som fx tungmetaller zink og kobber.

En studie i Stockholm kunne vise sammenhæng mellem helbredseffekter og grove partikler fra vejstøv (Meister et al. 2012). Andre studier kunne vise helbredseffekter pga. støvemissioner fra Sahara ørkenen eller andre tørre områder i USA.

### **Eksempel fra H.C. Andersens Boulevard i København**

Effekten af en fornyelse af vejbelægning i form af en reduktion i  $PM_{10}$  koncentrationer kunne påvises på H.C. Andersens Boulevard i København (Nordstrøm et al., 2010). Vejbelægningen blev rutinemæssigt udskiftet i august 2008 og målingerne på gadestationen viste overraskende en reduktion på 15%. Detaljerede analyser af grundstofsammensætning i partikelprøverne og samtidige målinger af andre luftforureningskomponenter kunne påvise, at trafikken og udstødningsemissioner ikke havde ændret sig væsentligt, og ændringen kunne tilskrives en reduktion i ikke-udstødningsdelen (vejstøv) af partikelemissioner.

Langtidsvirkningen af denne reduktion er ikke helt nem at analysere og dokumentere for H.C. Andersens Boulevard, da en række andre forhold er ændret siden hen, bl.a. vejbaneomlægninger i 2010, som førte til et spring i koncentrationer, da trafikken kom tættere på målestationen (Ellermann et al., 2014).

### **Emissionsprocesser - NORTRIP modellen**

Der er kommet mere fokus på forskning og undersøgelser af ikke-udstødningsemissioner, og forståelsen af processerne er blevet forbedret i de seneste år. Det Nordiske projekt "NON-exhaust Road TRaffic Induced Particle emissions" (NORTRIP) (Kupiainen et al., 2017) med deltagelse af 11 Nordiske forskningsinstitutioner har medvirket til udvikling af den såkaldt NORTRIP model og har bidraget væsentlig til forståelsen af processen (Denby 2013a,b; 2016). Problemet med ikke-udstødningspartikelemissioner er betydeligt større i de andre Nordiske lande end Danmark, hvor pigdæk anvendes om vinteren. NORTRIP modellen kan dog også anvendes for regioner, hvor almindelige vinterdæk bruges. Også vejsalt bidrager til partikelemissioner, men helbredseffekten af vejsalt er formodentlig ringe. Saltandelen i målte partikelkoncentrationer kan også trækkes fra i henhold til EU-luftkvalitetsdirektiv.

Figur 11.1 viser det komplekse sammenspil mellem de forskellige produktions- og fjernelsesprocesser, som de er modelleret i NORTRIP-modellen, både direkte emissioner og ophvirvling af vejstøv. Sidstnævnte er en funktion af det støvlag, som er akkumuleret på vejoverflade og overfladens fugtighed. Derfor bliver vejstøv med dens produktions- og fjernelsesprocesser og meteorologiske forhold modelleret meget nøjagtigt i NORTRIP-modellen.



**Figur 11.1.** NORTRIP modellen, skematisk illustration af processer, som er behandlet i NORTRIP modellen (Figur fra Denby 2013a og Kupiainen et al. 2017).

### Virkemidler

Kupiainen et al. (2017) præsenterer i deres sammenfattende publikation ("Policy Brief") et overblik over de mest effektive virkemidler til partikelreduktion. Virkemidler til reduktion af ikke-udstødningsemissioner kan opdeles i: (1) Virkemidler som forhindrer eller reducerer dannelse af partikler eller (2) virkemidler som forhindrer at allerede producerede partikler bliver ophvirvlet.

Effektive metoder til at undgå dannelse af partikler er (1):

- Reduktion af hastighed og mængden af trafikken
- Forbedring af vejens overflade med mindre slid
- Forbedring af bildæk med mindre slid
- Reduktion af brug af pigdæk, som ikke er relevant for Danmark.

Der eksisterer ikke belægnings eller almindelige dæk med en dokumenteret effekt for reduktion af ikke-udstødningspartikler, og der er derfor behov for mere forskning og udvikling inden for dette område.

Effektive metoder til undgå ophvirvling af allerede dannede partikler er (2):

- Binding/fastholdelse af vejstøv med hygroskopiske væsker som holder vejen fugtig og reducerer hermed væsentligt partikelemissionen
- Rensning af vejen med moderne maskiner som bruger vand under højt tryk og vakuum.

### Handlemuligheder for Frederiksberg Kommune

Frederiksberg Kommune er vejbestyrelse for alle kommunale veje i kommunen, og har derfor hovedansvaret for nyanlæg, omlægnings og vedligeholdelse.

Der er pt. ikke vejbelægninger på markedet, som er udviklet specielt med henblik på at reducere ikke-udstødningen af partikler, men kommunen kunne presse på for, at sådanne belægninger blev udviklet ved at efterspørge sådanne belægninger hos deres samarbejdspartnere samt indgå i samarbejder med andre kommuner om samme.

Der er evidens fra de andre nordiske lande på, at der er metoder til at begrænse ophvirvling af partikler gennem brug af væsker/rensning, men det er uklart, hvor effektive de vil være under danske forhold, og de er forbundet med høje driftsomkostninger.

Ikke-udstødning er direkte proportional med trafikken, så en reduktion i trafikken vil føre til mindre ikke-udstødning, hvor reduktionen vil være størst pr. køretøj for tunge køretøjer og mindre for lette køretøjer.

