

# Virkemidler til overholdelse af $\text{NO}_2$ grænseværdier for luftkvalitet i København

Miljøkontrollen · 2005



# Virkemidler til overholdelse af NO<sub>2</sub> grænseværdier for luftkvalitet i København



## Datablad

<i>Titel</i>	Virkemidler til overholdelse af NO <sub>2</sub> grænseværdier for luftkvalitet i København.
<i>Udgiivet af</i>	Miljøkontrollen, Københavns Kommune 2005.
<i>Udarbejdet af</i>	Danmarks Miljøundersøgelser i samarbejde med TetraPlan.
<i>Rapportens forfattere</i>	Steen Solvang Jensen, Matthias Ketznel, Ruwim Berkowicz og Finn Palmgren, Danmarks Miljøundersøgelser samt Jacob Høj og Susanne Krawack, TetraPlan.
<i>Redaktion afsluttet</i>	Juni 2005.
<i>Abstrakt</i>	Rapporten beskriver kilderne til kvælstofdioxid (NO <sub>2</sub> ) på H.C. Andersens Boulevard og andre stærkt trafikerede gader i Københavns Kommune, og der foretages en systematisk kortlægning af det geografiske omfang af problemet med høje NO <sub>2</sub> niveauer i byen. Der opstilles forskellige realistiske trafikale og teknologi scenarier, som er vurderet med hensyn til deres trafikale effekt og effekt for luftkvaliteten af NO <sub>2</sub> . Endvidere vurderes hvordan virkemidlerne kan implementeres mht. ansvarlige parter, offentlige omkostninger samt tidshorisont. Endelig foretages en særskilt overordnet vurdering af scenariernes betydning for PM <sub>10</sub> (partikler under 10 mikrometer), idet der knytter sig større usikkerheder til det eksisterende videngrundlag for partikler end for NO <sub>2</sub> .
<i>Emneord</i>	Luftkvalitet, NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , luftkvalitetsmodel, emission, grænseværdier, trafik, trafikmodel, scenarier, konsekvensvurdering, implementering.
<i>Rapporten bedes citeres</i>	Jensen, S.S., Ketznel, M., Berkowicz, R., Palmgren, F., Høj, J. & Krawack, S. 2005: Virkemidler til overholdelse af NO <sub>2</sub> grænseværdier for luftkvalitet i København. Miljøkontrollen, Københavns Kommune. Udført af Danmarks Miljøundersøgelser og TetraPlan. 111 s.
<i>Kildehenvisning</i>	Gengivelse med kildehenvisning er tilladt.
<i>ISBN</i>	ISBN (elektronisk): 87-90947-27-4.
<i>Internetversion</i>	Rapporten findes elektronisk på Miljøkontrollens hjemmeside: <a href="http://www.miljoe.kk.dk">www.miljoe.kk.dk</a> eller <a href="http://www.kk.dk/luftudsiget">www.kk.dk/luftudsiget</a>

Miljøkontrollen  
Kalvebod Brygge 45  
Postboks 259  
1502 København V  
Telefon: 33 66 58 00  
Telefax: 33 66 71 33  
Email: [miljoe@mff.kk.dk](mailto:miljoe@mff.kk.dk)  
[www.miljoe.kk.dk](http://www.miljoe.kk.dk)

# Indholdsfortegnelse

## **Indledning 5**

## **Sammenfatning 8**

## **Summary in English 21**

### **1 NO<sub>2</sub> som luftforurening og grænseværdier 35**

- 1.1 NO<sub>2</sub> som luftforurening i byområder 35
- 1.2 Grænseværdier for NO<sub>2</sub> 38

### **2 Problemidentifikation 40**

- 2.1 Udvalgelse af veje til kortlægning af NO<sub>2</sub> og PM10 i København 40
- 2.2 Metode for koncentrationsberegninger 41
- 2.3 Kortlægning af NO<sub>2</sub> i København 45
- 2.4 Kildeopgørelse for NO<sub>x</sub> 53
- 2.5 Trafikal analyse 54

### **3 Opstilling af scenarier 56**

- 3.1 Rationaler bag de opstillede scenarier 56
- 3.2 De fire scenarier 58
  - 3.2.1 Scenarie 1: Kommunale virkemidler 58
  - 3.2.2 Scenarie 2: Begrænsning af transportarbejdet 62
  - 3.2.3 Scenarie 2A: Betalingsring 62
  - 3.2.4 Scenarie 2B: Kørselsafgifter 64
  - 3.2.5 Scenarie 3: Indførelse af de reneste teknologier 65
  - 3.2.6 Sammenligning af anvendte emissionsfaktorer med COPERT 66
  - 3.2.7 Scenarie 4 Den maksimale effekt 72

### **4 Effektvurdering af virkemidler 76**

- 4.1 De trafikale effekter af scenarierne 76
- 4.2 Effekter for luftkvalitet af scenarierne 82

### **5 Implementering af virkemidler 94**

- 5.1 Scenarie 1: Kommunale virkemidler 94
- 5.2 Scenarie 2 Begrænsning af transportarbejdet 97
- 5.3 Scenarie 3: Indførelse af de reneste teknologier 99
- 5.4 Scenarie 4: Maksimal effekt 101

### **6 Overordnet vurdering for PM<sub>10</sub> 103**

- 6.1 Grænseværdier for PM<sub>10</sub> og sammenligning med målinger 103
- 6.2 Kildeopgørelse for PM<sub>10</sub> på Jagtvej 105
- 6.3 Effekter af scenarierne for PM<sub>10</sub> 106

## **Referencer 110**

*(tom side)*

# Indledning

## Baggrund

Miljøkontrollen i Københavns Kommune har målt høje niveauer af kvælstofdioxid (NO<sub>2</sub>) på H.C. Andersens Boulevard i København. Vejtrafikken er hovedårsagen til NO<sub>2</sub> problemet i byens trafikerede gader, og niveauet har de senere år været næsten konstant. NO<sub>2</sub> er primært en sekundær forurening, som dannes i luften ud fra NO (kvælstofmonoxid) emission fra trafikken, som reagerer med luftens O<sub>3</sub> (ozon) under dannelse af NO<sub>2</sub>. NO<sub>2</sub> udgør kun omkring 5-15% af den direkte emission af NO<sub>x</sub> (NO<sub>2</sub> og NO) fra trafikken. Luftens ozonniveauer har derfor væsentlig indflydelse på NO<sub>2</sub> niveauerne. Ozonniveauerne i Danmark er bestemt af emissionen af NO<sub>x</sub> og HC (kulbrinter) i hele Europa, som leder til dannelse af ozon i atmosfæren.

Målinger fra 2002 og 2003 viser, at NO<sub>2</sub> niveauerne for årsmiddelværdier ligger over grænseværdien plus tolerancemargin for tilladt overskridelse. Når der sker en overskridelse af grænseværdi plus tolerancemargin skal Miljøstyrelsen, i tæt samarbejde med lokale myndigheder, udarbejde en plan som sikrer, at grænseværdien overholdes senest i 2010.

På den baggrund blev der etableret et samarbejde mellem Miljøstyrelsen, Danmarks Miljøundersøgelser og Miljøkontrollen i Københavns Kommune for at få belyst omfanget af problemet. Tidligere udførte prognoseberegninger, udført af Danmarks Miljøundersøgelser, viser at det ikke bliver muligt at overholde grænseværdien med de nuværende og kommende kendte miljøtiltag. Det gælder efter implementering af allerede planlagte initiativer fra EU-kommissionen til planer på lokalt niveau, som f.eks. Københavns kommunes forslag til trafik- og miljøplan. En yderligere teoretisk 20 % reduktion i NO<sub>x</sub> emissionen eller 20 % reduktion i baggrunds niveauet af O<sub>3</sub> vurderes heller ikke at være nok til at grænseværdien kan overholdes på H.C. Andersens Boulevard eller tilsvarende trafikerede vejstrækninger. For yderligere detaljer se rapporten "Analyse af forhøjet NO<sub>2</sub> niveau i København og prognose for 2010". Faglig rapport fra DMU, nr. 498, 2004.

Der er således behov for at få vurderet, hvilke ekstraordinære virkemidler der skal til for at sikre overholdelse af grænseværdien for NO<sub>2</sub> samt omkostninger forbundet hermed.

## Formål

Formålet med projektet er at få udarbejdet en rapport som omhandler følgende hovedemner:

- Detaljeret beskrivelse af kilderne til NO<sub>2</sub> på H.C. Andersens Boulevard og andre stærkt trafikerede gader i Københavns Kommune, herunder kildeopgørelse for gadebidrag, bybaggrundsbidrag og regionalt bidrag.
- Kortlægning via GIS (Geografiske Informationssystemer) af det geografiske omfang af problemet med høje NO<sub>2</sub> niveauer i byen.

- Vurdering af omfanget af nødvendig reduktion i NO<sub>x</sub> emissionen
- Vurdering af effekten af hidtidige initiativer til begrænsning af NO<sub>2</sub> niveauer.
- Udarbejdelse af et katalog over egnede virkemidler.
- Opstilling af forskellige realistiske trafikale scenarier og vurdering af deres trafikale effekt.
- Gennemførelse af luftkvalitetsberegninger for at se effekten af mulige scenarier til reduktion af NO<sub>2</sub>.
- En særskilt overordnet vurdering af scenariernes betydning for PM<sub>10</sub>
- Omkostninger/finansieringsprincipper forbundet ved forskellige virkemidler.
- Vurdering af hvordan egnede virkemidler kan implementeres samt tidshorisont for implementeringen.

#### *Afgrænsning*

Overholdelsen af grænseværdierne for PM<sub>10</sub> (partikler under 10 µm) kan ligeledes blive et problem. Det er imidlertid ikke muligt at inkludere en fuld analyse af problemstillingen omkring PM<sub>10</sub> på samme måde som for NO<sub>2</sub>, fordi der endnu eksisterer meget store usikkerheder i det eksisterende videngrundlag vedr. trafikens emission (særligt fordeling på direkte emission og ophvirvling) samt betydningen af andre kilder, herunder betydningen af vejvedligeholdelsen (saltning mv.) og type af vejbelægning mv. Fjerntransporten udgør endvidere en højere andel end for NO<sub>2</sub>. I forbindelse med beregninger for NO<sub>2</sub> er der også blevet foretaget beregninger for PM<sub>10</sub> baseret på eksisterende usikre emissionsfaktorer, som er relateret til NO<sub>x</sub> emissionen. På denne baggrund vil der blive foretaget en særskilt overordnet vurdering af virkemidlernes betydning for PM<sub>10</sub>. DMU er i gang med en mere dybtgående analyse af partikkelproblematikken herunder PM<sub>2,5</sub>, som der forventes grænseværdier for, ultrafine partikler, og i øvrigt af andre egenskaber ved partikler. Der henvises til nuværende og kommende publikationer om dette.

#### *Rådgiver*

Projektet er udført for Miljøkontrollen, Københavns Kommune af Danmarks Miljøundersøgelser i samarbejde med TetraPlan. Danmarks Miljøundersøgelser har forestået beregninger og analyser vedr. emission og luftkvalitet, mens TetraPlan har opstillet scenarier og vurderet den trafikale effekt heraf samt beskrevet implementering af virkemidler.

#### *Styregruppe*

Projektet blev ledet af en styregruppe bestående af: Lene Mårtensson og Birte Busch Thomsen, Miljøkontrollen (formandsskab), Ulrik Torp, Miljøstyrelsen, Steen Solvang Jensen, Ruwim Berkowicz og Matthias Ketzler, Danmarks Miljøundersøgelser, Jacob Høj og Susanne Krawack, TetraPlan.

”Sammenfatning” giver et resume af rapportens baggrund, formål, overordnet metode samt hovedresultater og konklusion.

Kapitel 1 ”NO<sub>2</sub> som luftforurening og grænseværdier” beskriver NO<sub>2</sub> som luftforurening og grænseværdier herfor. Det giver en baggrund for at forstå problemstillingen omkring overskridelser af grænseværdien for NO<sub>2</sub> samt effekten af forskellige tiltag.

Kapitel 2 ”Problemidentifikation” beskriver resultaterne af en systematisk kortlægning af NO<sub>2</sub> niveauerne på de mest trafikerede vejstrækninger i Københavns Kommune, som tillige beskriver bidragene fra gade, bybaggrund og regional baggrund. Endvidere foretages en kildeopgørelse, som viser NO<sub>x</sub> emissionens fordeling på de forskellige køretøjskategorier. Beregningerne er baseret på luftkvalitetsmodeller fra Danmarks Miljøundersøgelser – bybaggrundsmodellen Urban Background Model (UBM) og gadeluftkvalitetsmodellen Operational Street Pollution Model (OSPM). I analysen indgår også en trafikale analyse (med udgangspunkt i H.C. Andersens Boulevard), der viser, hvor trafikken kommer fra.

Kapitel 3 ”Opstilling af scenarier” omhandler opstilling af realistiske scenarier. Der er opstillet 4 scenarier:

- 1) Kommunale virkemidler - I dette scenarie vurderes effekten af hvad kommunen kan gøre alene med kommunale virkemidler.
- 2) Begrænsning af transportarbejdet - I dette scenarie fokuseres på effekten af at begrænse transportarbejdet ved anvendelse af kørselsafgifter som virkemiddel. Der ses på to separate delscenarier (A) betalingsring og (B) GPS baserede kørselsafgifter.
- 3) Indførelse af de reneste teknologier - I dette scenarie fokuseres alene på de forskellige muligheder for ad teknologisk vej at opnå reduktioner i NO<sub>2</sub>-forureningen.
- 4) Maksimal effekt - I dette scenarie sammensættes de virkemidler som forventes at give den størst mulige effekt på NO<sub>2</sub>-forureningen i København.

Kapitel 4 ”Effektvurdering” omhandler effektvurdering af scenarierne med hensyn til trafik, emission og luftkvalitet.

Kapitel 5 ”Implementering” gør kort rede for aspekter vedr. omkostninger, finansiering og organisering i forbindelse med implementering af de forskellige scenarier.

Kapitel 6 ”Grov vurdering for PM10” gør kort rede for PM10 som luftforurening, grænseværdier for PM10 og de usikkerheder der knytter sig til det eksisterende videngrundlag. Resultater af kortlægning samt effektvurdering af scenarier præsenteres og diskuteres.



# Sammenfatning

## *Baggrund*

Miljøkontrollen i Københavns Kommune har målt høje niveauer af kvælstofdioxid (NO<sub>2</sub>) på H.C. Andersens Boulevard. Vejtrafikken er hovedårsagen til NO<sub>2</sub> problemet i byens trafikerede gader, og niveauet har de senere år været næsten konstant. Målinger fra 2002 og 2003 viser, at NO<sub>2</sub> niveauerne for årsmiddelværdier ligger over grænseværdien plus tolerancemargin for tilladt overskridelse. Når der sker en overskridelse af grænseværdi plus tolerancemargin skal Miljøstyrelsen, i tæt samarbejde med lokale myndigheder, udarbejde en plan som sikrer, at grænseværdien overholdes senest i 2010. På denne baggrund har Miljøkontrollen i Københavns Kommune i samarbejde med Miljøstyrelsen ønsket at få en vurdering af, hvilke ekstraordinære virkemidler, der skal til for at sikre overholdelse af grænseværdien for NO<sub>2</sub> samt omkostninger forbundet hermed.

## *Formål*

Formålet med rapporten er at beskrive kilderne til NO<sub>2</sub> på H.C. Andersens Boulevard og andre stærkt trafikerede gader i Københavns Kommune, herunder foretage en systematisk kortlægning af det geografiske omfang af problemet med høje NO<sub>2</sub> niveauer i byen. Det er endvidere at opstille forskellige realistiske trafikale scenarier og foretaget en vurdering af deres trafikale effekt og effekt for NO<sub>2</sub>. Endvidere er det at vurdere, hvordan virkemidlerne kan implementeres mht. til ansvarlige parter, omkostninger samt tidshorisont. Endelig er det formålet at foretage en særskilt overordnet vurdering af scenariernes betydning for PM<sub>10</sub>.

## *Metode*

Det trafikale grundlag er primært baseret på Ørestadstrafikmodellen (OTM), men der er også benyttet data fra København-Ringsted Trafikmodellen (KRT), samt trafikdata for enkeltstrækninger fra tællinger foretaget af Københavns Kommune. Alle effekter af de trafikale scenarier er vurderet ved hjælp af OTM modellen. Luftkvalitetsberegningerne er baseret på luftkvalitetsmodeller fra Danmarks Miljøundersøgelser – bybaggrundsmodellen Urban Background Model (UBM) og gadeluftkvalitetsmodellen Operational Street Pollution Model (OSPM) samt OSPM's emissionsmodul.

## **Resultater af problemanalysen**

### *Omkring 80 gadestrækninger overskrider grænseværdien for NO<sub>2</sub> i 2010*

Problemanalysen viste, at på omkring 80 gadestrækninger kan man forvente at grænseværdien for NO<sub>2</sub> er overskredet i 2010. Problemet er således ikke koncentreret til et sted med særligt uheldige forhold som H.C. Andersens Boulevard, men er et generelt problem for de stærkest trafikerede veje i det meste af Københavns Kommune.

### *NOx kildeopgørelse*

NOx emissionen og dermed grundlaget for NO<sub>2</sub> niveauerne i gadeluften er undersøgt detaljeret for H.C. Andersens Boulevard (60.000 køretøjer/døgn) og Jagtvej (29.000 køretøjer/døgn) for hverdage i 2010. Den tunge trafik bidrager med knap 20-30% af NOx emissionen men udgør kun 3-4% af trafikken, varebiler omkring 25-30% af NOx emission og 10-12% af trafikken, taxier omkring 20% af NOx emissio-

nen og 8-9% af trafikken, og personbiler med omkring 25-30% af NO<sub>x</sub> emissionen men med 77% af trafikken. I forhold til trafikens andel er NO<sub>x</sub> emissionen derfor særligt høj for de tunge køretøjer, men også taxier og varebiler bidrager med en forholdsvis stor del af NO<sub>x</sub> emissionen i forhold til antallet af køretøjer. Dieseldrevne køretøjer som helhed bidrager med hovedparten af NO<sub>x</sub>.

#### *NO<sub>2</sub> koncentration*

NO<sub>2</sub> koncentrationen består af et direkte emitteret bidrag fra trafikken i gaden samt et bidrag fra omdannelse af NO<sub>x</sub> til NO<sub>2</sub>. Denne omdannelse sker ved hjælp af ozon og i de fleste stærkt trafikerede gader vil ozonkoncentrationen være den begrænsende faktor for denne omsætning og dermed for NO<sub>2</sub> koncentrationen. Det betyder, at en reduktion i NO<sub>x</sub> emissionen ikke nødvendigvis vil føre til en tilsvarende reduktion i NO<sub>2</sub> koncentrationen i gaden.