## Referencer

Abhijith, K.V., Kumar, P., Gallagher, J., McNabola, A., Baldauf, R., Pilla, f., Broderick, B., Sabatino, S.D., Pulvirenti, B. (2017): Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments. A review. *Atmospheric Environment* 162 (2017) 71-86.

Andersen, Z.J., Nazelle, A.D., Mendez, M.A, Garcia-Aymerich, J., Hertel, O., Tjønneland, A., Overvad, K., Raaschou-Nielsen, O., Nieuwenhuijsen, M.J. (2015): A Study of the Combined Effects of Physical Activity and Air Pollution on Mortality in Elderly Urban Residents: The Danish Diet, Cancer, and Health Cohort. *Environmental Health Perspectives*, Volume 123, Number 6, June 2015.

Andersen, M.S., Frohn, L.M., Brandt, J. (2019): Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner 3.0. 14. marts 2019. DCE-notat.

Azizaddini, S., Weigang, L., Illerup, J.B., Hermansen, P. (2018): A small-scale ESP for reduction of particulate matter emissions from residential wood stoves - evaluation of different discharge electrodes. 26<sup>th</sup> European Biomass Conference and Exhibition, 14-17 May 2018, Copenhagen, Denmark.

Bond, T.C., Doherty, S. J., Fahey, D. W., Forster, P. M., Berntsen, T., DeAngelo, B. J., Flanner, M. G., Ghan, S., Kärcher, B., Koch, D., Kinne, S., Kondo, Y., Quinn, P. K., Sarofim, M. C., Schultz, M. G., Schulz, M., Venkataraman, C., Zhang, H., Zhang, S., Bellouin, N., Guttikunda, S. K., Hopke, P. K., Jacobson, M. Z., Kaiser, J. W., Klimont, Z., Lohmann, U., Schwarz, J. P., Shindell, D., Storelvmo, T., Warren, S. G., Zender, C. S., 2013, Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment', *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*.

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

Brandt, J., Winther, M., Ellermann, T., Jensen, S.S., Hertel, O. (2017): Den miljø- og sundhedsmæssige betydning af snyd med lastbilers luftrensning. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi Dato, 6. Juni 2017.

Christensen, L., Kveiborg, O., Klauenberg, J., Rudolph, C. (2016): Suitability of commercial transport for a shift to electric mobility. ISSN 1603-9696. [www.trafikdage.dk/artikelarkiv](http://www.trafikdage.dk/artikelarkiv).

CONCITO (2015): Klimaeffekten af bedre vilkår for cyklisme og kollektiv transport.

DAPO et al. (2014): Fælles udspil om brændefyring - Mulige indsatser til reduktion af partikeludledning og gener fra brændefyring. DAPO, Det Økologiske Råd, Astma-Allergi Danmark, Skorstensfejerlauget. Juli 2014.

Denby, B.R., Sundvor, I., Johansson, C., Pirjola, L., Ketznel, M., Norman, M., Kupiainen, K., Gustafsson, M., Blomqvist, G. and Omstedt, G. (2013a). A coupled road dust and surface moisture model to predict non-exhaust road traffic induced particle emissions (NORTRIP). Part 1: road dust loading and suspension modelling. *Atmos. Environ.* 77, 283-300. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.04.069>

Denby, B.R., Sundvor, I., Johansson, C., Pirjola, L., Ketznel, M., Norman, M., Kupiainen, K., Gustafsson, M., Blomqvist, G., Kauhaniemi, M. and Omstedt, G. (2013b). A coupled road dust and surface moisture model to predict non-exhaust road traffic induced particle emissions (NORTRIP). Part 2: surface moisture and salt impact modelling. *Atmos. Environ.*, 81, 485-503. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.09.003>

Denby, B.R., M. Ketznel, T. Ellermann, A. Stojiljkovic, K. Kupiainen, J.V. Niemi, M. Norman, C. Johansson, M. Gustafsson, G. Blomqvist, S. Janhäll, I. Sundvor, 2016. Road salt emissions: A comparison of measurements and modelling using the NORTRIP road dust emission model, *Atmospheric Environment*, Volume 141, September 2016, Pages 508-522, <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.07.027>

Det Økologiske Råd (2012): Indeklimaforurening fra brændefyring i Allerød.

Det Økologisk Råd (2014): Forurening fra brændefyring. 27 s.

De Økonomiske Råd (2016): Værdi af statistisk liv, Luftforurening, Danmark fossilfri 2050.

EIC (2018): Towards Purer Air: A review of the latest evidence of the effectiveness of photocatalytic materials and treatments in tackling local air pollution. 50 p.

EEA, (2019): <http://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index>. Besøgt 14-10-2019.

Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (2014): Lov om Klimarådet, klimapolitisk redegørelse og fastsættelse af nationale Klimamålsætninger. Ministerium: Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet. LOV nr. 716 af 25/06/2014.

Ellermann, T., Brandt, J., Jensen, S.S., Hertel, O., Løfstrøm, P., Ketznel, M., Olesen, H.R. & Winther, M. 2014. Undersøgelse af de forøgede koncentrationer af NO<sub>2</sub> på H.C. Andersens Boulevard. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 100 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 111 <http://dce2.au.dk/pub/SR111.pdf>

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



Ellermann, T., Brandt, J., Frohn, L.M., Geels, C., Christensen, J.H., Ketzler, M., Jensen, S.S., Nordstrøm, C., Nøjgaard, J.K., Nygaard, J., Monies, C., Nielsen, E, I. (2019): Luftkvalitet og helbredseffekter i Danmark, status 2018. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi Dato: 11-06-2019.

Energikommissionen (2017): Baggrundsnotat om elbiler. 28. februar 2017. 7 s.

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

EU (2009): EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2009/125/EF af 21. oktober 2009 om rammerne for fastlæggelse af krav til miljøvenligt design af energirelaterede produkter (omarbejdning).

exodraft (2019): Elektrostatisk partikelfilter - partikelfilter til fjernelse af røg-gas-partikler fra brændeovne. Folder.

Frederiksberg Kommune (2019): Høring af ændring af miljøbeskyttelsesloven - skærpelse af miljøzone-krav til tunge køretøjer og varebiler (MFVM, j. nr. 2018-14863). 29. januar 2019.

FiB (2019): Hyundai vil sende 1.600 brintlastbiler ud på de schweiziske veje Nyhedsbrev om forskning i bioenergi, brint & brændselceller nr. 86, oktober 2019.

Fisher, J.E., Loft, S., Ulrik, C.S., Raaschou-Nielsen, O., Hertel, O., Tjønneland, A., Overvad, K., Nieuwenhuijsen, M.J., Andersen, Z.J. (2016): Physical Activity, Air Pollution, and the Risk of Asthma and Chronic Obstructive Pulmonary Disease. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, Volume 194, Number 7, October 1 2016.

Folketinget (2006): Lov nr. 1570 af 20/12/2006. Lov om ændring af lov om miljøbeskyttelse. Partikelfiltre på køretøjer i kommunalt fastlagte miljøzoner m.v.

Folketinget (2010): Forslag til Lov om ændring af lov om miljøbeskyttelse. Lov nr. 210L af 4. juni 2010.

Folli, A., Strøm, M., Madsen, T.P., Henriksen, T., Lang, J., Emenius, J., Klevebrant, T., Nilsson, Å (2015): Field study of air purifying paving elements containing TiO<sub>2</sub>. Atmospheric Environment 107 (2015) 44-51.

Frank Jensen, 2017: <https://frank-jensen.dk/ren-luft-i-byen/>

Frederiksberg Kommune (2012): Strategi til bekæmpelse af

Luftforurening. Juli 2012.

Frederiksberg Kommune (2013): Vejledning om miljøforhold ved bygge- og anlægsarbejder.

Frederiksberg Kommune (2015): Forskrift for brug af fastbrændselsovne (brændeovne m.v.) i Frederiksberg Kommune.

Frederiksberg Kommune (2019): Frederiksberg justerer p-reglerne, <https://www.frederiksberg.dk/nyheder/frederiksberg-justerer-p-reglerne>, besøgt 20-10-2019.

Ildensborg-Hansen, J., Vuk, G. (2004): Trafikale effekter af metroen på Frederiksberg. Trafikdage på Aalborg Universitet, 2004.

Ingeniøren (2017): <https://ing.dk/artikel/svensk-undersogelse-produktion-elbilers-batterier-udleder-tonsvis-co2-200080>. Besøgt 3.1.2018.

IPPC (2013): Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 1535 p.

IRENA (2017): Electric Vehicles. Technology Brief. The International Renewable Energy Agency (IRENA). February 2017.

IVL (2017): The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries. A Study with Focus on Current Technology and Batteries for light-duty vehicles. Swedish Environmental Research Institute, No. C 243, May 2017.

Jensen, S.S., Ketznel, M., & Andersen, M.S. 2010: Road pricing, luftforurening og eksternalitetsomkostninger. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 48 s. -Faglig rapport fra DMU Nr. 770. <http://www.dmu.dk/pub/FR770.pdf>

Jensen, S.S., Ketznel, M., Nøjgaard, J. K. & Becker, T. 2011: Hvad er effekten af miljøzoner for luftkvaliteten? - Vurdering for København, Frederiksberg, Aarhus, Odense, og Aalborg. Slutrapport. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet 110 s. -Faglig rapport nr. 830. <http://www.dmu.dk/Pub/FR830.pdf>.

Jensen, S.S., Ketznel, M., Winther, M. (2012b). Luftkvalitetsvurdering af trængselsafgifter i København. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 48 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 16 <http://www.dmu.dk/Pub/SR16.pdf>

Jensen, S.S, Ellermann, T. (2018a): NO<sub>x</sub>-reducerende belægninger. Vurdering af rapport fra Photocat om fotokatalytisk belægning på 2 parkeringspladser i Roskilde. Notat fra DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi, 4. maj 2018.

Jensen, S.S., Winther, M., Ketznel, M., Ellermann, T. (2018b): Vurdering af 5 scenarier for skærpede miljøzoner – effekter på emission og på luftkvalitet. DCE-notat. 43 s. 30. august 2018.

Jensen, S.S., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Brandt, J., Ketznel, M., Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Hertel, O., Ellermann, T. (2019a): Udvikling i luftkvalitet for 2030 i relation til Nationalt program for reduktion af luftforurening (NAPCP) – Effekter af udvalgte initiativer i regeringens klima- og luftudspil. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 48 s. - Videnskabelig rapport nr. 315. <http://dce2.au.dk/pub/SR315.pdf>

Jensen, S. S., Brandt, J., Frohn, L.M., Ketzel, M., Winther, M., Plejdrup, M.S., Nielsen, O.-K. (2019b): Kortlægning af luftforureningen i Frederiksberg Kommune. DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi, Videnskabelig rapport nr. 342, <http://dce2.au.dk/pub/SR342.pdf>

Klimaråd (2018): Hvor klimavenlige er elbiler sammenlignet med benzin- og dieselmotorer? Baggrundsnotat til Klimarådets analyse Flere elbiler på de danske veje.