NO<sub>2</sub> koncentrationen i den enkelte gade er sammensat af et bidrag fra trafikken i gaden, et bidrag fra byen generelt samt et bidrag fra et generelt regionalt niveau. I den tætte del af København i 2010 vil det regionale bidrag ligge på omkring 10 µg/m<sup>3</sup> og bybaggrundsbidraget på 5-15 µg/m<sup>3</sup>. Gadebidraget udgør fra nogle få mikrogram til 35 µg. Det samlede niveau ligger derfor på mellem 18 og 62 µg/m<sup>3</sup>. Denne sammensætning af koncentrationen i en gade betyder, at der skal ske en endog meget kraftig reduktion af trafikken i en meget trafikeret gade før det får nogen væsentlig indflydelse på den samlede koncentration, hvis der ikke samtidig sker en generel reduktion af trafikken i hele byen.

#### *Trafikal analyse*

Den trafik der kører på H.C. Andersens Boulevard er relativt lokal. Den gennemsnitlige tur er på 15 km og kommer således ikke ud over nabokommunerne. Det peger på, at problemer skal løses relativt lokalt, hvilket vil sige med virkemidler, der primært påvirker trafikken i Københavns kommune. Der er på den anden side tale om trafik der kører over så lange afstande at der er et potentiale for at ændre rute eller at skifte transportmiddel. Den tunge trafik kører lidt længere i gennemsnit end personbilturene. 20 km er gennemsnittet for ture med tung trafik.

#### **Scenarierne**

De virkemidler det er relevant at tage i anvendelse må altså primært påvirke den tunge trafik på mange af de overordnede veje i hele kommunen. Virkemidler der påvirker de store mængder af benzinpersonbiler vil have en mindre betydning for NO<sub>x</sub> emissionen. På denne baggrund er det valgt at opstille fire scenarier, som samtidig tager hensyn til de trafikale virkemidler, der indgår i debatten om regulering af trafikken i København.

1. Det første scenarie sigter på, hvad kommunen kan gøre med virkemidler der ligger i kommunens regi.
2. Det andet belyser, hvor langt man kommer ved at reducere bilkørsel ved at indføre afgifter på forskellig måde (betalingsring/kørselsafgifter).
3. Det tredje scenarie ser på, hvor langt man kommer ved at udnytte den reneste teknologi i køretøjsparken

4. Det fjerde scenarie sammenfatter alle typer af virkemidler og belyser den maksimale effekt.

Virkemidlerne i de fire scenarier er opsummeret i tabel 1.

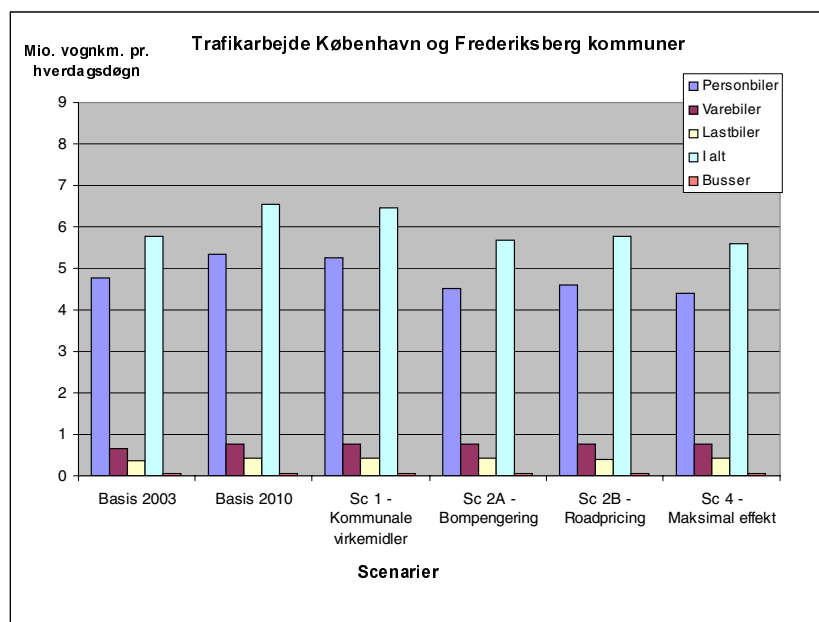
I skemaet på næste side præsenteres et overblik over hvilke virkemidler scenarierne omfatter samt en kort beskrivelse af deres trafikale virkninger. Disse virkninger er erfaringer eller modelberegninger fra forskellige byer og er ikke nødvendigvis, hvad man kan forvente i København.

Tabel 1 Oversigt over scenariernes trafikale effekter		
Scenarie	Tiltag	Trafikal effekt – erfaring fra andre storbyer
1. Kommunale virkemidler	Havnetunnel	Omfordeler trafikken, så den kører udenom bymidten i København. Reduktion af biltrafikken på 10-30% i centrale gader.
	Metro City Ring	Reducerer bustrafikken med 30-50% i de indre dele af København. Begrænset effekt på personbiler og ingen effekt på vare- og lastbiler
	Pendlerplaner	Begrænser pendling med personbil med 5-10% - altså reduktion af personbiltrafik i myldretiden.
	Trafiksanering	Forhindrer gennemkørsel i de centrale dele af København og medvirker til at forskønne og fredeliggøre bymidten. Skal ses i sammenhæng med en havnetunnel.
2. Reduktion af biltrafik	2.1 Betalingsring	Begrænser særligt personbiltrafikken over ringen. Reduktioner her på 5-15 % ved betaling på 10-30 kr.. Ingen effekt på interne ture indenfor ringen. Mindre effekt på vare- og lastbiltrafik. Effekten er helt afhængig af taksten. I scenariet er der forudsat 30 kr. pr tur for personbiler, 60 kr. for varebiler og 120 kr. for lastbiler.
	2.2 Kørselsafgifter	Begrænser særligt personbiltrafikken i hele det område afgifterne dækker. Mindre effekt på vare – og lastbiltrafik. Effekten er helt afhængig af takststrukturen. I scenariet er der forudsat 1,5 kr. pr km for personbiler, 3,0 kr. pr km for varebiler, og 6 kr. pr km for lastbiler i den tætte del af København og halvdelen udenfor.
3. Reneste teknologier	Hurtigere indførelse af skærpede emissionskrav til diesel person- og varebiler	Ingen trafikale effekt 16% af alle diesel person- og varebiler opfylder tysk forslag til skærpede emissionsnormer for personbiler
	Renere busser i miljøzonen	Ingen trafikale effekt 100% af alle busser opfylder tysk forslag til skærpede emissionsnormer i miljøzonen og 33% udenfor miljøzonen.
	Skærpede emissionskrav i miljøzone for tunge køretøjer	Ingen trafikale effekt 100% af alle lastbiler opfylder tysk forslag til skærpede emissionsnormer i miljøzonen og 33% udenfor miljøzonen.
4. Maksimal effekt	Havnetunnel	Omfordeler trafikken, så den kører udenom bymidten i København. Reduktion af biltrafikken på 10-30% i centrale gader.
	Metro City Ring	Reducerer bustrafikken med 30-50% i de indre dele af Københavns Kommune. Begrænset effekt på personbiler og ingen effekt på vare- og lastbiler
	Pendlerplaner	Begrænser pendling med personbil med 5-10% - altså reduktion af personbiltrafik i myldretiden.
	Trafiksanering	Forhindrer gennemkørsel i de centrale dele af København og medvirker til at forskønne og fredeliggøre bymidten.
	Kørselsafgifter	Begrænser særligt personbiltrafikken i hele det område afgifterne dækker. Mindre effekt på vare – og lastbiltrafik. Effekten er helt afhængig af takststrukturen.
	Hurtigere indførelse af skærpede emissionskrav til diesel person- og varebiler	Ingen trafikale effekt 16% af alle diesel person- og varebiler opfylder tysk forslag til skærpede emissionsnormer
	Renere busser i miljøzonen	Ingen trafikale effekt 100% af alle busser opfylder tysk forslag til skærpede emissionsnormer i miljøzonen og 33% udenfor miljøzonen.
	Skærpede emissionskrav i miljøzone for tunge køretøjer	Ingen trafikale effekt 100% af alle lastbiler opfylder tysk forslag til skærpede emissionsnormer i miljøzonen og 33% udenfor miljøzonen.
	Citylogistik	Vare og lastbiltrafikken i det meste af kommunen reduceres med 5-10 %

### Trafikale effekter af scenarierne

Samlet trafikale effekt

De trafikale effekter for scenarierne er sammenstillet i figur 1, som viser trafikarbejdet for København og Frederiksberg kommuner opdelt på køretøjstyper.



Figur1 Trafikarbejde i Københavns og Frederiksberg kommuner for de forskellige scenarier.

Trafikal effekt for 138 udpegede gadestrækninger

I forbindelse med vurdering af effekten for NO<sub>2</sub> er der udpeget 138 stærkt trafikerede gadestrækninger i København og Frederiksberg kommuner.

De forskellige trafikale scenarier har en relativt lille trafikal effekt på den gennemsnitlige trafik på de 138 udvalgte gadestrækninger under et, men dette dækker over at nogle gader får mindre trafik og andre gader mere trafik.

I Sc 1 – Kommunale virkemidler, er de trafikale ændringer på de udpegede strækninger små. For knap halvdelen af strækningerne falder trafikken med op til 5%. For ¼ af strækningerne stiger trafikken med op til 5%.

I Sc 2A – Betalingsring, er de trafikale ændringer på de udpegede strækninger betydeligt større. Her falder i trafikmængderne på stort set alle strækninger. For omkring halvdelen af strækningerne er faldet på 10-25% af trafikken og på ¼ af strækningerne er faldet mellem 5 og 10%. Kun på 4 af de udpegede strækninger stiger trafikken.

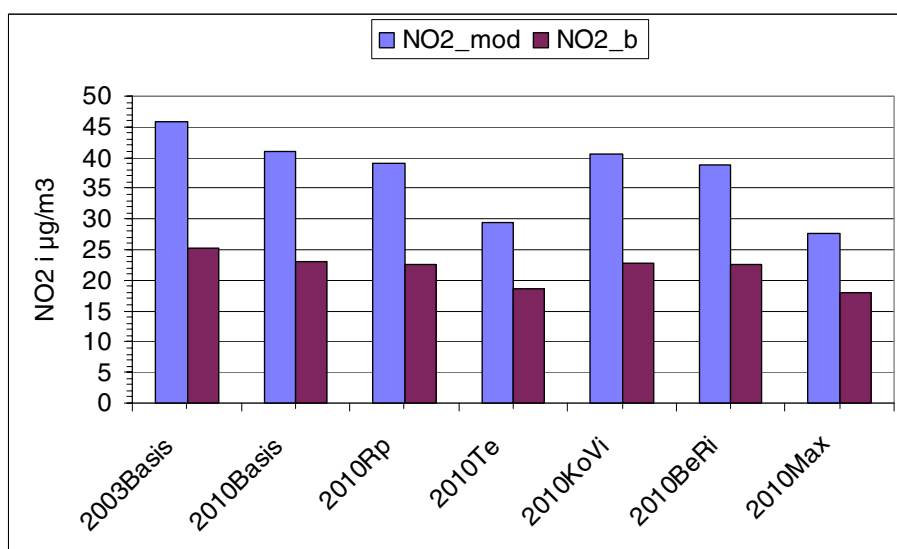
For scenarierne med kørselsafgifter som virkemiddel – Sc2B og Sc 4, er ændringerne i trafikmængderne mere varieret. På 30% af strækningerne stiger trafikken mens den falder på de resterende 70%. Både stigninger og fald er ret store, på omkring halvdelen af strækningerne er ændringerne på 10-50%. Effekten skyldes primært at kørselsafgifter, udover at dæmpe biltrafikken generelt, giver anledning til en omfattende omfordeling af trafikken på vejnettet i byen. Denne effekt er en følge af at prissætningen er forskellig for forskellige geografiske områder og gadetyper.

Generelt øges trafikken på det overordnede regionale vejnet og reduceres på bydelsgader og i lokalområderne.

For de scenarier som indeholder enten kørselsafgifter eller bompengering vil der ske en reduktion i antal ture med formål som fritidsaktiviteter og indkøb, hvorimod turene til arbejde, uddannelse og erhvervsture ikke falder bort i OTM trafikmodellen, selvom omkostningerne stiger markant. For samtlige personture sker der en omfordeling af ture mellem bil, kollektiv trafik og cykeltrafik. For den tunge trafik påvirkes antal ture ikke i takt med at omkostningerne stiger. Antallet af ture ligger fast, men rutevalget vil ændre sig.

Effekt af scenarierne på luftkvaliteten af NO<sub>2</sub>

I figur 2 er vist den gennemsnitlige effekt for NO<sub>2</sub> for de 138 gadestrækninger af de forskellige scenarier. Det ses, at det kun er teknologiscenariet (og dermed maksimal scenariet), der giver en betydelig effekt i forhold til basissituationen i 2010. Dette gælder for såvel bybaggrunds niveauet som gadeniveauet. De kommunale virkemidler giver næsten ingen effekt, mens betalingsring og kørselsafgifter giver en beskedne effekt på den gennemsnitlige NO<sub>2</sub> koncentration.



Figur 2 Den gennemsnitlige effekt for NO<sub>2</sub> for de 138 gadestrækninger af de forskellige scenarier. "Rp" står for kørselsafgifter, "Te" for teknologi, "KoVi" for kommunale virkemidler, "BeRi" for betalingsring, og "Max" for maksimal virkemidler. "NO<sub>2</sub>\_mod" er beregnet i gaderne og "NO<sub>2</sub>\_b" er bybaggrundsbidraget.

Teknologiscenariet er baseret på at et tysk forslag vedtages om skærpede emissionsnormer til dieseldrevne person samt lastbiler og busser. Dette forslag går ud på at emissioner fra dieseldrevne personbiler skal være lige så skræppe som til benzindrevne biler med katalysator, og for de tunge køretøjer er det en yderligere skærpelse af de emissionskrav som træder i kraft i 2006 for tunge køretøjer. Kravene forventes kun at kunne opfyldes med emissionsbegrænsende udstyr (NO<sub>x</sub> katalysator og partikelfiltre). For dieseldrevne varebiler er det antaget at disse opfylder de samme krav som til diesel personbiler.

*Effekt på luftkvaliteten af NO<sub>2</sub> på de 138 gader i de forskellige scenarier*

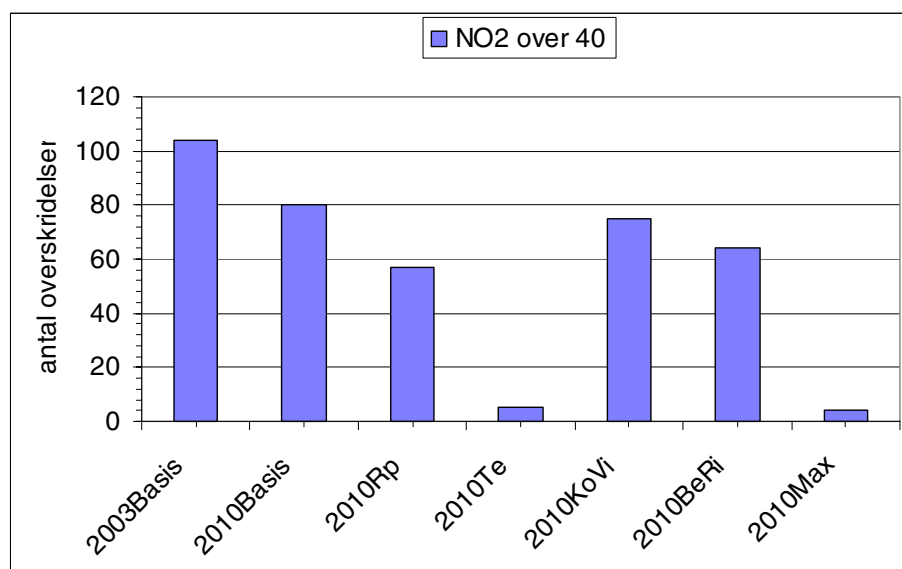
Antallet af overskridelser af grænseværdien for NO<sub>2</sub> på 40 µg/m<sup>3</sup> i 2010 er opsummeret i figur 3 for de enkelte scenarier.

I 2010 i basissituationen er der omkring 80 gadestrækninger, som forventes at overskride grænseværdien.

Teknologiscenariet er det eneste scenarie, som markant reducerer NO<sub>2</sub> niveauerne, således at antallet af overskridelser af NO<sub>2</sub> grænseværdien reduceres til omkring 5 gadestrækninger i 2010. Det maksimale scenarie omfatter teknologi scenariet, og det er årsagen til de markante reduktioner i dette scenarie.

Teknologiscenariet svarer til en gennemsnitlig NO<sub>x</sub> reduktion på omkring 30% på vejnettet inden for miljøzonen. På de 138 gader reduceres NO<sub>x</sub> emissionen med omkring 25-55% afhængig af køretøjs-sammensætningen. Bybaggrundsbidraget reduceres med omkring 22-47%. Disse NO<sub>x</sub> reduktioner ser således stort set ud til at løse NO<sub>2</sub> problemet. For at opnå samme effekt med et rent trafikalt scenarie skulle det pågældende scenarie være i stand til at reducere trafikken i gennemsnit for alle køretøjskategorier med samme procentsatser som ovenstående NO<sub>x</sub> reduktioner i forhold til den trafikale situation i basis 2010.

I scenarierne med betalingsring og kørselsafgifter er der omkring 60 af de 80 gadestrækninger, hvor grænseværdierne overskrides. I disse scenarier vil nogle gader få højere koncentrationer end i basissituationen, fordi trafikken stiger, og omvendt vil nogle gader få lavere koncentrationer end i basissituationen pga. mindre trafik. De trafikale scenarier giver kun en moderat reduktion i antallet af gader, som overskrider NO<sub>2</sub> grænseværdien. I scenariet med kommunale virkemidler er effekten på NO<sub>2</sub> yderst begrænset. Det er i omkring 75 af de 80 gader at grænseværdien for NO<sub>2</sub> overskrides i 2010. De fleste af disse virkemidler begrænser trafikken i nogle gader, men fører typisk til omvejskørsel i andre gader og samlet set et større trafikarbejde.



Figur 3 Antallet af overskridelser af grænseværdien for NO<sub>2</sub> på 40 µg/m<sup>3</sup> ud af de 138 udvalgte gadestrækninger. "Rp" står for kørselsafgifter, "Te" for teknologi, "KoVi" for kommunale virkemidler, "BeRi" for betalingsring, og "Max" for maksimal virkemidler.

### Implementering af virkemidlerne i scenarierne

Der er gennemført en analyse af, hvordan de forskellige scenarier kan implementeres. Tabel 2 giver et overblik. De følgende aspekter er belyst:

- hvilken myndighed har kompetence til at beslutte at gennemføre tiltaget?
- hvad er omkostningen ved at gennemføre tiltaget?
- hvad er tidshorisonten fra et tiltag vedtages til det gennemføres, og til det får den fulde effekt?

Scenarierne er gennemregnet som om det har fuld virkning i 2010, selvom nogle af virkemidlerne, fx i teknologiscenariet først realistisk set kan indtræffe senere fx 2012-2015.

#### Implementering af teknologiscenariet

Teknologiscenariet er det eneste scenarie der markant reducerer antallet af gadestrækninger, som overskrider grænseværdien for NO<sub>2</sub> i 2010, idet der kun forventes meget få overskridelser, såfremt dette teknologiscenarie realiseres.

Teknologiscenariet er ikke forbundet med nogen direkte offentlige investeringer, idet det er vognmandsforretninger og HUR som skal investere i nye lastbiler og busser, som opfylder de stillede krav. Man kunne dog forestille sig at det offentlige ydede tilskud i forbindelse en fremskyndelse af skærpede emissionsnormer for tunge køretøjer i København.

Teknologiscenariet forudsætter, at det tyske forslag vedtages, at Københavns Kommune beslutter skærpede emissionskrav i miljøzonen, og at Justitsministeriet godkender dette. Herefter skal transportoperatørerne have en rimelig tid til implementering. Et rimeligt varsel til



Tabel 2 Oversigt over scenarierne				
Scenarie	Tiltag	Kompetence	Offentlig omkostning	Tidshorizont for effekten
1. Kommunale virkemidler	Havnetunnel	Kommunen (staten )	8 mia. kr.	2012
	Metro City Ring	Kommunen (staten )	13,5 mia. kr.	2015
	Pendlerplaner	Kommunen	2 mio. kr.	2010
	Trafiksanering	Kommunen	0,5 mia. kr.	2012
2. Reduktion af biltrafik	2.1 Betalingsring	Staten og kommunen	0,5-0,7 mia. kr. Nettoprovenu på 3 mia. per år.	2010
	2.2 Kørselsafgifter	Staten og kommunen	0,7 mia. kr. Nettoprovenu på 2,5 mia. kr. per år	2010
3. Reneste teknologier	Hurtigere indførsel af skærpede normer	EU	0	Effekten fremrykkes 2 år
	Renere busser	HUR	Mindre udgift	2010-
	Skærpede emissionskrav i miljøzone	Kommunen og staten	Mindre udgift	2012-2015
4. Maksimal effekt	Havnetunnel	Kommunen (staten )	8 mia. kr.	2012
	Metro City Ring	Kommunen (staten )	13,5 mia. kr.	2015
	Pendlerplaner	Kommunen	2 mio. kr.	2010
	Trafiksanering	Kommunen	0,5 mia. kr.	2012
	Kørselsafgifter	Staten og kommunen	0,7 mia. kr. Nettoprovenu på 2,5 mia. kr. per år	2010
	Hurtigere indførsel af skærpede normer	EU	0	Effekten fremrykkes 2 år
	Renere busser	HUR	Mindre udgift	2010-
	Skærpede emissionskrav i miljøzone	Kommunen og staten	Mindre udgift	2012-2015
	Citylogistik	Kommunen og staten	60 mio. kr.	2012

operatørerne kunne være 5-6 år, hvis kravet indebærer indkøb af nye lastbiler, mens en kortere varslingstid kunne anvendes såfremt kravene kan overholdes ved eftermontering af emissionsbegrænsende udstyr. Der kan blive tale om, at operatørerne vil kræve kompensation for yderligere omkostninger, og det vil i så fald være op til en forhandling.

Med ovenstående beslutningsprocedure samt varsel til operatørerne er det ikke realistisk at dette scenarie kan være fuldt implementeret i 2010, hvor grænseværdierne for NO<sub>2</sub> skal være overholdt. Det gennemførte scenarie afspejler derfor en situation, som kunne indtræffe senere fx omkring 2012-2015.

Der knytter sig nogle usikkerheder til implementering af teknologiscenariet. Teknologiscenariet forudsætter, at det tyske forslag vedtages, at Københavns Kommune beslutter skærpede emissionskrav i miljøzonen, og at Justitsministeriet godkender dette. Herefter skal transportoperatørerne have en rimelig tid til implementering. Med ovenstående beslutningsprocedure samt varsel til operatørerne er det ikke realistisk at dette scenarie kan være fuldt implementeret i 2010, hvor grænseværdierne for NO<sub>2</sub> skal være overholdt. Det gennemførte scenarie afspejler derfor en situation, som kunne indtræffe senere fx omkring 2012-2015.

En anden væsentlig usikkerhed er om de faktiske emissioner under faktiske kørselsforhold modsvarer Euro emissionsnormerne, som skal overholdes i forbindelse med typegodkendelse. I beregningerne er det forudsat, at de tunge køretøjer overholder det tyske forslag til emissionsnormerne under faktisk kørsel. Tidligere erfaringer viser dog, at skærpede emissionsnormer for tunge køretøjer ikke har resulteret i de emissionsreduktioner, som man forventede og dermed heller ikke i den forventede forbedring af luftkvaliteten. De emissionsfaktorer som anvendes for NO<sub>x</sub> i gadeluftkvalitetsmodellen OSPM, og som har vist sig realistiske, er således omkring dobbelt så høje som de officielle emissionsfaktorer i EU Kommissionens emissionsmodel (COPERT III). Antagelsen om at de tunge køretøjer faktisk vil overholde det tyske forslag til emissionsnormer i praksis vil derfor betyde en drastisk emissionsreduktion på omkring en faktor 10 for de tunge køretøjer.

De fremtidige krav forventes at resultere i et teknologispring med NO<sub>x</sub> reducerende udstyr og partikelfiltre på dieselkøretøjer, som forventes at kunne reducere emissionerne drastisk på samme måde, som det skete med katalysatoren på benzindrevne personbiler. Teknologiscenariet forudsætter derfor at de skærpede emissionsnormer vil føre til dette teknologispring for dieseldrevne person- og varebiler samt lastbiler og busser, således at man også i praksis kan forvente drastisk reduktion af emissionerne. I forbindelse med de fremtidige emissionskrav stilles der samtidig krav om forbedrede testcyklus, som i højere grad modsvarer faktisk kørsel, et varighedskrav, således at normerne også skal overholdes efter en årrække og ikke kun ved typegodkendelse, samt On-Board Diagnostic System (OBD), som er udstyr i køretøjet, som løbende kontrollerer at forureningsudstyret virker. Disse yderligere krav skulle gerne medvirke til at køretøjerne i højere grad overholder emissionsnormerne under faktisk kørsel.

### **Overordnet vurdering af effekten af scenarierne for PM<sub>10</sub>**

Overholdelsen af PM<sub>10</sub> (partikler under 10 µm) grænseværdierne kan ligeledes blive et problem. Det er imidlertid ikke muligt at inkludere en fuld analyse af problemstillingen omkring PM<sub>10</sub> på samme måde som for NO<sub>2</sub>, fordi der endnu eksisterer meget store usikkerheder i det eksisterende videngrundlag vedr. trafikens emission (særligt fordeling på direkte emission og ophvirvling) samt betydningen af andre kilder, herunder betydningen af vejvedligeholdelsen (saltning mv.) og type af vejbelægning mv. Fjerntransporten udgør endvidere en højere andel end for NO<sub>2</sub>. I forbindelse med beregninger for NO<sub>2</sub> er der foretaget beregninger for PM<sub>10</sub> baseret på eksisterende usikre

emissionsfaktorer relateret til NOx emissionen. På denne baggrund er der foretaget en særskilt overordnet vurdering af virkemidlernes betydning for PM<sub>10</sub>.

*Få overskridelser af grænseværdien for PM<sub>10</sub> i 2005*

PM<sub>10</sub> beregninger for 2003 for de 138 stærkt trafikerede gader er gennemført. Der er forudsat minimale emissionsændringer fra 2003 til 2005, og ændringerne i trafikniveauer er ligeledes minimale på to år, så PM<sub>10</sub>-niveauet i 2005 må formodes at være stort set identisk med 2003-niveauet. Få strækninger ud af de 138 gadestrækninger tangerer eller overskrider grænseværdien for 2005 på 40 µg/m<sup>3</sup>. Regional baggrund er meget dominerende med omkring 24 µg/m<sup>3</sup>, bybaggrund bidrager med nogle få mikrogram, og gadebidraget fra nogle få mikrogram op til 20 µg/m<sup>3</sup>.

Beregningerne for H.C. Andersens Boulevard viser, at grænseværdien tangeres, men målinger viser en overskridelse af grænseværdien. Dette illustrerer som allerede nævnt, at de emissionsforudsætninger for PM som ligger til grund for beregninger ikke passer så godt på situationen på H.C. Andersen Boulevard. Det beregnede niveau for Jagtvej ligger derimod tæt på de målte værdier.

*PM<sub>10</sub> i bybaggrund i 2010*

PM<sub>10</sub> i bybaggrund i 2010 for basisscenariet er højest i det centrale København og Frederiksberg. Det regionale niveau udgør 24 µg/m<sup>3</sup> og bybaggrundsbidraget er op til 2,3 µg/m<sup>3</sup>, hvor det er højest. Et tilsvarende billede ses for 2003.

*PM<sub>10</sub> i basissituationen i 2010*

PM<sub>10</sub> beregninger for 2010 i basisscenariet for de 138 stærkt trafikerede gader viser, at gadebidraget reduceres lidt, men at der stadigvæk er nogle få strækninger som tangerer den grænseværdi på 40 µg/m<sup>3</sup>, der gælder i 2005.

*Massive overskridelser af forslag til grænseværdi for PM<sub>10</sub> i 2010*

Der er på EU-plan forslag om en ny, skærpet grænseværdi på 20 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>10</sub>, som skal træde i kraft i 2010. Det skal understreges, at dette forslag ikke er vedtaget, og at det muligvis aldrig vedtages i sin nuværende form. Der er gennemført PM<sub>10</sub>-beregninger for 2010 for scenarie 4 (maksimal effekt). For PM<sub>10</sub> overskrider samtlige strækninger forslaget til grænseværdien på 20 µg/m<sup>3</sup>, idet alene bidragene fra regional baggrund og bybaggrund overskrider grænseværdien. Regional baggrund er meget dominerende med omkring 24 µg/m<sup>3</sup>, bybaggrund med nogle få mikrogram og gadebidraget fra nogle få mikrogram til omkring 10 µg/m<sup>3</sup>.

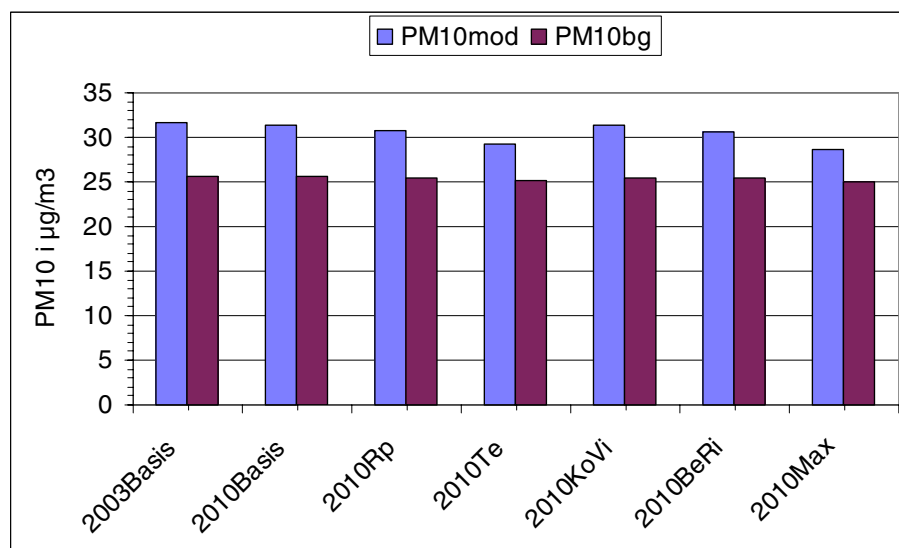
Overskridelse af forslaget til grænseværdi for PM<sub>10</sub> i 2010 er et generelt problem i Europa, som skyldes at det regionale bidrag mange steder er tæt på eller overskrider den forslåede grænseværdi.

*Effekten af scenarierne for PM<sub>10</sub>*

I figur 4 er opsummeret den gennemsnitlige effekt for PM<sub>10</sub> for de 138 gadestrækninger. Det ses, at det kun er teknologiscenariet (og derfor også scenariet med maksimale virkemidler) som reducerer PM<sub>10</sub> i gadeniveau og bybaggrund i forhold til basis situationen i 2010.

Når man for 2010 sammenligner basisscenariet i 2010 med scenarie 4 (maksimal effekt) ses en reduktion på 10-15% i PM<sub>10</sub>-koncentrationerne, der primært skyldes de skærpede teknologiske krav i teknolo-

gi scenariet. Der ses en mindre effekt i de øvrige scenarier, som kun omhandler trafikale ændringer. Den forholdsvis lille reduktion skyldes, at det regionale bidrag er meget stort og ikke forventes at ændres. Endvidere er gadebidraget relativt lille og emissionsreduktionen i udstødningen bidrager relativt lidt, da ikke-udstødning spiller en væsentlig rolle.



Figur 4 Den gennemsnitlige effekt for  $PM_{10}$  for de 138 gadestrækninger af de forskellige scenarier. "Rp" står for kørselsafgifter, "Te" for teknologi, "KoVi" for kommunale virkemidler, "BeRi" for betalingsring, og "Max" for maksimal virkemidler. "PM10\_mod" er beregnet i gaderne og "PM10\_b" er bybaggrundsbidraget.

#### Teknologiscenariets betydning for en konkret gade

Der er foretaget en analyse af hvad teknologiscenariet betyder for en konkret gade i København (Jagtvej). Denne analyse viste, at den gennemsnitlige partikelemission reduceres med omkring 22% fra 2003 til 2010 som følge af teknologiscenariet. Den største ændring ses for den tunge trafik, da dens andel af den samlede partikelemission (som vægtnål) falder fra 18% til 9%. Teknologiscenariet sigter i høj grad på reduktion af den tunge trafiks emissioner, idet det forudsættes at alle lastbiler og busser overholder skærpede normer (tysk forslag). Der sker mindre reduktioner i emissionfaktorerne for de øvrige køretøjskategorier, idet scenariet forudsætter at 16% af taxi, varebiler og dieseldrevne personbiler opfylder skærpede emissionsnormer (tysk forslag). Da teknologiscenariet reducerer den direkte udstødning ændres det procentvis forhold mellem udstødning og ikke-udstødning fra omkring 50-50 i 2003 til 40-60 i 2010.



# Summary in English

## *Introduction*

The Copenhagen Municipality has measured elevated air quality levels of nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) at H.C. Andersens Boulevard, which is one of the most trafficked streets in Copenhagen. Road traffic is the main cause of the NO<sub>2</sub> problem, and observed levels have been more or less constant in recent years. Measurements from 2002 and 2003 show that the limit level for annual mean plus margin of tolerance is violated. As a consequence, EU regulation requires that the Danish Environmental Protection Agency (EPA) in close co-operation with local authorities have to prepare an action plan to insure that limit values are met in 2010. Accordingly, the Environmental Protection Agency of the Municipality of Copenhagen in co-operation with the Danish EPA has requested an assessment of abatement measures to ensure that NO<sub>2</sub> limit values are met in 2010, accompanied by an assessment of associated public costs.

## *Objectives*

The objectives of the present report are to assess the sources of NO<sub>2</sub> at H.C. Andersens Boulevard and other heavily trafficked streets in Copenhagen and to carry out a systematic mapping of the geographic distribution of the NO<sub>2</sub> problem in the city. Furthermore, realistic traffic scenarios should be defined and their effects on traffic and NO<sub>2</sub> levels should be evaluated. Additionally, it should be assessed how the proposed measures can be implemented in terms of responsible authority, public costs and time frame. Due to the uncertainties with respect to particle emissions only a separate crude assessment of the impacts of the scenarios on PM<sub>10</sub> has been carried out.

## *Methodology*

Traffic data originates mainly from a traffic model for the Danish and Swedish Øresund region in the Greater Copenhagen region – the so-called Ørestadstrafikmodel (OTM) – but also from a traffic model that only covers the Danish part of the Øresund region – the so-called København-Ringsted Trafikmodel (KRT). All traffic scenarios have been performed with the OTM model. The Urban Background Model (UBM) and the street canyon model Operational Street Pollution Model (OSPM) developed by the National Environmental Research Institute have been applied for air quality modelling.

### **Main Results of Problem Analysis**

#### *About 80 streets exceed the NO<sub>2</sub> limit value in 2010*

Systematic mapping of NO<sub>2</sub> concentrations at 138 representative streets with traffic levels above 15.000 Average Daily Traffic (ADT) in the municipalities of Copenhagen and Frederiksberg showed that about 80 streets are expected to exceed the limit value in 2010. The observed exceedances at H.C. Andersens Boulevard is not a stand-alone problem, but is expected to be a general problem at many trafficked streets.

#### *NO<sub>x</sub> source apportionment*

NO<sub>x</sub> source apportionment was carried out for working days in 2010 for two streets in Copenhagen where detailed traffic data was available - H.C. Andersens Boulevard (60.000 ADT) and Jagtvej (29.000 ADT). Heavy duty vehicles contribute 20-30% of NO<sub>x</sub> emissions but only 3-4% of vehicles, vans 25-30% of NO<sub>x</sub> emissions

and 10-12% of vehicles, taxis 20% of NO<sub>x</sub> emissions and 8-9% of vehicles, and passenger cars 25-30% of NO<sub>x</sub> emissions but 77% of vehicles. Consequently, heavy-duty vehicles contribute relatively much to NO<sub>x</sub> emissions compared to their share of all vehicles as do taxis and vans. Diesel-powered vehicles contribute by far with the majority of NO<sub>x</sub> emissions.

#### *NO<sub>2</sub> concentration*

The NO<sub>2</sub> concentration in a street is a result of the directly emitted NO<sub>2</sub> from traffic in the street and a contribution from the directly emitted NO and its transformation to NO<sub>2</sub> due to the presence of ozone. In a busy street the ozone concentration will be the limiting factor in forming NO<sub>2</sub>. Hence, a reduction in NO<sub>x</sub> emission will not lead to a similar reduction in the NO<sub>2</sub> concentration.