Kveiborg, O., Enggaard, M., (2019): Grønne krav til leverandørers transport. Udført af COWI for Københavns Kommune. Trafikdage på Aalborg Universitet, 2019.

Kupiainen K., Denby B.R., Gustafsson M., Johansson C., Ketzel M., Kukkonen J., Norman M., Pirjola L., Sundvor I., Bennet C., Blomqvist G., Janhäll S., Karpinen A., Kauhaniemi M., Malinen A., Stojiljkovic A., 2017: Road dust and PM10 in the Nordic countries- Measures to Reduce Road Dust Emissions from Traffic. Nordic Council of Ministers, DOI: 10.6027/ANP2016-790.

Københavns Kommune (2013): Ren luft til Københavnerne.

Københavns Kommune (2017): Trafikken i København 2016. Trafikken over kommunegrænsen og søsnittet.

Københavns Kommune (2019a): Københavns Kommunes tilslutning til C40-deklaration om ren luft (2019-0210422). <https://www.kk.dk/indhold/borgerrepraesentationens-modemateriale/08102019/edoc-agenda/f682cf55-1207-435c-a3d8-2eaaa36cd226/488bc516-27c0-4403-aaae-5d2d064852b8>

Københavns Kommune (2019b): Bilens miljøbelastning afgør prisen, <https://www.kk.dk/artikel/bilens-miljoebelastning-afgoer-prisen>, besøgt 20-10-2019.

Meister, K., Johansson, C., Forsberg, B., 2012. Estimated Short-Term Effects of Coarse Particles on Daily Mortality in Stockholm, Sweden. Environ Health Persp., 120, 431-436.

Miljøministeriet (2014): Ren luft til danskerne. Regeringens luftpakke.

Miljø- og Fødevarerministeriet (2015): Bekendtgørelse om regulering af luftforurening fra fyringsanlæg til fast brændsel under 1 MW. BEK nr 1461 af 07/12/2015 (Gældende).

Miljø- og Fødevarerministeriet (2019): Forslag til Lov om ændring af lov om miljøbeskyttelse. (Skærpede miljøzonekrav til tunge køretøjer og varebiler). Vedtaget af Folketinget ved 3. behandling den 7. maj 2019.

Miljøstyrelsen (2007): Brændeovne og små kedler - partikelemissioner og reduktionstiltag. Forfattere: Jytte Boll Illerup, Thomas Capral Henriksen, Thomas Lundhede, Christina van Breugel, Nadia Zøllner Jensen. Miljøprojekt Nr. 1164 2007.

Miljøstyrelsen (2011): Test of technologies for flue gas cleaning and combustion improvement for existing residential wood burning appliances. Schleicher, O., Fuglsang, K., Wåhlin, P., Olesen, H.R., Nøjgaard, J.K., Bjerrum, M., Miljøprojekt 1393, 2011.

Miljøstyrelsen (2012): Boligopvarmning ved brændefyring. Energieffektivitet og indeklima. Projekt under tilskudsordningen til miljøeffektiv brændefyringsteknologi. Miljøprojekt nr. 1435, 2012.

Miljøstyrelsen (2015a): Luftkvalitetsplan for kvælstofdioxid (NO<sub>2</sub>) I København, Miljøprojekt nr. 1660, 2015, Miljøstyrelsen, Danmark, <http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2015/03/978-87-93283-93-0.pdf>.

Miljøstyrelsen (2015b): Evaluering af kampagne om korrekt brændefyring 2014-15 Miljøprojekt nr. 1663, 2015.

Miljøstyrelsen (2016): Kontrol med Afbrænding af Affald. Miljøprojekt nr. 1870, 2016.

Miljøstyrelsen (2017a): <http://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2017/nov/ny-teknologi-skal-afdaekke-lastbilers-nox-snyd/>. Hjemmeside besøgt 20.12.2017.

Miljøstyrelsen (2017b): Laboratoriemålinger af emissioner fra brændeovne ved forskellige fyringsteknikker. Miljøprojekt nr. 1969, November 2017.

Monks et al. 2016: Paints and Surfaces for the Removal of Nitrogen Oxides. By Air Quality Expert Group prepared for Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra), UK; Scottish Government; Welsh Government; and Department of the Environment in Northern Ireland. 19 p.

Nielsen, O-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Nielsen, M., Gyldenkerne, S., Fauser, P., Albrektsen, R., Hjelgaard, K.H., Bruun, H.G. & Thomsen, M. 2017. Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE. Emission inventories from the base year of the protocols to year 2015. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 475 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 222 <http://dce2.au.dk/pub/SR222.pdf>.

Nordstrøm, Claus; Ellermann, Thomas; Ketzel, Matthias, 2010: The effect on PM<sub>10</sub> of new road pavement on a heavily trafficked road, H.C.A. Boulevard (HCAB), Copenhagen, Denmark. Poster session presented at Road dust - Health effects and abatement strategies, Stockholm, Sweden.

Olesen, H.R., Wåhlin, P. & Illerup, J.B. (2010): Brændefyrings bidrag til luftforurening. Nogle resultater fra projektet WOODUSE. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 71 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 779. <http://www2.dmu.dk/Pub/FR779.pdf>

Photocat (2013): PowerPoint præsentation fra en konference om 'Fotokatalytiske Materialer i Byrummet' arrangeret af Dansk Selskab for Materialeteknologi den 17. oktober 2013 (12 slides).

Photocat (2017): Miljøprojekt med fokus på NO<sub>x</sub> forurening på Skt. Peder-/Skt. Ols Stræde Parkeringsplads og Bønnelyckes Parkeringsplads. Afslutningsrapport (31/08/2017). 76 s.

Poulsen, S. L., Svec, O. M., & Folli, A. (2016). Assessment of the air quality after the execution of the photocatalytic structures. FP7-ENV-2011-ECO-INNO-TwoStage-283062-Light2CAT-DL-DTI-D5.3. 10.03.2016.

Regeringen (2008): Bæredygtig transport - bedre infrastruktur. December 2008.

Regeringen (2011): Et Danmark, der står sammen. Regeringsgrundlag. Oktober 2011.

Regeringen (2012a): Regeringens energi- og klimapolitiske mål - og resultaterne af Energifaftalen i 2020.

Regeringen (2012b): Aftale mellem regeringen (Socialdemokraterne, Det Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti) og Venstre, Dansk Folkeparti, Enhedslisten og Det Konservative Folkeparti om den danske energipolitik 2012-2020. Den 22. marts 2012.

Regeringen (2013): Regeringens klimaplan. På vej mod et samfund uden drivhusgasser. August 2013.

Regeringen (2015): Aftale mellem regeringen (V) og Socialdemokratiet, Dansk Folkeparti og Radikale Venstre om de fremtidige afgiftsvilkår for elbiler og brændselsceller. 9. oktober 2015.

Regeringen (2017): Aftale mellem regeringen (V, LA, K), Socialdemokratiet og Radikale Venstre om justering af aftalen om de fremtidige afgiftsvilkår for elbiler og brændselsceller af 9. oktober 2015 (nye lempelser for elbiler). 18. april 2017.

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

Regeringen (2019): Politisk forståelse mellem Socialdemokratiet, Radikale Venstre, SF og Enhedslisten: Retfærdig retning for Danmark.

Rohr, A.C. & Wyzga, R.E. (2012): Attributing health effects to individual particulate matter constituents. *Atmospheric Environment*. [Volume 62](#), December 2012, Pages 130–152.

Rojas-Rueda, D., Nazelle, A.D, Andersen, Z.J., Braun-Fahrländer, C., Bruha, J., Bruhova-Foltynova, H., Desqueyroux, H., Praznocy, C., Ragettli, M.S., Tainio, M., Nieuwenhuijsen, M.J (2016): Health Impacts of Active Transportation in Europe. *PLOS ONE*. DOI:10.1371/journal.pone.0149990 March 1, 2016.

Sadler Consultants (2010): Low Emission Zones in Europe for the UK Department for Transport. February 2010.

Svensk regering (2019): Government makes announcement on low emission zones. Published 04 April 2018. Press release.

Timmers, Victor R.J.H. & Achten, Peter A.J. (2016): Non-exhaust PM emissions from electric vehicles. *Atmospheric Environment* 134 (2016) 10-17.

Transport of London (2017): <https://tfl.gov.uk/modes/driving/ultra-low-emission-zone>. Besøgt 20.12.2017

Transport- og Bygningsministeriet (2015): Bekendtgørelse om energi- og miljøkrav til taxier m.v.1). BEK nr 1085 af 11/09/2015 (Gældende) Udskriftsdato: 16. september 2015.

Transportstyrelsen (2017): Miljözoner för lätta fordon Redovisning av regeringsuppdrag. 2016-11-22.

Trængselskommissionen (2013). Mobilitet og Fremkommelighed i Hovedstaden. Betænkning 1539. September 2013. Hovedrapport.

WHO (2005): Air Quality Guidelines Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO/Europe, 2005.

WHO,2013/2014;<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>

WHO (2016): WHO Expert Consultation: Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs). Meeting report Bonn, Germany, 29 September-1 October 2015.

# Bilag 1 Frederiksberg Kommunes planer og strategier af betydning for luftforureningsstrategien

Dette bilag er udarbejdet af Frederiksberg Kommune, 29. maj 2019.

Frederiksberg Kommunens planer kan ses på [www.frederiksberg.dk](http://www.frederiksberg.dk)

[FREDERIKSBERG Strategien 2020 er pt. under politisk behandling i Frederiksberg Kommune.](#)

## Frederiksberg Strategien 2016

Frederiksbergstrategien fastlægger de overordnede visioner og mål for byens udvikling og kommunens opgavevaretagelse. Bæredygtighed er grundlaget for byudviklingen på Frederiksberg, og derfor er en integreret bæredygtighedsstrategi (Agenda 21) en integreret del af Frederiksbergstrategien. Strategien fastsætter fire temaer, hvor særligt temaerne Livskvalitet i hverdagen og Klimabyen for fremtiden har betydning for luftforureningsstrategien;

*Livskvalitet i hverdagen*

”Kommunens mål er at borgere skal have et længere liv med flere gode leveår. Vi lægger vægt på at skabe sunde rammer og godt fundament for, at alle har de samme muligheder for leve et sundt liv. Miljøpåvirkninger og livskvalitet hænger sammen, så vi arbejder målrettet for rent drikkevand, ren luft og mindre støj”

*Klimabyen for fremtiden*

”Kommunens mål er, at Frederiksberg skal være CO<sub>2</sub>-neutral i 2035. Vi vil omstille el, varme, transport til vedvarende fossilfri energikilder. Frederiksberg skal være byen, hvor mobilitet og tilgængelig skal være i top. Det skal være let at bevæge sig miljørigtigt fra sted til sted for alle borgere og brugere af byen, og vi vil være Danmarks mest cyklende by. Vi vil kombinere effektiv kollektiv trafik med fodgænger- og cykeltrafik og arbejde for mere miljørigtig bilisme.