The NO<sub>2</sub> concentration in a street is composed of a contribution from the traffic in the street, a contribution from the entire city and a regional contribution. In 2010 in the densely built-up area of Copenhagen, the urban background contribution is 5-15 µg/m<sup>3</sup> and the regional contribution is about 10 µg/m<sup>3</sup>. The street contribution is from a few micrograms to about 35 µg. Street concentrations are hence between 18 and 62 µg/m<sup>3</sup>. Since the urban background concentrations are relatively high, a drastic reduction of traffic in a busy street is required to get a pronounced reduction of the street NO<sub>2</sub> concentrations.

#### *Analysis of traffic patterns*

An analysis of traffic patterns has shown that traffic on H.C. Andersens Boulevard is of relatively local origin. The average trip length for passenger cars is 15 km, while it is 20 km for heavy-duty vehicles. This suggests that local abatement measures can impact traffic in the Municipality of Copenhagen and that there is a potential for shift in routes and means of transport.

#### **Scenarios**

Relevant abatement measures should focus on heavy-duty traffic on main traffic roads in the municipality. Abatement measures targeted at gasoline-powered passenger cars are of less importance for NO<sub>x</sub> emissions. Against this background, four scenarios have been defined. They take into account traffic policy measures that are currently under discussion in traffic management of Copenhagen.

1. The first scenario focuses on what the municipality can do with measures within municipal management.
2. The second scenario considers how much traffic can be reduced if a toll ring or road pricing were introduced.
3. The third scenario illustrates how much emissions can be reduced if cleaner vehicle emission technologies were utilised.
4. The fourth scenario comprises all types of measures and illustrates the maximum achievable effect.

The next table summarises the various measures applied within the four scenarios. The effects of the various measures are based on calculations from other cities, and not necessary, what we can expect in Copenhagen.

*Table 1 The four scenarios: Measures and their Impact on Traffic*

<b>Scenario</b>	<b>Measure</b>	<b>Impact on Traffic- experience from larger cities</b>
1. Municipal traffic management	Harbour tunnel	Redistributes traffic with reductions of car traffic of 10-30% at central streets in the city centre of Copenhagen.
	Metro City Ring	Reduces bus traffic with 30-50% in inner parts of Copenhagen. Limited effects on passenger cars and no effects on vans and trucks.
	Commuter plans	Reduce commuting with passenger cars with 5-10% and therefore reduce traffic during rush hours.
	Traffic calming	Prevents through traffic in the central parts of Copenhagen and makes the city centre more peaceful and beautiful. This measure is linked to that of the harbour tunnel.
2. Reduction of car traffic by pricing	2.A Toll ring	Reduces in particular the passenger car traffic crossing the toll ring with about 5-15% at a toll of 1.3-4.0 EUR. No effect on internal trips within the ring. Less effects on vans and trucks. The effects are highly depending on the level of the toll. The toll in the scenario is 4 EUR for passenger cars, 8 EUR for vans, and 16 EUR for trucks.
	2.B Road pricing	Reduces in particular the passenger car traffic in the entire area covered by road pricing. Less effects on vans and trucks. The effects are highly dependent on structure of the pricing. In the scenario the charge per km is 0.2 EUR for passenger cars, 0.4 EUR for vans, and 0.8 EUR for trucks in central Copenhagen and one third outside.
3. Cleaner emission technologies	Cleaner buses in Copenhagen	No impacts on traffic levels. All buses meet German proposal for heavy-duty vehicles
	All heavy-duty vehicles in environmental zone meet German proposal	No impacts on traffic levels. 100% heavy-duty vehicles in environmental zone and 33% outside zone meet German proposal.
	Diesel passenger cars and vans meet German proposal	No impacts on traffic levels. 16% cars and vans meet German proposal.
4. Maximum effect	Harbour tunnel	Redistributes traffic with reductions of car traffic of 10-30% at central streets in the city centre of Copenhagen.
	Metro City Ring	Reduces bus traffic with 30-50% in inner parts of Copenhagen. Limited effects on passenger cars and no effects on vans and trucks.
	Commuter plans	Reduce commuting with passenger cars with 5-10% and therefore reduce traffic during rush hours.
	Traffic calming	Prevents through traffic in the central parts of Copenhagen and makes the city centre more peaceful and beautiful. This measure should be seen as part of the harbour tunnel.
	Road pricing	Reduces in particular the passenger car traffic in the entire area covered by road pricing. Less effects on vans and trucks. The effects are highly depending on structure of the pricing.
	City Goods Delivery Management	Reduces traffic by vans and trucks by 5-10% in most of the municipality
	Cleaner emission technologies	All of scenario 3.



*Total effect of the traffic scenarios*

**Effects on Traffic by the Scenarios**

The effects on traffic by each of the four scenarios are summarised in the figure below that shows the number of km travelled in the municipalities of Copenhagen and Frederiksberg, broken down by vehicle categories. The total effect of the traffic scenarios is modest.

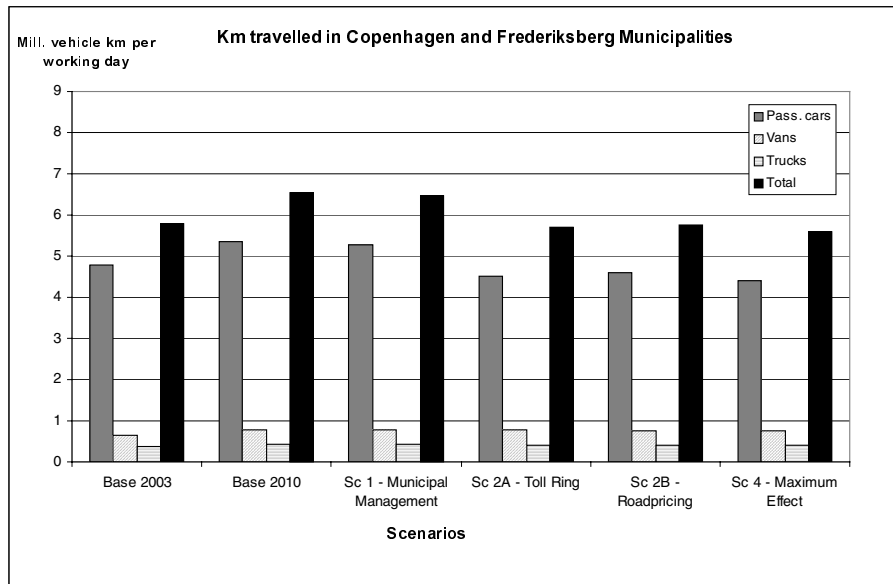


Figure 1 Km travelled in the municipalities of Copenhagen and Frederiksberg, according to the different scenarios.

*The effect on traffic on 138 selected streets*

138 heavily trafficked streets were selected in the municipality of Copenhagen and Frederiksberg for assessment of the effect of the scenarios on NO<sub>2</sub> levels.

The different traffic scenarios have a minor effect on average traffic levels when all 138 streets are considered. This hides the fact that there are streets where traffic levels are reduced, and other streets where traffic levels are increased.

In scenario 1 – municipal management – the changes in traffic levels are small at the selected streets. Traffic levels decrease by up to 5% in around half of the streets and traffic levels increase up to 5% in around one quarter of the streets.

In scenario 2A – toll ring - the changes in traffic levels are larger at the selected streets. Traffic decreases at almost all selected streets. Traffic levels decrease 10-25% on half of the streets and 5-10% in around one third of the streets. Traffic increases in only four of the streets.

The scenarios with road pricing (2 and 4) have a more diverse picture in changes of traffic levels. Traffic decrease on 70% of the streets and increase on 30%. The changes are relatively large and half of the streets have changes 10-50%. Apart from a general reduction of traffic levels, road pricing also causes far-reaching redistribution of traffic in

the road network. This effect is caused by the fact that pricing is different in different geographic areas and on different road categories.

Generally, traffic levels increase on the main regional road network and decrease on local roads.

*OTM may underestimate*

It is likely that the OTM traffic model will slightly underestimate the effects of scenarios that include a toll ring or road pricing because trips regarding work, education and business are not reduced although transport costs increase. Trips concerning leisure activities and shopping will be reduced. However, trips are redistributed among passenger cars, busses/trains and bicycles. Similar for truck traffic, where only the choice of route will change as a consequence of increasing costs.

*The effects of the scenarios on the air quality of NO<sub>2</sub>*

The figure below shows the average effects by the different scenarios on NO<sub>2</sub> levels for the 138 selected streets. The cleaner technology scenario (and hence also the maximum scenario) are the only scenarios that achieve a considerable effect as compared to the baseline in 2010. This is true for the street concentrations as well as the urban background concentrations. Municipal measures have almost no effect on average while the toll ring and road pricing scenarios have a modest effect.

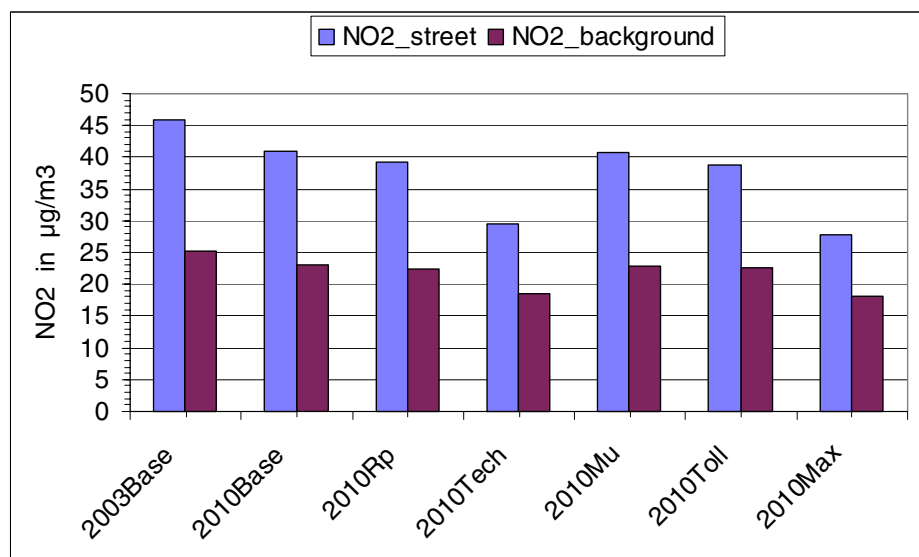


Figure 2 The average effects on NO<sub>2</sub> levels for the 138 selected streets for the different scenarios. "Rp" stands for road pricing, "Tech" for cleaner technology, "Mu" for municipal management, "Toll" for toll ring and "Max" for the maximum scenario. "NO2\_street" for street concentrations and "NO2\_background" for the urban background contribution.

The technology scenario is based on a German proposal for more stringent emission standards for diesel-powered passenger cars and vans, and trucks and buses. The proposal aims at as stringent emission standards for diesel passenger cars and vans as for petrol-powered cars with catalysts and more stringent standards for heavy duty vehicles than will come into force in 2009 (Euro 5). The requirements are expected to lead to introduction of NO<sub>x</sub> reducing equipment and particle filters.

*Effects on NO<sub>2</sub> concentrations in the 138 streets depending on the scenarios*

The number of exceedances of the NO<sub>2</sub> limit value at 40 µg/m<sup>3</sup> in 2010 is summarised in the figure below for the different scenarios.

According to the baseline conditions of 2010, around 80 streets are expected to exceed the limit value. The toll ring and road pricing scenarios are the traffic scenarios with the smallest number of exceedances, but nevertheless 60 streets are expected to violate the limit value. Some streets may have higher concentration levels in a traffic scenario than in the baseline situation of 2010 because of increase in traffic, while other streets may have lower concentrations due to decreases in traffic. The traffic scenarios only achieve a modest reduction in the number of streets that violate the limit value, and the toll ring and road pricing scenarios are the traffic scenarios with the largest effect.

The cleaner technology scenario is the only scenario that achieves a significant reduction in NO<sub>2</sub> levels. It reduces the exceedances to only 5 streets in 2010. Since the maximum scenario includes the cleaner technology scenario, and there is only a small difference between the two scenarios, it follows that it is the technology scenario that causes the significant reductions.

The cleaner technology scenario reduces NO<sub>x</sub> emissions by about 30% on the entire road network in the environmental zone and in the range of 25-55% for the selected streets depending on the vehicle composition. The scope of these emission reductions seems to solve the problems with exceedances of the NO<sub>2</sub> limit value. Therefore, in order to achieve the same effect, a pure traffic scenario should reduce traffic on average for all vehicle categories by 25-55%.

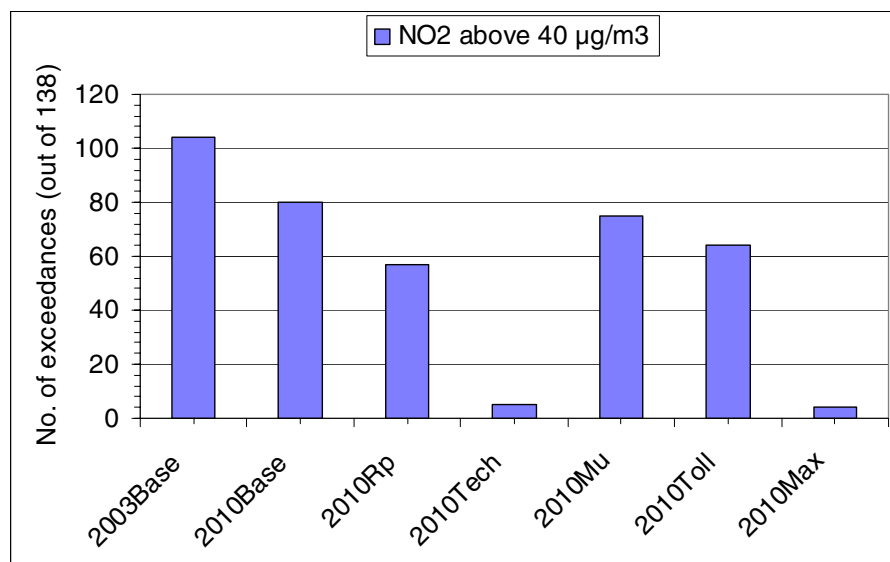


Figure 3 The number of exceedances of the NO<sub>2</sub> limit value of 40 µg/m<sup>3</sup> in 2010 out of 138 selected streets. “Rp” stands for road pricing, “Tech” for cleaner technology, “Mu” for municipal management, “Toll” for toll ring and “Max” for the maximum scenario.

### Implementation of the measures of the scenarios

It has been analysed how the different scenarios can be implemented. The table below provides an overview. The following aspects were considered:

- the authority that holds the competence to decide to implement the measure;
- the public costs to implement the measures;
- the time needed to implement the measures, and the date when the full effect is expected to materialise.

Calculations have been carried as if the scenario has full effects in 2010, although some of the measures e.g. the technology scenario will not be fully implemented until 2012-2015.

<b>Scenario</b>	<b>Measure</b>	<b>Competence</b>	<b>Public Costs</b>	<b>Time Frame for Implementation</b>
1. Municipal traffic management	Harbour tunnel	Municipality (State)	8 billion DDK.	2012
	Metro City Ring	Municipality (State)	13.5 billion DDK.	2015
	Commuter plans	Municipality	2 million DDK.	2010
	Traffic calming	Municipality	0.5 billion DDK.	2012
2. Reduction of car traffic by pricing	2.1 Toll ring	Municipality and State	Costs 0.5-0.7 billion DDK. Annual net benefits 3 billion DDK.	2010
	2.2 Road pricing	State and Municipality	0.7 billion DDK. Annual net benefits 2.5 billion DDK.	2010
3. Cleaner emission technologies	Diesel passenger cars and vans meet German proposal	European Union	0	Earlier introduction of more stringent emission standards (two years)
	Cleaner busses in Copenhagen	The Greater Copenhagen Authority (HUR)	Minor costs	2012-2015
	All heavy-duty vehicles in environmental zone meet German proposal	Municipality and State	Minor costs	2012-2015
4. Maximum effect	Harbour tunnel	Municipality (State)	8 billion DDK.	2012
	Metro City Ring	Municipality (State)	13.5 billion DDK.	2015
	Commuter plans	Municipality	2 million DDK.	2010
	Traffic calming	Municipality	0.5 billion DDK.	2012
	Road pricing	State and Municipality	0.7 billion DDK. Annual net benefits 2.5 billion DDK.	2010
	Diesel passenger cars and vans meet German proposal	European Union	0	Earlier introduction of more stringent emission standards (two years)
	Cleaner busses in Copenhagen	The Greater Copenhagen Authority (HUR)	Minor costs	2012-2015
	All heavy-duty vehicles in environmental zone meet German proposal	Municipality and State	Minor costs	2012-2015
	City Goods Delivery Management	Municipality and State	60 million DDK.	2010

### *Implementation of traffic scenarios*

The present study has assessed the effect by the different scenarios on NO<sub>2</sub> and also – crudely – on PM<sub>10</sub>. The traffic scenarios showed little total effect on km travelled, whereas relatively large changes could be observed on specific streets. None of the traffic scenarios could solve the NO<sub>2</sub> problem by obtaining a pronounced reduction of the number of streets that violates the NO<sub>2</sub> limit value for 2010. The traffic scenarios were not specifically designed to solve the NO<sub>2</sub> problem but targeted at a wider range of traffic problems. They will generally calm traffic in central parts of Copenhagen but maintain high traffic levels at the main streets of the road network which are also the streets that experience elevated NO<sub>2</sub> concentrations. Traffic management generally aims to concentrate traffic on few traffic roads to minimise the total negative environmental effects of traffic. The traffic scenarios involve large public investments.

### *Implementation of the cleaner technology scenario*

The cleaner emission technology scenario is the only scenario that provides a marked reduction of the number of streets that are estimated to violate the NO<sub>2</sub> limit value in 2010, since only very few streets are expected to exceed the limit value if the technology scenario is implemented.

The cleaner technology scenario is not depending on direct public investments since haulage contractors and the Greater Copenhagen Authority (HUR) would have to buy new trucks and busses to comply with the proposed regulation. However, the public authorities could provide subsidies to accelerate the introduction of more stringent emission standards for heavy-duty vehicles in Copenhagen.

The cleaner technology scenario is depending on a number of decisions. EU has to approve the German emission proposal, the Municipality of Copenhagen has to encompass these requirements in the environmental zone and the Ministry of Justice needs to approve these new requirements. Finally, the haulage contractors and the Greater Copenhagen Authority (HUR) require a reasonable time to implement the requirements.