Derudover fastsætter Frederiksbergstrategien fire arbejdsprincipper som udviklingen skal baseres på:

*Vi skaber løsninger sammen*

(Frederiksberg er fyldt med ressourcer. Vi vil gennem dialog, samarbejde og partnerskaber bringe disse ressourcer i spil)

*Vi får mest muligt ud af investeringerne*

(Vi vil tænke enhver indsats og aktivitet – også de midlertidige – som en investering, der kan give merværdi og synergi)

*Vi arbejder tværgående*

(Kommunen skal opleves som én samarbejdspartner, og der skal være let adgang til kommunen)

*Vi gør byen smart og bæredygtig*

(Vi anvender og udvikler data og innovativ digital teknologi)

Kommunen vil i 2020 udarbejde en ny Frederiksbergstrategi

## Kommuneplan 2017

Kommunalbestyrelsen har med udgangspunkt i Frederiksbergstrategien 2016 udarbejdet Kommuneplan 2017. Den er bygget op omkring de fire temaer i Frederiksbergstrategien; Byen i Byen, Livskvalitet i hverdagen, Vidensbyen for fremtiden. Derudover fastsætter Kommuneplan 2017 de overordnede fysiske rammer for byudviklingen for byen; Byudviklingsområder og Byomdannelse. I Retningslinjerne fastsættes den fysiske vejstruktur i byen; Regionale veje, trafikveje, mindre trafikveje og lokalveje. Derudover fastsætter rammerne for afviklingen af den kollektive trafik, herunder metrostrukturen, såvel eksisterende som kommende mulig metrostruktur (M1-M4). Der udlægges et net af cykelstier; Cykelsti, cykelbaner, supercykelstier og Den Grønne Sti.

Frederiksberg er en del af Greater Copenhagen og der er formuleret en række fælles værdier;

”En miljømetropol med fælles værdier om grøn vækst, grøn transport, rent vand og bæredygtig energi”

*Livskvalitet i hverdagen;*

”Frederiksberg skal være en tryk levende og inkluderende by, der understøtter borgernes livskvalitet i hverdagen. En by hvor borgere, foreninger, organisationer, virksomheder arbejder sammen om at skabe de bedste muligheder for et sundt og meningsfyldt liv”.

*Klimabyen for fremtiden*

”Frederiksberg skal være et bæredygtigt storbyområde, der er CO<sub>2</sub>-neutralt, godt rustet til fremtidens klima, og som gennem innovative miljø- og klimaløsninger skaber en grønnere og renere by med mere livskvalitet for borgere”

Mål; Frederiksberg skal i takt med den teknologiske udvikling fremme reduktion af den sundhedsskadelige partikelforurening fra fine partikler på gadeniveau, som senest i 2035 skal være reduceret med 30%, så den nærmer sig byens baggrundsniveauer. Den eksisterende miljøzone udbygges med krav til varebiler. Mål; Frederiksberg reducere minimum CO2 udledningen med minimum 50% i 2020 og 85 % i 2030. Frederiksberg Kommune stiller miljøkrav til sine leverandører og er med i partnerskabet for grønne indkøb.

## Eksisterende strategi til bekæmpelse af Luftforurening 2012

Strategi for bekæmpelse af luftforurening fastsætter den langsigtede vision for luftkvaliteten; "Frederiksberg vil sikre en luftkvalitet så ren, at borgernes sundhed ikke belastes."

Visionen gælder alene for menneskeskabt luftforurening, som det er muligt at regulere. Der fastsættes indsatser indenfor følgende strategiske områder;

### Trafikken

(mere miljøzone, styrkelse af den bæredygtige trafik, fremme af elbiler, miljørigtig udbud og indkøb)

### Brændeovne

(Kortlægning af brændeovne, udarbejdelse af forskrift, information og kampagner om miljørigtig fyring)

### Information om luftforurening

(Information om luftforurening; Luften på din vej, luftudsigt, afrapportering i kommunens grønne regnskab)

### Placering af miljøfølsomme byfunktioner

(I lokalplanlægningen tage højde for placeringen og indretningen af miljøfølsomme byfunktioner)

### Samtænkning af strategi for klima og luftkvalitet

(Reduktion i klimapåvirkningen (CO2) og luftkvalitet tænkes ved valg af metoder og indsatser.)

## FN's verdensmål

FN har fastsat 17 verdensmål indenfor 5 hovedområder; Mennesker, Planet, Velstand, Fred og Partnerskab. Kommunen forventes i 2019 at udarbejde en handlingsplan der understøtter de 17 verdensmål. En række af målene har betydning for luftforureningsstrategien, herunder særligt målene omkring sundhed og trivsel (3) og Bæredygtige byer (11):



## Bæredygtighedsplan 2018 – 2021 for miljøet

Frederiksberg Kommune har i 2018 udarbejdet en bæredygtighedsplan for miljøet. Planen opstiller 5 temaer for at fremme bæredygtigheden; Bæredygtigt byggeri og byudvikling, Bæredygtig byudvikling, Bæredygtig mobilitet, cirkulær økonomi og ressourcer og Biodiversitet og bynatur.