### *Uncertainties in the assumptions of the technology scenario*

A number of uncertainties are related to the implementation of the cleaner technology scenario.

One of the requirements of the scenario is that the European Union decides on the so-called German proposal to implement stringent emission standards for diesel-powered passenger cars and vans by 2008 with similar emission standards as for gasoline-powered passenger cars.

Another requirement of the scenario is that the European Union decides on the German proposal for new heavy-duty vehicles by end of this decade.

The scenario also requires that all heavy-duty vehicles entering the environmental zone in Copenhagen in 2012 meet the German proposal for emission standards. Vehicles that meet these standards need to be on the market some years ahead which will allow the haulage contractors to adjust to these requirements if they are imposed by the municipality and approved by the Ministry of Justice. The same holds

true for introduction of buses by the Greater Copenhagen Authority (HUR).

Another uncertainty is the real world on-road emissions as compared to Euro emission standards. In the calculations it has been assumed that the heavy-duty vehicles comply with the proposed German emission standards. However, experience has shown that previous Euro emission standards for heavy-duty vehicles have not led to the expected decrease in emissions and hence improvement in air quality. The NO<sub>x</sub> emission factors for heavy-duty vehicles applied for the baseline conditions in 2003 in the OSPM model are about twice as high as those of the official European Union emission factors (COPERT III). This has been demonstrated to yield realistic results. Therefore, the assumption that heavy-duty vehicles will actually comply with the proposed German emission standards on-the-road leads to a drastic reduction in emissions in the order of a factor of 10 as compared to the baseline scenario in 2010. This will require introduction of NO<sub>x</sub> reducing equipment and particle filters.

New technologies like NO<sub>x</sub> reducing devices and particle filters are expected to be introduced, and to be able to meet the future emission requirements. This should lead to drastic emission reductions similarly to what was seen when gasoline-powered passenger cars were equipped with catalyst converters. The future emission standards will also be combined with additional requirements. These include new emission test cycles that better reflect real life driving, in-use durability requirements to comply with emission standards after some years, and On-Board Diagnostic Systems (OBD) in the vehicles to monitor whether the emission reduction equipment is functioning properly. Hopefully, these additional requirements will shrink the gap between emission standards and on-the-road emissions.

The cleaner technology scenario is therefore highly dependent on decisions made by the European Union, and whether future Euro emission standards are met on-the-road.

The traffic scenarios especially measures like toll ring and road pricing will tend to slightly underestimate the effect on traffic and hence on air quality. On the other hand, the technology scenario is likely to overestimate the effects since it requires that the emission standards

### **Crude Assessment of the Effects of the Scenarios for PM<sub>10</sub>**

Compliance with the limit value for PM<sub>10</sub> (particles less than 10 µm) may also cause problems. However, it is not possible to conduct a comprehensive analysis parallel to that for NO<sub>2</sub> because of the uncertainties that still prevail in the existing knowledge. In particular, uncertainties are related to vehicle emissions (especially the distribution on exhaust and non-exhaust) and the influence of other sources like road maintenance (salting etc.) and type of road surface etc. The regional contribution is also much higher for PM<sub>10</sub> compared to NO<sub>2</sub>. Calculations of air quality for PM<sub>10</sub> have also been carried out based on available, but uncertain, emission factors related to NO<sub>x</sub> emission.

Based on these reservations a separate crude assessment has been carried out of the impacts by the scenarios on  $PM_{10}$ . The National Environmental Research Institute is currently engaged in an in-depth analysis of particles, including  $PM_{2.5}$ , for which there is expected to become defined limit values in the years to come, and ultra-fine particles, as well as of other properties of particles. Please refer to present and future publications in this area.

*The traffic contribution to urban background  $PM_{10}$  is small*

$PM_{10}$  measurements outside Copenhagen in a rural setting (Lille Valby close to the city of Roskilde) and in the urban background of Copenhagen (roof at the H.C. Ørsted Institute) show levels of similar magnitude. Analyses of measurements and model calculations also indicate that traffic only contributes marginally to the urban background. In any case, the contribution from traffic to urban background of  $PM_{10}$  is small. This means that any technological or traffic scenario that reduce particle emissions from traffic will only have a marginal effect on urban background concentrations.

*The traffic contribution to street concentrations is of importance*

$PM_{10}$  measurements at Jagtvej in Copenhagen show that traffic in the street contributes about  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  to  $PM_{10}$  concentrations in the street equivalent to about one third. Therefore, the street contribution has some importance for  $PM_{10}$  levels in trafficked streets. Jagtvej is a busy street with 29.000 ADT.

*Comparison with limit values*

$PM_{10}$  measurements at Jagtvej show that levels are below the limit value for 2005 of  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for annual mean. Measurements also show that the limit value is exceeded at one of the most trafficked street in Copenhagen, H.C. Andersens Boulevard with 60.000 ADT.

If it were possible to remove all particle exhaust from the cars,  $PM_{10}$  concentrations would only be reduced with about  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  since there would still be a non-exhaust contribution from brakes, tyres and road wear, re-suspension etc. Hypothesizing that it were possible to remove all traffic from Jagtvej,  $PM_{10}$  levels would be reduced by  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

*Uncertainties*

Measurements at Jagtvej and H.C. Andersens Boulevard show that road dust and road salt have a significant impact on the contribution from traffic to  $PM_{10}$  concentrations.

Comparisons between street concentrations calculated with the OSPM model based on European Union emission factors (COPERT III) and measurements of particles in Copenhagen show a good agreement for  $PM_{2.5}$  but a poor agreement for  $PM_{10}$ . The cause seems to be that re-suspension of road dust has a significant influence on the crude fraction of particles, which is difficult to describe in present emission factors. Therefore, the uncertainty especially for the non-exhaust part of  $PM_{10}$  is large in the present state-of-art knowledge. The non-exhaust relations found at Jagtvej have been implemented in the emission module of the OSPM since they provide for a good agreement between calculations and measurements. However, these assumptions produce a poor agreement between calculations and measurements at H.C. Andersens Boulevard illustrating the existing uncertainties.



Consequently, the uncertainty is considerable on the following model calculations especially for the street contribution due to the uncertainty on the non-exhaust part.

*PM<sub>10</sub> in streets in 2010*

Despite of these uncertainties, it is likely that PM<sub>10</sub> concentrations will only change modestly in streets in 2010. The reason is that measurements show that the street contribution is relatively small, and that the traffic scenarios have a modest effect on traffic levels. Furthermore, the reductions of exhaust emissions have a relatively modest impact because non-exhaust plays an important role.

*PM<sub>10</sub> in the urban background in 2010*

Under baseline conditions in 2010 PM<sub>10</sub> concentrations in the urban background are highest in the central parts of Copenhagen and Frederiksberg. The regional level is 24 µg/m<sup>3</sup> and the urban background contribution is up to 2.3 µg/m<sup>3</sup>. A similar picture is seen for 2003.

PM<sub>10</sub> in 2010 for urban background was calculated for the maximum scenario (No.4) with the UBM model. The regional level is assumed to be constant (24 µg/m<sup>3</sup>) and the urban background contribution is slightly reduced. It is up to 1.5 µg/m<sup>3</sup> against 2.3 µg/m<sup>3</sup> in the baseline conditions of 2010. Hence, the urban background concentration decrease only marginally since it is dominated by the regional contribution.

*Few exceedances of PM<sub>10</sub> limit value in 2005*

PM<sub>10</sub> calculations for 2003 for the 138 selected streets were carried out. The limit value for PM<sub>10</sub> is 40 µg/m<sup>3</sup> in 2005. The calculated concentrations for 2003 are assumed to represent 2005 because emission changes only marginally from 2003 to 2005. Only few of the 138 selected streets are close to or exceed the limit value. The regional background contribution of 24 µg/m<sup>3</sup> is very dominating, the urban background only contributes a few micrograms and the street contribution is from a few micrograms up to 13 µg/m<sup>3</sup>.

Calculations for H.C. Andersens Boulevard show that levels here are close to the limit value, whereas measurements show that the limit value is exceeded. This illustrates that the assumptions for particle emissions are uncertain for the conditions that prevail at H.C. Andersens Boulevard. On the contrary, the calculated values show good agreement with measured data for Jagtvej.

*PM<sub>10</sub> in the base scenario of 2010*

PM<sub>10</sub> calculations for 2010 for the baseline scenario for the 138 selected streets show that the street contribution will be slightly reduced, but there will still be a few streets which come close to the limit value of 40 µg/m<sup>3</sup> for 2005.

A new, more stringent limit value for PM<sub>10</sub> is proposed at the EU level. The proposed limit of 20 µg/m<sup>3</sup> should apply from 2010.

*Extensive exceedances of the proposed limit value for 2010*

PM<sub>10</sub> calculations for 2010 for scenario No. 4 (Maximum effect) were carried out. All of the 138 selected streets exceed the proposed limit value of 20 µg/m<sup>3</sup> in 2010 since the even regional and urban background contribution taken alone exceed the proposed limit value. The regional background contribution of 24 µg/m<sup>3</sup> is very dominating, the urban background only contributes a few

micrograms and the street contribution is from a few micrograms up to 10 µg/m<sup>3</sup>.

Exceedances of the proposed PM<sub>10</sub> limit for 2010 is a general problem in Europe, since in many places the regional background contribution is close to or exceeds the proposed limit value.

*The effect on PM<sub>10</sub> of the different scenarios*

The average effect of the different scenarios on PM<sub>10</sub> at the selected 138 streets is summarised in the figure below. It is only the Cleaner Technology scenario (and hence the Maximum scenario) that provides a detectable reduction in PM<sub>10</sub> at street level and in the urban background, when compared to the baseline scenario in 2010.

The Maximum Effect scenario provides a reduction of 10-15% in PM<sub>10</sub> concentrations at street level compared with the baseline scenario in 2010. The reduction is primarily a result of more stringent particle emission standards. Only a small effect is seen in the other scenarios that only include traffic measures. The relatively small reduction is due to the fact that the regional contribution is large and it is assumed to be constant until 2010. Furthermore, the street contribution is relatively small and exhaust emission reductions contribute relatively little since non-exhaust plays a significant role.

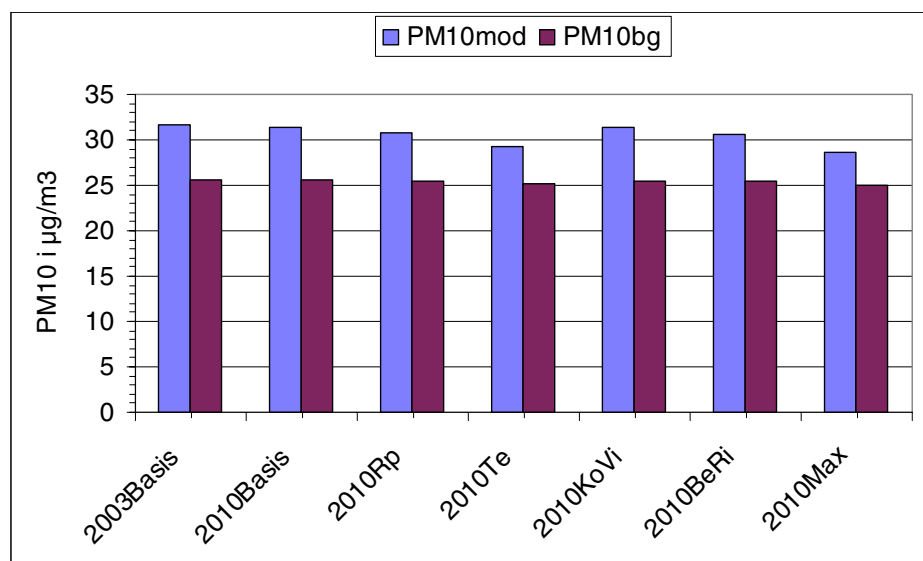


Figure 4 The average effect of the different scenarios on PM<sub>10</sub> at the selected 138 streets in 2010. "Rp" stands for road pricing, "Tech" for cleaner technology, "Mu" for municipal management, "Toll" for toll ring and "Max" for the maximum scenario. "PM10\_street" for street concentrations and "PM10\_background" for the urban background contribution.

*The effect of the cleaner technology scenario for a specific street*

An assessment of the effect of the cleaner technology scenario for a specific street (Jagtvej in Copenhagen) has been carried out. The analysis showed that the cleaner technology scenario will reduce particle emissions in terms of mass by about 22% from 2003 to 2010.

Heavy-duty vehicles have the largest reduction since their share of total particle emission will be reduced from 18% to 9%. The cleaner technology scenario focuses on reduction of particle emissions from the heavy-duty vehicles since it is assumed that all trucks and buses comply with the German proposal for emission standards in the environmental zone. A less significant particle emission reduction is assumed for other vehicle categories since it is assumed that 16% of diesel-powered passenger cars, taxis and vans comply with the German proposal. Since the cleaner technology scenario reduces the particle exhaust, the percentage ratio between exhaust and non-exhaust is expected to change from 50-50 in 2003 to 40-60 in 2010.

# 1 NO<sub>2</sub> som luftforurening og grænseværdier

Dette kapitel beskriver NO<sub>2</sub> som luftforurening redegør for grænseværdierne for NO<sub>2</sub>. Det giver en baggrund for at forstå problemstillingen omkring overskridelser af grænseværdien for NO<sub>2</sub> samt effekten af forskellige tiltag.

## 1.1 NO<sub>2</sub> som luftforurening i byområder

### *Luftforurening i byområder*

Luftforurening i en by afhænger af mange forskellige kildetyper (Palmgren et al., 1997). Overordnet taler man om høje og lave kilder.

Høje kilder er fx industri, kraftværker og fjernvarmeværker med høje skorstene. Forureningen fra de høje kilder giver kun sjældent anledning til høje koncentrationer ved jordoverfladen, fordi den effektivt fortyndes. Forureningen fra høje kilder bidrager således mest til den regionale luftforurening og bybaggrundsforureningen i byen.

Anderledes forholder det sig med lave kilder som fx biltrafik, lokal boligopvarmning og mindre industrivirksomheder, hvor afkastene ikke fortyndes så effektivt, og befolkningen opholder sig tæt ved kildens udslip. Inden for de seneste tiår er luftforurening fra trafik blevet den altdominerende kilde til luftforurening i byer.

### *Bybaggrundsforurening*

I byer opdeles luftforureningen i bybaggrunds- og gadeforurening. Bybaggrundsforureningen er de koncentrationsniveauer, som råder over byens tage eller i baggårde. Udover de atmosfæriske forhold afhænger byens baggrundsforurening også af bidrag fra samtlige kilder i byen og af den regionale forurening, der kommer til byen udefra (fjerntransport). Bybaggrunds-niveauer bestemmes af emissionstætheden (dvs. den generelle trafik-tæthed i byen) og byens geografiske udstrækning.

### *Gadeforurening*

Gadeforureningen er bestemt af trafikemissionen i gaden, gadekonfigurationen, bybaggrundsforureningen og de atmosfæriske forhold.

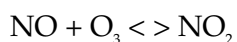
Trafikemissionen i selve gaden vil være dominerende for luftkvaliteten i gaderummet, og bybaggrundsforureningen i tagniveau vil spille en mindre rolle.

### *NO, NO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>*

Kvælstofdioxid, NO<sub>2</sub>, er sundhedsskadeligt og der findes grænseværdier for NO<sub>2</sub>. NO<sub>2</sub> optræder normalt sammen med kvælstofmonoxid, NO, idet begge stoffer udsendes ved forbrændingsprocesser. De to stoffer benævnes under eet som NO<sub>x</sub>; ved mængden af NO<sub>x</sub> forstår man summen af NO og NO<sub>2</sub>.

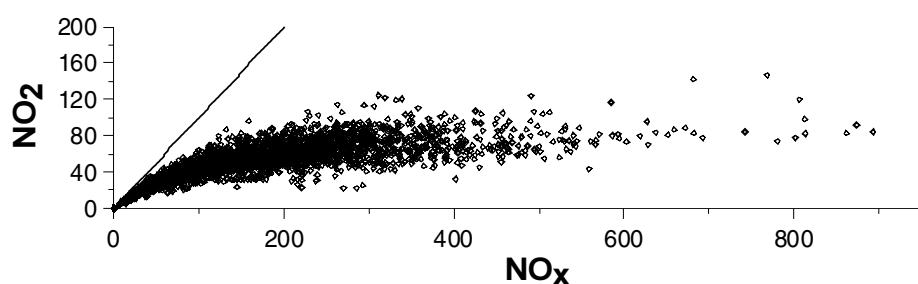
I atmosfæren sker der i et eller andet omfang en omdannelse af NO til NO<sub>2</sub>. Af den NO<sub>x</sub> emission, som bilerne udsender, er omkring 10% direkte emitteret NO<sub>2</sub>, mens 90% er NO. Når udstødningsgassen

spredes, sker der hurtigt en reaktion, hvor ozon i luften reagerer med NO og danner NO<sub>2</sub>:



*Ozon sætter loft over dannelsen af NO<sub>2</sub>*

Reaktionen forudsætter at der er ozon til stede. Koncentrationen af ozon i omgivelserne er derfor afgørende for, hvor meget NO<sub>2</sub> der kan dannes. Under forhold, hvor der emitteres meget NO<sub>x</sub> – f.eks. i trafikerede gader – vil ozonen blive "brugt op". Mængden af tilgængelig ozon sætter således et "loft" over, hvor store NO<sub>2</sub>-koncentrationer man vil opleve. Dette fænomen fremgår tydeligt af måledata fra trafikerede gader. Et eksempel er vist i *Figur 1.1*, der afbilder sammenhængen mellem koncentrationer af NO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> målt på Jagtvej i København. Det fremgår af figuren, at store koncentrationer af NO<sub>x</sub> ikke modsvares af tilsvarende store koncentrationer af NO<sub>2</sub>. Årsagen er, at ozonen er "spist op".