### Bæredygtig mobilitet

"Frederiksberg skal være Danmarks mest cyklende by. Målet i 2018 er, at 40% af alle ture på Frederiksberg foregår på cykel. Frederiksberg vil have effektiv og højklasset kollektiv trafikbetjening baseret på den mest miljøvenlige teknologi. Vi vil fremme fossilfri biltrafik. Indsatserne omfatter bedre cykelforhold ved f.eks. udbygning af cykelstier, mere metro – metrocitringens åbner i efteråret 2019, gode tilbud om delebiler og overgang til eldrevne køretøjer

"Vi vil sætte ambitiøse mål for at forbedre luftkvaliteten. Borgere på Frederiksberg skal kunne bevæge sig frit i byen med vished for, at de får ren luft i lungerne. Derfor vil vi udarbejde en ambitiøs ny strategi til bekæmpelse af luftforurening, hvor vi blandt andet må for at bekæmpe partikelforurening fra eksempelvis dieseldrevne køretøjer og brændeovne."



## Støjhandlingsplan 2018-2023 (vejtrafik)

Kommunalbestyrelsen har januar 2019 vedtaget Støjhandlingsplan 2018-2023 (vejtrafik)

"Frederiksberg Kommune har som mål, at antallet af boliger belastet af et støjniveau over den vejledende grænseværdi på 58 dB reduceres markant, og at ingen bolig udsættes for en støjbelastning over 68 dB.

Kommunens langsigtede strategi er i den sammenhæng;

"Fremme den grønne mobilitet i overensstemmelse med Kommunens bæredygtighedsplan 2018-2021. Gennemføre en særlig indsats over for den tunge trafik. Indsatsen vil indeholde såvel støj, luft som sikkerhedsmæssige aspekter. Fremme brugen af elbiler."

Planen indeholder et tema om bæredygtig mobilitet med blandt indsatser om emissionsfri busser (ifølge MOVIA med udgangen af 2025) og elbiler svarende til indsatsatserne beskrevet i kommunens elbilstrategi.

## Sundhedspolitik 2019-2022

Der fastsættes politikker for en række områder, der har betydning for borgernes muligheder for et sundt og aktivt liv.

*Sundt byliv*

"Byens miljø. Byens miljø skal ikke skade menneskers sundhed. For eksempel skal der være mindre luftforurening og støj i byen. Vi vil opnå vores mål ved at arbejde med klimatilpasning, miljøvenlig og sikker trafikafvikling samt øvrig reduktion af støj, jord- og luftforurening."

## Cykelpolitik 2013-2018

VISION; Frederiksberg er byen, hvor det er attraktivt at cykle for borgere i alle aldre.

Kommunen fastsætter følgende mål; "Minimum 90 % af cyklisterne på Frederiksberg er tilfredse med Frederiksberg som en cykelvenlig by. Frederiksberg er Danmarks mest cyklende by, og minimum 40 % af alle ture foretages med cykel. Minimum 90 % af alle ture under 5 km foretages på cykel eller for. Cykelpolitikken fastsætter 8 indsatsområder; Fremmekommelighed og sikkerhed for cyklister, Cyklistadfærd, Børn på cykel, Ældre på cykel, Cykelparkering ved trafikale knudepunkter, Samarbejde med erhvervsliv og uddannelsesinstitutioner, Tværpolitisk samarbejde om cykelfremme internt i Frederiksberg Kommune og Dialog og kommunikation.

## Elbilstrategien – Frederiksberg ELBILBY NR. 1

Frederiksberg Kommunalbestyrelse har primo 2019 besluttet "Frederiksberg ELBILBY NR. 1". Strategien rækker frem mod 2030.

Vision; "Frederiksberg er Danmarks Elbilby nr. 1. På vejene kører busser og biler hovedsageligt på el. Borgere og brugere af byen har gode forgænger- og cykelvilkår, og har let adgang til både kollektive, dele- og private transportmidler. Kommunens egne biler kører på el, ligesom kommunens befordring af borgere og transport af varer til kommunen er eldrevet. Kommunen er opsøgende i forhold til udviklingen på elbilområdet, deltager i forsøg, nye initiativer og forskningsprojekter og er en vigtig part i arbejdet med rammevilkårene for elbiler."

Elbilstrategien omfatter fire overordnede indsatsområder med tilhørende målsætninger og initiativer. Målsætninger er fastsat for såvel 2023 som for 2030;

*Kommunens egne køretøjer*

I 2023 benytter 75 % af de kommunale køretøjer grønne drivmidler. I 2030 benytter 100 % grønne drivmidler, herunder 90% el.

*Udbudt kørsel*

Krav om minimum 30 % grønne drivmidler og prioritering af el hvor det er muligt (2023). I 2030 foregår 100 % udbudt befordring med el.

*Kollektiv transport*

Al kollektiv trafik udbydes som emissionsfri fra 2018. 100 % af den kollektive busstrafik benytter el eller brint (2030)

*Den private bilpark*

20% af de indregistrerede biler er elbiler eller plug-in hybrid biler. Der er maksimalt 250 m til en ladestander fra al etagebyggeri på Frederiksberg (2030).

Hvert fjerde år vil strategien blive revideret. Der er i strategien fastsat målemetoder til vurdering af indfrielse af de fastsatte mål.

## **Miljøtilsynsplan 2019 (virksomheder)**

Frederiksberg Kommunes tilsynsplan 2019-2022 fastsætter kommunens lovpligtige tilsynsarbejde med større miljøbelastende virksomheder; Miljøgodkendte virksomheder (listevirksomheder), grafiske virksomheder, autoværksteder, renserier mv. Formålet med tilsynet er at begrænse og forebygge virksomhedernes forurening af vand, jord og luft samt sikre at gældende miljølovgivning overholdes. Derudover fører Frederiksberg Kommune tilsyn med øvrige mindre virksomheder og aktiviteter, som er omfattet af miljøbeskyttelsesloven, f.eks. ved miljøklager over cafeer, restauranter samt brændeovne. Nævnte er ikke en del af tilsynsplanen. De virksomheder, som er omfattet af planen er de såkaldte industrivirksomheder f.eks. et spidslastværk, genbrugsstationen, autoværksteder, renserier, grafiske virksomheder, ædelmetalvirksomheder m.m. Planen omfatter ikke alle de andre typer virksomheder, som Frederiksberg Kommune også fører tilsyn med jf. Miljøbeskyttelsesloven.