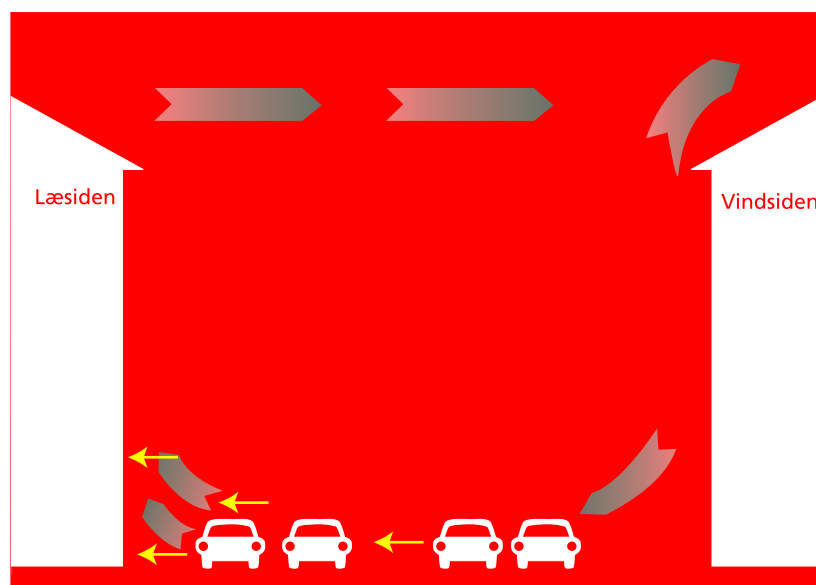


*Figur 1.1* Sammenhæng mellem målte koncentrationer af NO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> på Jagtvej i København for samtlige timer i året 1998. Enheden er µg/m<sup>3</sup> (regnet som NO<sub>2</sub>). En-til-en linjen er indtegnet.

Det er altså således, at de regionale ozonkoncentrationer har en afgørende indflydelse på koncentrationerne af NO<sub>2</sub> i gaderummet. Der er en meget lille netto produktion af ozon under danske meteorologiske forhold. Man taler om, at der er en regional baggrundsforurening med ozon over Danmark, som skyldes emissioner af kvælstofoxider og kulbrinter fra kilder i hele Europa. Ozonniveauerne kan derfor kun reduceres ved en samlet europæisk indsats, som reducerer emissionerne af kvælstofoxider og kulbrinter. Høje ozonniveauer forekommer især om sommeren, når vind bringer forurenede luft til Danmark fra Syd- og Centraleuropa, hvor ozon dannes ved fotokemiske reaktioner, hvori der indgår kvælstofoxider og kulbrinter under indvirkning af sollys og varme.

I luftforureningsmæssig sammenhæng bruges begrebet gadekonfiguration, der beskriver gadens fysiske udformning dvs. gadebredde, bygningshøjder, gadeorientering mv. I et lukket gaderum bliver bilernes udstødningsgasser fanget af hvirvler, som dannes, når vinden blæser på tværs af gaden. Forureningen bliver ført direkte mod læsiden af gaden. Koncentrationen i læsiden af gaden er derfor betydeligt højere end i vindsiden, se *Figur 1.2*.

På grund af disse forhold vil de højeste koncentrationer findes i smalle lukkede gaderum med høj randbebyggelse og med meget trafik.



Figur 1.2 Luftforureningen fra trafikken i et lukket gaderum bliver fanget i en recirkulerende hvirvel, som giver høje koncentrationer især i gades læside

### Sundhedseffekter i byområder

De mennesker som eksponeres for luftforurening kan overordnet opdeles i: beboere, ansatte, besøgende og trafikanter. De forskellige grupper har forskelligt tids- og aktivitetsmønster dvs. et forskelligt tilstedelighedsmønster, som har indflydelse på den eksponering af luftforurening, som de udsættes for.

Da befolkningen opholder sig omkring 90% af tiden indendørs enten i bygninger eller i transportmidler er ude-inde relationen mellem udendørs miljøtilstand og indendørs miljøtilstand en væsentlig faktor for eksponeringen. Bygninger yder en vis beskyttelse mod de fleste luftforureninger (fx  $\text{NO}_2$ ), således at de optræder med lavere niveauer indendørs end udendørs. Indendørsniveauerne kan være betydeligt højere end udendørs i tilfælde med væsentlige indendørskilder (fx gaskomfur, tobaksrygning, stearinlys).

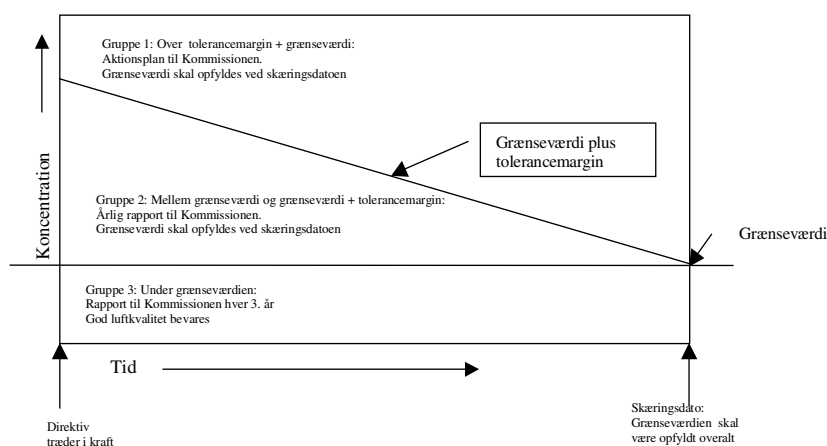
Luftforurening fra trafik omfatter mange forskellige stoffer. De mest kritiske er partikler, men Miljøstyrelsen har også udpeget  $\text{NO}_2$  blandt de kritiske sundhedsskadelige stoffer. Det vurderes, at  $\text{NO}_2$  niveauer, som forekommer i Danmark kan have negative sundhedsskadelige effekter hos astmatikere og personer med luftvejslidelser (Larsen et al. 1997).

## 1.2 Grænseværdier for NO<sub>2</sub>

### Grænseværdi

Som følge af et EU rammedirektiv om styring og vurdering af luftkvaliteten og efterfølgende datterdirektiver, som fastsætter selve grænseværdierne, er der i et EU-direktiv fra 1999 fastlagt nye grænseværdier for NO<sub>2</sub>. EU direktivet er implementeret i en dansk bekendtgørelse.

Grænseværdien skal overholdes ved en såkaldt skæringsdato. Der er også defineret en tolerancemargin, som hvis den overskrides kræver tiltag, så grænseværdien kan overholdes på skæringsdatoen. Tolerancemarginen er et procenttillæg til grænseværdien, og toleranceværdien nedsættes ligeligt hvert år indtil grænseværdien er nået på skæringsdatoen. Princippet er vist i nedenstående *Figur 1.3*. Det er Miljøstyrelsen som sammen med de lokale myndigheder har ansvaret for at grænseværdierne overholdes. Hvis der sker en overskridelse af grænseværdi plus tolerancemargin skal Miljøstyrelsen, i tæt samarbejde med lokale myndigheder, udarbejde en plan som sikrer, at grænseværdien overholdes senest i 2010.



*Figur 1.3* Basal struktur af Rammedirektivet om luftkvalitet

### Grænseværdi og tolerancemargin

Grænseværdierne for NO<sub>2</sub> er fastlagt på grundlag af en helbredsmæssig vurdering. Grænseværdien er 40 µg/m<sup>3</sup> for årgennemsnittet. For timemiddelværdier er der en grænseværdi på 200 µg/m<sup>3</sup>, som højst må overskrides 18 gange på et år. Skæringsdatoen er 1. januar 2010. Tolerancemarginen var 50% ved direktivets ikrafttrædelsesdato den 1. januar 2001. I 2003 er tolerancemarginen for årsmiddel derfor 14 µg/m<sup>3</sup> (35% af 40 µg/m<sup>3</sup>), således at en værdi på 54 µg/m<sup>3</sup> ikke må overskrides. For timemiddelværdier er tolerancemarginen 70 µg/m<sup>3</sup> (35% af 200 µg/m<sup>3</sup>), dvs. at en værdi på 270 µg/m<sup>3</sup> ikke må overskrides. Da de højeste værdier i høj grad er bestemt af de meteorologiske forhold er der i det efterfølgende kun sammenlignet med grænseværdien for årsmiddelkoncentrationen.

Grænseværdien gælder for udeluft. Målinger anvendes til at vurdere om grænseværdien er overskredet. Målingerne skal være repræsentative for områder, hvor det er sandsynligt at befolkningen bliver direkte eller indirekte eksponeret over tidsperioder, som er signifi-

kante i forhold til midlingstiden for grænseværdien. I København foretages punktmålinger i gadeniveau på HC Andersens Boulevard og på Jagtvej, og målinger af bybaggrund på taget af HC Ørsted Institut (punktmåling med monitor) samt målinger langs luftlinier i taghøjde fra Nørreports station og Rådhuset mod Jarmers Plads (DOAS målinger).

Tabel 1.1 Grænseværdier for NO<sub>2</sub>

Stof	Grænseværdi (µg/m <sup>3</sup> )	Midlingstid	Statistik	Beskyttelse af	Skæringsdato
NO <sub>2</sub>	200	1 time	18 gange pr. år	Mennesker	2010
	40	-	Gennemsnit, år	Mennesker	2010



## 2 Problemidentifikation

### Indledning

Som baggrund for at kunne udvælge virkemidler gennemføres en problemidentifikation, således at det klarlægges hvilke trafikale og luftforureningsmæssige parametre, der har størst betydning i forhold til NO<sub>2</sub>-problematikken på vejnettet i Københavns Kommune. Frederiksberg Kommune er også inddraget i analysen. I analysen er der lagt vægt på NO<sub>2</sub>, men der gives også en grov vurdering for partikler i et senere særskilt kapitel. Problemidentifikationen er styrende for karakteren af de virkemidler, som vælges i forbindelse med effektivvurdering af egnede virkemidler.

Der er derfor foretaget en kortlægning af NO<sub>2</sub> niveauerne på alle gader i København, hvor der kan tænkes at være problemer med overholdelse af grænseværdien for NO<sub>2</sub>. Denne kortlægning har screenet alle gader over et vist trafikniveau og udpege de steder, hvor der er problemer i forhold til overholdelse af NO<sub>2</sub> grænseværdien. Denne kortlægning viser niveauet af NO<sub>2</sub> i 2003 og 2010 for 138 udvalgte gadestrækninger. Endvidere er der foretaget en kildeopgørelse for NO<sub>x</sub> med udgangspunkt i HC Andersens Boulevard og Jagtvej for at beskrive, hvor meget de enkelte køretøjskategorier bidrager til NO<sub>x</sub> emissionen.

### 2.1 Udvalgelse af veje til kortlægning af NO<sub>2</sub> og PM10 i København

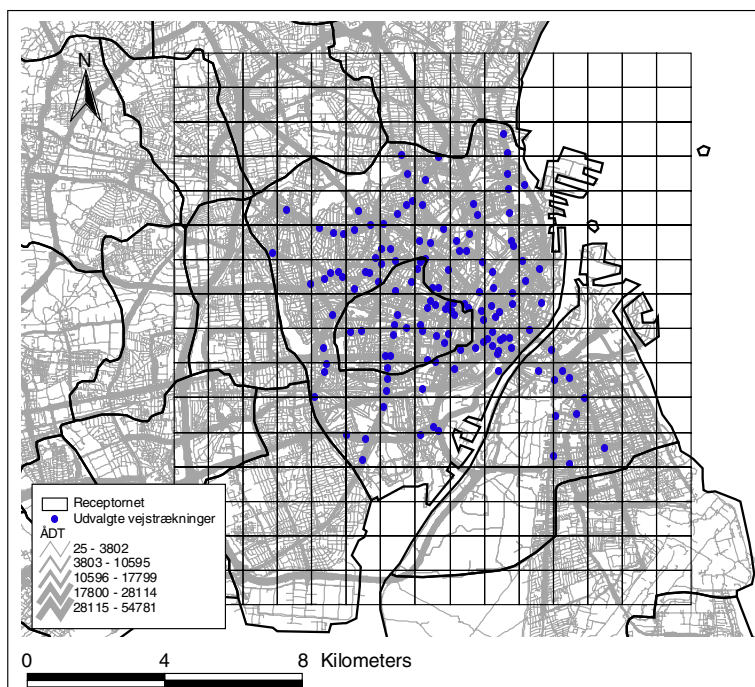
Der er foretaget en udvælgelse af alle gader i Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune, hvor der kan tænkes at være problemer med overholdelse af grænseværdien for NO<sub>2</sub>. Alle vejstrækninger over 15.000 køretøjer pr døgn er i første omgang udvalgt ud fra trafikoplysninger baseret på København-Ringssted Trafikmodellen (KRT).

Der var i alt 990 strækninger, som opfyldte dette kriterie. Udover trafikmængden spiller omgivelserne også en afgørende rolle for NO<sub>2</sub> niveauerne. Jo tættere og højere randbebyggelse på begge sider af vejen og jo smallere vejbredde, jo højere koncentrationer. Disse vejstrækninger kaldes gadeslugter ("street canyons"). Der er derfor ingen grund til at foretage luftkvalitetsberegninger på strækninger, hvor der ingen bebyggelse er, eller hvor bebyggelsen er meget åben. Ud fra dette kriterie blev omkring 100 strækninger fravalgt, baseret på en visuel gennemgang af alle hovedstrækninger sammenholdt med et bygningstema (et kort) med bygningshøjder.

For hver strækning blev der genereret et centerpunkt på strækningen, som fungerer som udgangspunkt for luftkvalitetsberegningerne. Da en strækning i vejnettet er digitaliseret som en strækning mellem hvert kryds vil en vej med fx samme gadenavn bestå af mange delstrækninger. Det er ikke nødvendigt at foretage luftkvalitetsberegninger for hver eneste delstrækning på en vej, da mange af disse vil

minde om hinanden. For hver vejstrækning er der derfor udvalgt nogle få beregningspunkter, som er repræsentative for strækningen, og som samtidig repræsenterer delstrækninger, hvor de højeste koncentrationer kan forventes dvs. fortrinsvis gadeslugter. En række gadestrækninger med megen trafik, men med ensidig bebyggelse er også medtaget. På denne måde fravalgtes yderligere omkring 760 delstrækninger. Nogle få blev fravalgt med urealistisk meget trafik, hvilket beror på enkelte fejl i trafikdatabasen. Herefter blev tilføjet 12 gader, hvor der eksisterer detaljeret information om køretøjsfordelingen. De gengangere som fremkom herved blev slettet. I alt resterer således 138 vejstrækninger, som er mere eller mindre jævnt fordelt på de større trafikveje, se nedenstående figur. Disse strækninger kan potentielt have problemer med overholdelse af NO<sub>2</sub> grænseværdien.

For de 138 udvalgte gader er trafikdata fra Københavns Kommunes GIS vejnet anvendt. I de tilfælde, hvor dette vejnet ikke indeholdt trafikdata er anvendt data fra KRT, og data er manuelt checket/ændret i forhold til oplysninger i Københavns Kommunes rapport om "Færdselstællinger". For Frederiksberg Kommune er anvendt data fra KRT, og der blev ikke fundet væsentlige afvigelser i forhold til den grove inddeling af trafikniveauer, som findes i Frederiksborgs kommunes Trafik- og Miljøhandlingsplan.



Figur 2.1 138 udvalgte trafikerede vejstrækninger i Københavns og Frederiksberg kommuner. 1x1 km<sup>2</sup> receptornet for bybaggrundsberegninger er også vist.

## 2.2 Metode for koncentrationsberegninger

Koncentrationsberegningerne er gennemført i to trin. Først er der gennemført bybaggrundsberegninger, som inkluderer det regionale

bidrag. Derefter er der gennemført gadeberegninger, som inkluderer bybaggrundsbidraget.

### UBM beregninger

#### *Input data og receptornet*

UBM modellen anvendes til at beregne bybaggrundsbidraget. Til beregningerne anvendes trafikdata på et 1x1 km<sup>2</sup> gitternet svarende til Danske Kvadrat Net, som er dansk standard for udveksling af gitternet baseret geografisk information. Trafikdata og dermed emissionsdata dækker hele Hovedstadsområdet (København og Frederiksberg kommuner, samt Københavns Amt, Roskilde Amt og Frederiksborg Amt). Emissionsdata beregnes med et emissionsmodul, som er baseret på emissionsbeskrivelsen i OSPM. For at begrænse regnetiden er der kun gennemført koncentrationsberegninger i et mindre receptornet, som indeholder lidt mere end København og Frederiksberg kommuner, se *Figur 2.1*.

Der er først foretaget bybaggrundsregninger i disse gitterceller med UBM modellen, hvor det regionale bidrag er baseret på en repræsentativ regional baggrundsmålestation for Hovedstadsområdet (Keldsnor på Langeland for NO<sub>2</sub>). I beregningerne er det forudsat at det regionale bidrag er uændret fra 2003 til 2010. Regionale data for NO<sub>2</sub> er en tidsserie. Der kan måske forventes en lille reduktion i det regionale NO<sub>2</sub> niveau pga. emissionsreduktion på europæisk plan, men dette vil ikke have afgørende indflydelse på de efterfølgende resultater.

#### *Trafikdata*

I UBM beregningerne indgår trafikdata og dermed emissionsdata for et 1x1 km<sup>2</sup> gitternet, som dækker hele Hovedstadsområdet. Trafikdata er en kombination af data fra OTM-modellen og KRT. OTM modellen er en avanceret trafikmodel som dækker Hovedstadsområdet. OTM indeholder modeller for både kollektiv trafik og biltrafik. I vejvalgsmodellen indregnes de faktiske kapacitetsforhold på strækninger og i kryds. Modellen ejes af Ørestadsselskabet.

Trafikdata har hidtil været baseret på KRT udlagt på TOP10DK vejnet med en opsummering af trafikarbejdet på 1x1 km<sup>2</sup> gitternet. Data er her inddelt i 5 vejtyper (motorveje, motortrafikveje, veje over 6 m, veje 3-6 m, og anden vej). Der er benyttet køretøjskategorierne: personbiler, varebiler og lastbiler. Den gennemsnitlige rejsehastighed er også beskrevet for hver vejtype.

#### *OTM og KRT i kombination*

Som det fremgår af *Tabel 2.1* er det ikke muligt at lave en 1-1 kobling mellem KRT og OTM, fordi de ikke anvender helt den samme inddeling af vejnettet. Sammenligninger mellem trafikarbejdet fra OTM og KRT for 2003 viste, at de matcher hinanden godt for motorveje og motortrafikveje, men at der var omkring 30% lavere trafikarbejde i OTM for den kategori, som kaldes "veje over 6m". Hverken OTM eller KRT indeholder trafik for mindre trafikerede veje (veje 3-6 m og anden vej). For sådanne veje har vi tidligere tildelt trafik baseret på standardværdier, som også er anvendt i nærværende projekt. Omkring 16% af trafikken kører på disse veje.

For at skabe bedst konsistens i de trafikale forudsætninger, blev det besluttet at anvende OTM direkte for kategorierne: motorveje, motortrafikvej og veje over 6 m, mens KRT for veje 3-6 m og anden vej bibeholdes uændret (dvs. samme i reference og scenarier, da det må forventes, at der kun sker lille trafikale ændring på dette vejnet, og det under alle omstændigheder kun udgør en mindre del af trafikarbejdet.)

*Tabel 2.1 Sammenhængen mellem vejtyper i KRT og OTM*

KRT (TOP10DK)	OTM
Motorveje (2111)	Motorveje(1)+Ramper (15)
Motortrafikveje (2112)	Motortrafikveje (2)
Vej over 6 m (2115)	Landeveje (3)+Større byveje(5), Lokalveje i by (10), Busvej (16)
Vej 3-6 m (2122)	
Anden vej (2123)	

### Validering af UBM

For at vurdere kvaliteten af UBM modellen og det anvendte input data er der foretaget koncentrationsberegninger for den gittercelle som HC Ørsted Institutet ligger i, og disse resultater er sammenlignet med koncentrationsmålinger foretaget på taget af HC Ørsted Institutet, se *Tabel 2.2*.

*Tabel 2.2 Sammenligning mellem beregnede koncentrationer for bybaggrund og målte årsmiddel af NO<sub>2</sub> for HC Ørsted Institutet i 2003 (µg/m<sup>3</sup>)*

	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>
Beregnet	26	34	51
Målt	23	30	47

Det ses, at UBM modellen med det anvendte input data overestimerer målte koncentrationer med omkring 10%.

### OSPM beregninger

#### AIRGIS

I forbindelse med beregning af koncentrationsniveauet i de 138 gader, knyttes UBM beregninger til de respektive gader. Beregninger i gadeniveau er gennemført med gadeluftkvalitetsmodellen OSPM (Operational Street Pollution Model). Generering af input data til OSPM modellen (trafikdata og gadekonfigurationsdata) er sket automatisk ved brug af AIRGIS modellen, som ud fra et GIS baseret vejnet med trafik, bygninger med højder og beregningpunkter kan generere nødvendigt input.

#### ÅDT

Som tidligere nævnt stammer ÅDT på gadestrækningerne primært fra Københavns Kommunes GIS vejnet, som repræsenterer ÅDT fra omkring 2002. Udviklingen fra 2003 til 2010 er bestemt relativt ved at tage udgangspunkt i OTM's ÅDT for de enkelte strækninger i 2003 og 2010. Der beregnes således en faktor (OTM2010/OTM2003), som ganges på Københavns Kommunes udgangspunkt for ÅDT.

## Køretøjsfordeling

Køretøjsfordelingen er for næsten samtlige 138 gader bestemt som en standard køretøjsfordeling som afhænger af vejtypen, idet der kun foreligger detaljerede oplysninger for få gader. For 12 gader er køretøjsfordelingen baseret på manuelle trafiktællinger, som giver en mere præcis køretøjsfordeling for de pågældende veje. Taxier er ikke inkluderet i standard køretøjsfordelingen men kun for veje med manuelle tællinger, og kun for 3 ud af de 12 veje (HC Andersens Boulevard, Jagtvej og Åboulevarden). For veje som er beskrevet ved standard køretøjsfordelingen vil NO<sub>x</sub> emissionen derfor undervurderes lidt, idet de dieseldrevne taxier ikke er inkluderet.

For de 12 veje som der foreligger manuelle tællinger for er udviklingen i køretøjsfordelingen fra 2003 og 2010 bestemt på samme måde som for ÅDT dvs. med en faktor. Denne faktor anvendes for de enkelte køretøjskategorier (person-, vare-, lastbiler og busser samt for enkelte veje tillige taxier). Da OTM kun inkluderer rutebusser er udviklingen kun beregnet herfor, og det er antaget at turistbusser er uændret fra 2003 og 2010 samt i scenarierne.

## Dieselandel

Vejdirektoratet nuværende prognose for udviklingen i dieseldrevne personbiler inddrager ikke de sidste års kraftige udvikling i salget af dieselmotorer, som forventes at fortsætte. Da dieseldrevne biler har højere NO<sub>x</sub> emission end benzinbiler er det imidlertid vigtigt at inddrage disse på en realistisk måde. I beregningerne er den forventede stigende andel af dieseldrevne personbiler inddraget ved at antage at 28% af personbilerne er dieseldrevne i 2010 mod 14% i 2003. Dette skøn er fremkommet ved en simpel fremskrivning af bilparksdata omfattende nuværende bestand, årskørsel, nysalg samt skrotning. For varebiler er skønnet at 100% er dieselmotorer i 2003 og 2010.

## Emission

Emissionen er beskrevet i OSPM's emissionsmodul. Emissionsudviklingen er også fremskrevet til 2010, hvilket bl.a. indebærer en stigende katalysatorandel for benzindrevne personbiler og som nævnt flere dieseldrevne personbiler. Andelen af lastbiler som i OSPM's emissionsmodul er Euro emissionsklasse stiger også bekostning af konventionelle lastbiler. De anvendte emissions faktorer er mere detaljeret beskrevet og sammenlignet med emissionsfaktorer i teknologiscenariet i afsnit 3.2.5.

## Validering af OSPM

For at vurdere kvaliteten af OSPM modellen og det anvendte input data er der foretaget koncentrationsberegninger for Jagtvej og HC Andersens Boulevard, og disse resultater er sammenlignet med koncentrationsmålinger, se *Tabel 2.3*.

*Tabel 2.3* Sammenligning mellem beregnede koncentrationer for HC Andersens Boulevard (HCA) og Jagtvej og målte årsmiddelt af NO<sub>2</sub> i 2003 (µg/m<sup>3</sup>)

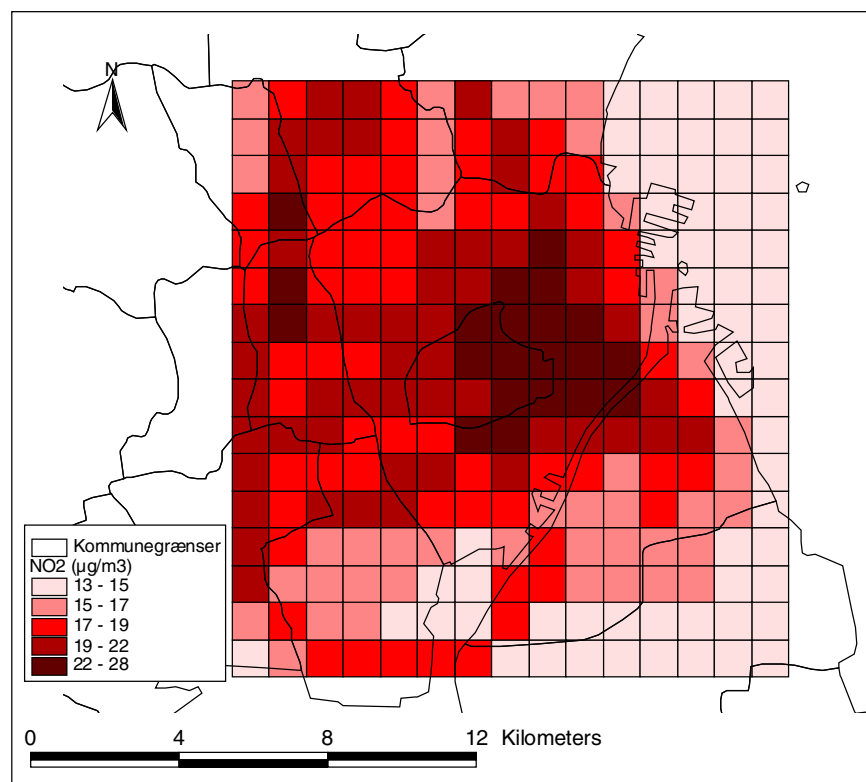
	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>
Jagtvej beregnet	52	122	37
Jagtvej målt	47	116	36
HCA beregnet	61	154	35
HCA målt	59	156	30

Det ses, at OSPM modellen med det anvendte input data (herunder UBM beregninger for bybaggrund) giver en god beskrivelse af årsmiddelkoncentrationerne. Der er en lille overvurdering, som primært skyldes at bybaggrundsbidraget er lidt overvurderet med det anvendte trafikdata.

## 2.3 Kortlægning af NO<sub>2</sub> i København

### Bybaggrund

I Figur 2.2 er vist den geografiske fordeling af NO<sub>2</sub> koncentrationen over København for bybaggrund for referencesituationen i 2010. Det ses, at de højeste koncentrationer findes i det centrale København og dele af Frederiksberg, men høje koncentrationer ses også langs de store transportkorridorer rundt og ind mod centrum.



Figur 2.2 Den geografiske fordeling af NO<sub>2</sub> årsmiddel i 2010 (µg/m<sup>3</sup>)

### Gadeniveau

I det følgende er vist resultater fra luftkvalitetsberegninger for de 138 gader for 2003 og 2010 for NO<sub>2</sub> i referencesituationen. Beregningerne er gennemført for begge sider af en gade og den højeste værdi er vist. Figur 2.4 og Figur 2.5 viser samtidig bidragene for regional baggrund, bybaggrund og gadebidrag. Alle figurene er sorteret på samme måde med udgangspunkt i koncentrationsfordelingen i 2010. Ens gader har derfor den samme placering i de forskellige figurer, hvilket letter sammenligninger for de enkelte gader.

Det ses, at omkring 100 gadestrækninger i 2003 har højere niveauer end 40 µg/m<sup>3</sup>, som er grænseværdien for 2010. Omkring 12 gader overskrider grænseværdi plus tolerancemargin i 2003 (54 µg/m<sup>3</sup>).

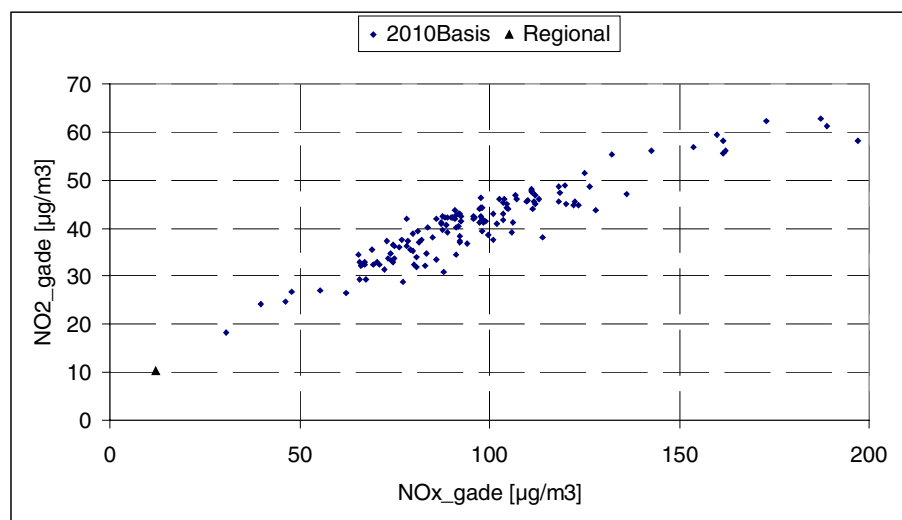
Antallet af strækninger, som overskrider grænseværdien i 2010 er omkring 80. Flere af overskridelserne ligger på samme hovedstrøg (samme vejnavn). Faldet i koncentrationer fra 2003 til 2010 skyldes skærpede emissionsnormer, som dog delvis modvirkes af stigende trafik og stigende dieselandel for personbiler.

For  $\text{NO}_2$  i 2010 udgør regional baggrund omkring  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og bybaggrundsbidraget omkring  $5\text{-}15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bybaggrunds niveauerne ligger således mellem  $15$  og  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Gadebidraget udgør fra nogle få mikrogram til omkring  $35 \mu\text{g}$ . Gadeniveauerne ligger således mellem omkring  $18$  til  $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Trafikniveaulet på vejstrækningerne er endvidere vist i Figur 2.5, som er sorteret på samme måde som luftkvalitetsberegningerne i 2010. Det ses, at der ikke er nogen entydig sammenhæng mellem trafikmængder og koncentrationsniveauer, da gadens fysiske udformning i form af bygninger, gadebredde mv. også spiller en væsentlig rolle.

*Nødvendig  $\text{NO}_x$  reduktion for at overhold  $\text{NO}_2$  grænseværdi i 2010*

I Figur 2.3 er det illustreret, hvor meget det er nødvendigt at reducere  $\text{NO}_x$  koncentrationen for at overholde grænseværdien for  $\text{NO}_2$  i 2010, som er på  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Figur 2.3 Sammenhængen mellem  $\text{NO}_2$  og  $\text{NO}_x$  koncentrationen for de 138 gader i 2010 i referencescenariet

Af figuren ses for det første at der ikke er én til én sammenhæng mellem  $\text{NO}_2$  og  $\text{NO}_x$ , hvilket skyldes at dannelsen af  $\text{NO}_2$  er afhængig af ozonniveauet.  $\text{NO}_x$  skal derfor reduceres meget for at få en mindre reduktion af  $\text{NO}_2$ . Det ses også, at dette gælder mest for de højeste koncentrationer og mindre for de mindste koncentrationer.

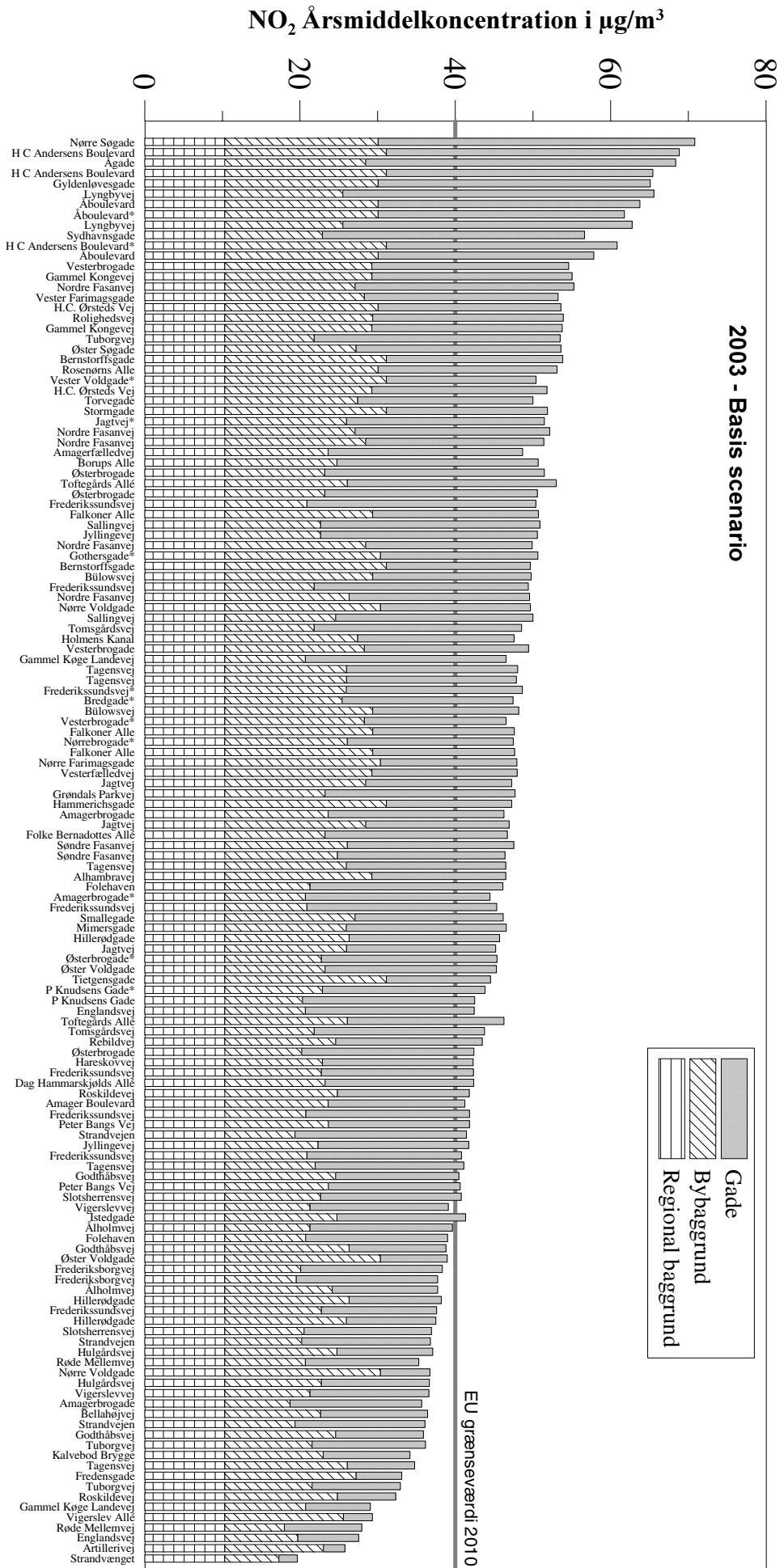
Af figuren fremgår det at den maksimale gadekoncentration er omkring  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og den mindste omkring  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Gadekoncentrationen indeholder også bybaggrundsbidraget, som vil variere afhængig af hvor trafikeret nærområdet er. Det maksimale gadebidrag vil derfor være væsentligt lavere end  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Som det fremgår skal  $\text{NO}_x$  koncentrationen ned på omkring  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i en gade for at  $\text{NO}_2$  grænseværdien på  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  kan overholdes for alle gader. Det ses

dog, at en reduktion i NO<sub>x</sub> koncentrationen på op til 100 µg/m<sup>3</sup> vil sikre at så godt som alle gader overholder NO<sub>2</sub> grænseværdien. Da gadens bidrag til NO<sub>x</sub> koncentrationen er proportional med NO<sub>x</sub> emissionen i gaden svarer det til at NO<sub>x</sub> emissionen i gaderne skal reduceres skønsmæssigt med op omkring 1/2-2/3.

NO<sub>2</sub> grænseværdien kan overholdes ved at reducere trafikken med skønsmæssigt op til 1/2-2/3 for de gader, som har de højeste NO<sub>2</sub> overskridelser eller ved en kombination af skærpede emissionskrav og trafikale reduktioner. I kapitel 4 beregnes effekten af forskellige trafikale og teknologiske scenarier for reduktion af NO<sub>x</sub> emissionen.