**Frederiksberg Kommunens træpolitik** Træer kan bidrage til at forbedre i byerne. De bidrager til temperaturdæmpning, reduktion af overfladeafstrømning ved skybrud, biodiversitet og kan også medvirke positivt til at bedre luftkvaliteten. Træpolitikens mål er, at man skal kunne se mindst et træ fra enhver bolig på Frederiksberg. Mindst 70 % af borgerne skal være tilfredse med naturoplevelser, når de bliver spurgt i borgertilfredshedsundersøgelser.

## **Byens Grønne regnskab**

Frederiksberg Kommune udarbejder hvert år et grønt regnskab, hvor udviklingen i luftforureningen afrapporteres. Afrapporteringen er baseret på den af DCE opgjorte kortlægning i forbindelse med den nationale overvågning af luftforureningen. Udviklingen vises for Partikler og NO<sub>2</sub>.

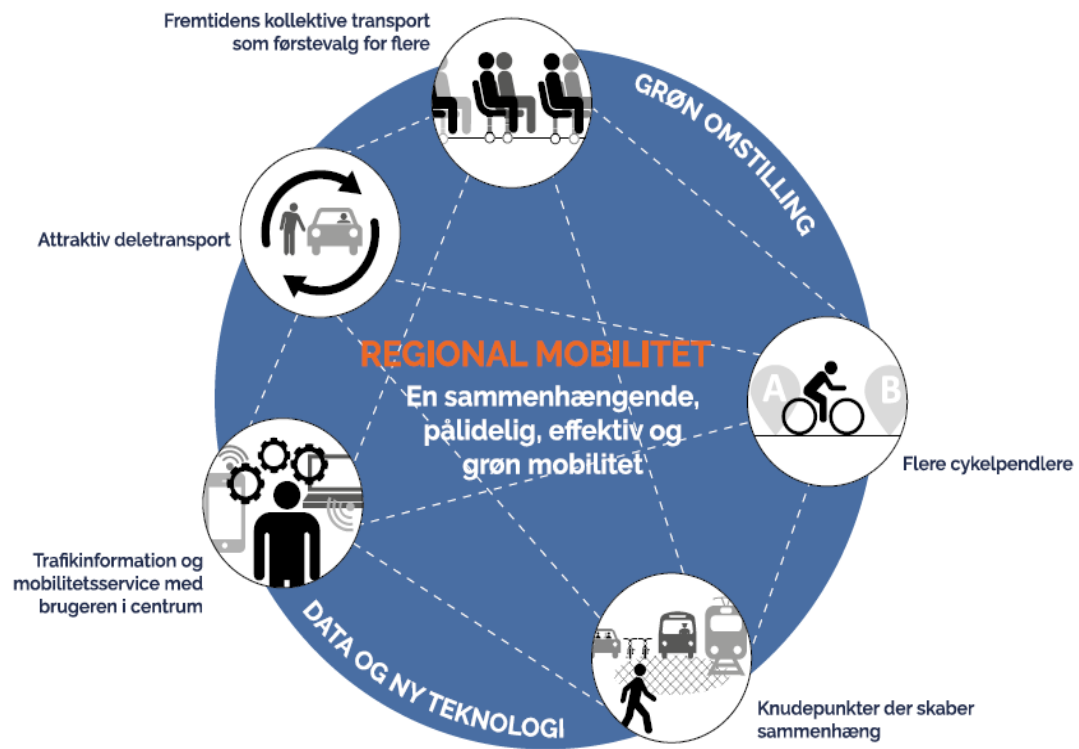
## **MOVIA´s TRAFIKPLAN 2016**

Movias Trafikplan 2016 fastsætter mål for den kollektive busdrift i hovedstadsregionen. Med udgangspunkt i år 2008 fastsættes følgende mål:

- at Movia i 2030 er fossilfri
- at udledningen af NO<sub>x</sub> er reduceret med 97 pct. i 2030
- at udledningen af partikler er reduceret med 92 pct. i 2030
- at udledningen af den oplevede indvendig støj er reduceret med 15 pct., mens den oplevede udvendige støj er reduceret med 25 pct.

## **Region Hovedstaden – Trafik- og mobilitetsplan 2019**

Region Hovedstaden har i april 2019 vedtaget en trafik- og mobilitetsplan rækkende frem mod 2035. Planen peger på 5 områder hvor der i samarbejde med kommunerne er behov for indsatser.



Figur 5.2. De fem udviklingsområder og deres sammenhæng.

## VIRKEMIDDELKATALOG FOR LUFTFORURENING I REGION HOVEDSTADEN

Denne rapport præsenterer et virkemiddelkatalog for reduktion af luftforurening i Frederiksberg Kommune med fokus på kommunale virkemidler, og en konsekvensvurdering af virkemidlerne. Virkemidler beskrives inden for indsatsområderne: By- og trafikplanlægning, elektrificering af transport, økonomiske virkemidler og regulering, brændeovne samt ikke-kildebaserede virkemidlers rensning af miljøet. Væsentlige lokale kilder til luftforurening er trafik og brændeovne.