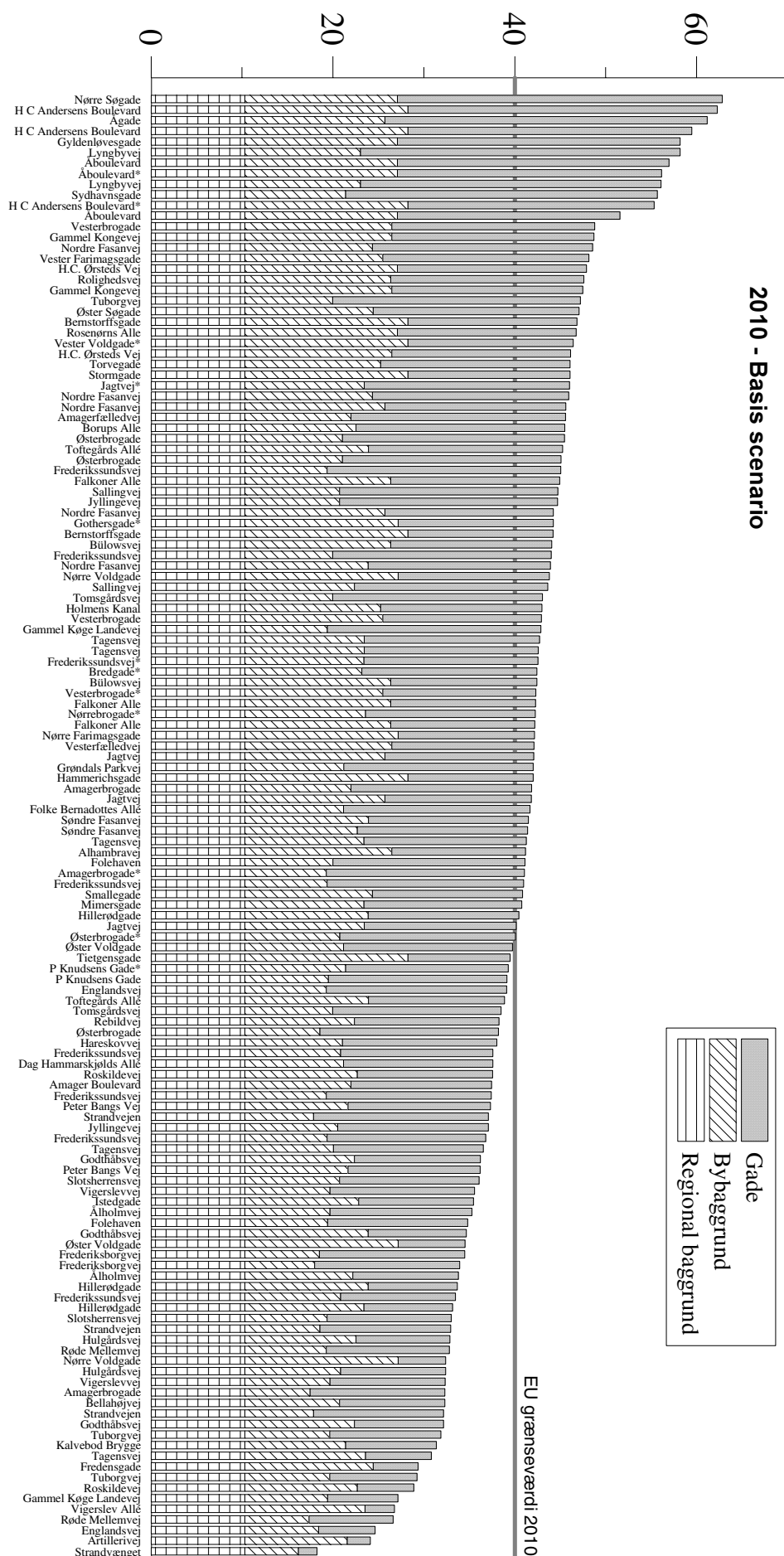






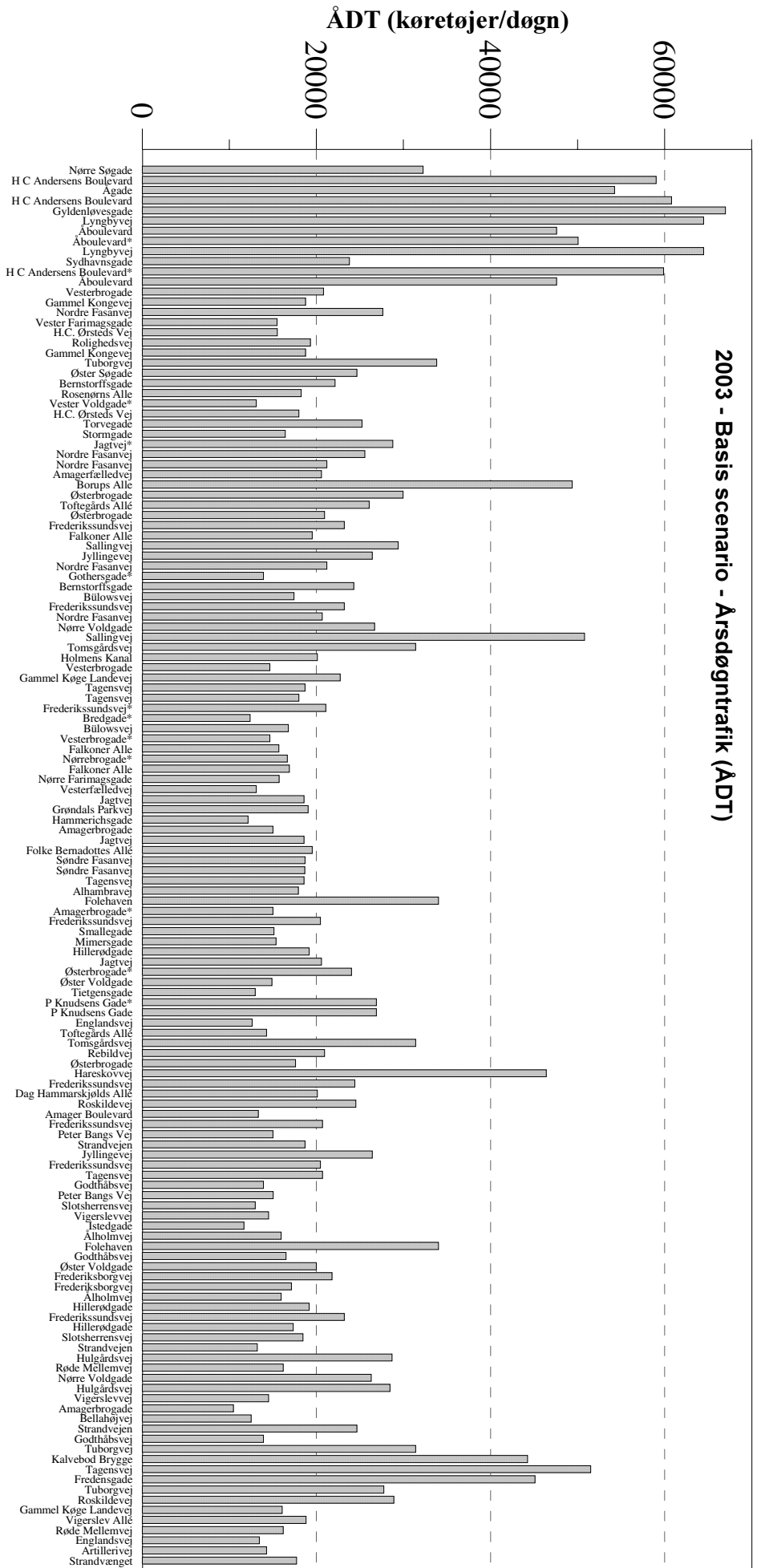
Figur 2.4 NO<sub>2</sub> koncentrationen i 2003 i referencesituationen. For gader markeret med "\*" er køretøjsfordelingen baseret på manuelle trafikrællinger.

# NO<sub>2</sub> Årsmiddelkoncentration i µg/m<sup>3</sup>



Figur 2.5 NO<sub>2</sub> koncentrationen i 2010 i referencesituationen. For gader markeret med "\*" er køretøjsfordelingen baseret på manuelle trafikællinger.

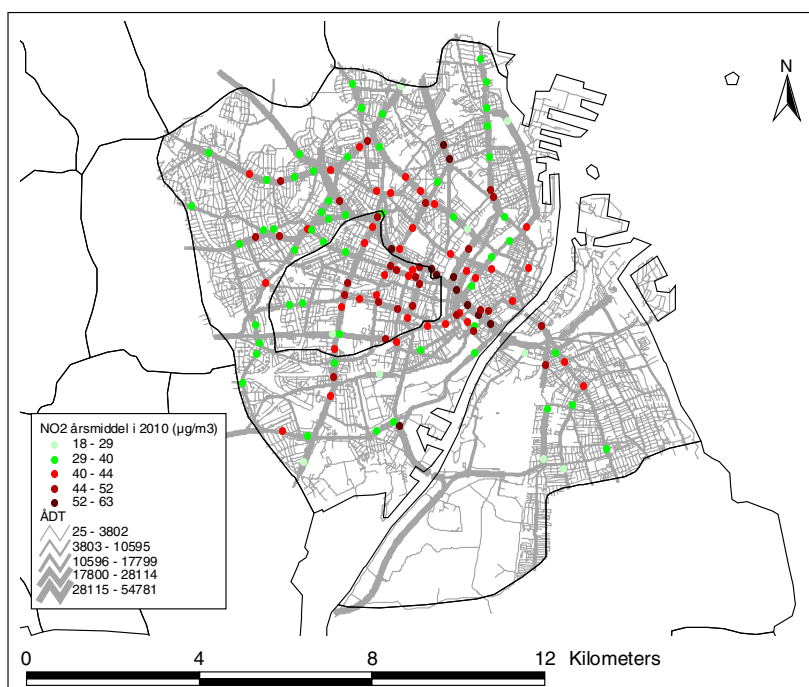
Figur 2.6 ÅDT i 2003 i referencesituationen. For gader markeret med "\*" er køretøjsfordelingen baseret på manuelle trafiktællinger.



### Geografisk lokalisering af overskridelser

I Figur 2.7 er den geografiske lokalisering af de vejstrækninger, hvor der er overskridelser af grænseværdien for NO<sub>2</sub> visualiseret. Det ses, at overskridelserne for NO<sub>2</sub> især er koncentreret i den centrale del af København og det østlige af Frederiksberg, men der er også en række overskridelse på de store indfaldsveje. Overskridelserne er således udbredte og ikke afgrænset til nogle få geografiske steder.

Da der kun er inkluderet et udvalg af beregningspunkter for de trafikerede hovedstrækninger kan det ikke udelukkes, at der er endnu flere overskridelser på delstrækninger (fra kryds til kryds) på disse hovedstrækninger.



Figur 2.7 Overskridelser af NO<sub>2</sub> grænseværdien på 40 µg/m<sup>3</sup> for årsmiddel i 2010. Omkring 80 strækninger overskrider grænseværdien ud af 138 undersøgte vejstrækninger.

### Ikke isoleret Københavner problem

Omfanget af overskridelser for NO<sub>2</sub> i København sandsynliggør at man også vil finde overskridelser af NO<sub>2</sub> i centrale dele af de største danske provinsbyer som fx Århus, Odense og Aalborg.

Overskridelse af NO<sub>2</sub> er ikke et isoleret dansk fænomen, men et udbredt fænomen i Europa med de højeste overskridelser i Sydeuropa, hvor store byer med meget trafik kombineret med høje ozonniveauer og lave vindhastigheder giver høje NO<sub>2</sub> koncentrationer.

## 2.4 Kildeopgørelse for NOx

I Tabel 2.4 er emissionsfaktorerne for NOx vist for Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard. Der er en lille forskel i emissionsfaktorerne for de to gader, som skyldes små forskelle i hastigheden samt koldstart-sande. Det ses, at den tunge trafik har meget høje emissionsfaktorer per køretøj i forhold til den lette trafik, og at taxier og varebiler har væsentlige højere emissionsfaktorer end personbiler.

Tabel 2.4 NOx emissionsfaktorer (g/km) for basis scenarie for Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard i 2010

	Person- bil	Taxi	Varebil	Små lastbiler < 32 t	Store lastbiler > 32 t	Bus	I alt
Jagtvej	0,49	3,2	3,2	8,3	16,7	8,2	1,3
H.C. Andersens Boulevard	0,40	3,1	3,1	10,2	20,4	10,2	1,4

### Fordeling af NOx emission på køretøjskategorier

I nedenstående tabel er vist NOx emissionens fordeling i 2010 på køretøjskategorier beregnet for hverdage for HC Andersens Boulevard og Jagtvej, hvor der foreligger detaljerede opgørelser for trafikens køretøjs sammensætning foretaget ved manuelle trafiktællinger.

Tabel 2.5 NOx emission og køretøjsfordeling på hverdage i 2010 i basisscenarie (%)

Køretøjskategori:	HC Andersens Boulevard		Jagtvej	
	NOx emission (%)	Køretøjer (%)	NOx emission (%)	Køretøjer (%)
Personbiler	24	77,3	29	76,9
Taxier	21	8,9	19	7,9
Varebiler	24	10,1	30	12,1
Lastbiler under 32 t	16	2,1	11	1,8
Lastbiler over 32 t	5	0,4	3	0,2
Busser	9	1,2	7	1,1
I alt	100,0	100,0	100	100,0

Det ses, at den tunge trafik på hverdage bidrager med knap 20-30% af NOx emissionen men kun 3-4% af trafikken, varebiler omkring 25-30% af NOx emission og 10-12% af trafikken, taxier omkring 20% af NOx emissionen og 8-9% af trafikken, og personbiler med omkring 25-30% af NOx emissionen men med 77% af trafikken. I forhold til trafikens andel er NOx emissionen derfor relativ stor for dieseldrevne køretøjer og særligt høj for de tunge køretøjer.

I weekenden vil den tunge trafik bidrage relative mindre, da der er relativt mindre tung trafik i weekenden.

### Fordeling af NOx emission på benzin og diesel

Personbilerne har relativt lave NOx emissioner, idet næsten 100% af de benzindrevne biler har katalysator i 2010. Det er forudsat, at diesel-andelen af personbiler er 28% i 2010 (mod 14% i 2003). NOx emissionen fra dieslbiler er omkring 100% højere i gennemsnit end for benzinbiler i 2010, så dieseldrevne personbiler står for omkring 40%

af NO<sub>x</sub> emissionen og benzindrevne biler for omkring 60%. Taxier er så godt som 100% dieselbiler.

Varebiler er forudsat at være 100% dieselbiler i 2010.

Lastbiler er 100% dieselbiler og busserne er også forudsat at være dieselbiler. Busser omfatter både busser i rute og turistbusser. En del busser i rute vil dog være gasbusser i det centrale København, så emissionen fra busser er lidt overestimeret.

Samlet set andrager dieselkøretøjer således omkring 80-85% af NO<sub>x</sub> emissionen.

## 2.5 Trafikal analyse

Der er foretaget en særskilt trafikale analyse for HC Andersens Boulevard, da koncentrationsmålinger for denne gade overskrider grænseværdien plus tolerancemargin for NO<sub>2</sub>.

HC Andersens Boulevard er en typisk overordnet vej i København. Den er en del af det overordnede vejnet i Københavns kommune, som sikrer sammenhængen mellem København og den øvrige Øresundsregion samt sikrer en hensigtsmæssig og glidende trafikafvikling for den regionale trafik.

Den er desuden karakteriseret ved at være den absolut mest trafikerede gade og dermed en meget betydelig trafikåre i kommunen. Den samlede trafik på HC Andersens Boulevard er ca. 60.000 køretøjer per døgn. I *Tabel 2.6* gives et overblik over hvor den trafik, der kører på HC Andersens Boulevard, kommer fra eller skal hen.

*Tabel 2.6* Trafikken på HC Andersens Boulevard fordelt på køretøjstyper og destinationer

I %	Personbiler	Varebiler	Tunge køretøjer
Kommunen på Sjællandssiden			
Amager	44	44	36
Københavns Amt	37	41	42
Frederiksborg og Roskilde amter	12	8	11
I alt	6	7	11
I alt	100	100	100
Gennemsnitlig tur længde i km	14,4	15,4	19,3

Gennemgående er trafikken på HC Andersens Boulevard relativt lokal. Kun omkring 20% kommer fra de øvrige hovedstads amter. Det skal dog bemærkes, at Amager i denne opdeling omfatter hele øen og ikke kun Københavns kommune.

Lastbilernes turlængde er længere end person- og varebilers og flere har mål i Frederiksborg og Roskilde amter.

Der er foretaget en analyse af, hvordan turene fordeler sig på vejnettet. Denne analyse viser, at hovedparten af turene kommer fra HC Andersens Boulevards forlængelse og i den nordøstlige del af kommunen og en meget mindre del af trafikken kommer fra den sydvestlige side. Dette skyldes, at motorvejens overførsel til Amager samt Sjællandsbroen, trækker den del af trafikken fra sydvest, der har ærinde på Amager.

Hvis man specielt ser på lastbilernes fordeling på vejnettet, er der en betydelig strøm til Prøvestenen, som formodentlig dækker distribution af brændstof til en del af Københavnsområdet.

I forbindelse med analyser af trafikken i Metroen er der gennemført spørgekortanalyser på Langebro, som kan bidrage til at give en karakteristik af trafikken. Denne analyse viser, at omkring 55% af turene i personbil er mellem bolig og arbejdssted, under 5% er mellem bolig og uddannelse, godt 15% er i erhvervsmæssigt øjemed og godt 25% er fritidsaktiviteter eller indkøb. Denne fordeling adskiller sig markant fra det traditionelle billede af trafikarbejdet i Danmark, hvor omkring en tredjedel er mellem bolig og arbejde og meget mere end halvdelen er fritid og indkøbs trafik.

For at kunne vurdere hvilke virkemidler det er relevant at arbejde med i scenarierne er det relevant at se på trafikken ud fra et  $\text{NO}_2$  perspektiv. I tabellen nedenfor ses hvilken del af  $\text{NO}_x$  emissionen der kommer fra hvilke dele af trafikken.

Som det fremgår af den tidligere kildeopgørelse for  $\text{NO}_x$  på HC Andersens Boulevard er det dieselskøretøjerne, der bidrager med langt hovedparten af  $\text{NO}_x$  emissionen, men det er benzin personbiler, der udgør langt den største del af trafikken på HC Andersens Boulevard. Den tunge trafik bidrager med 20-30% af  $\text{NO}_x$  emissionen men kun 3-4% af trafikken. Også varebiler bidrager med en forholdsvis stor del af  $\text{NO}_x$  emissionen i forhold til antallet af køretøjer.

Denne korte karakteristik af trafikken peger på at virkemidlerne skal fokusere på dieselskøretøjerne og i særlig grad de tunge køretøjer. Der er imidlertid ikke i særligt høj grad tale om godstransport over lange afstande og derfor i højere grad om distribution af gods og persontransport med busser. Det er typer af trafik, der vanskeligt kan flyttes særligt meget i tid og rum. Desuden er der i de fleste tilfælde begrænset politisk opbakning til at påbyde restriktioner for erhvervstrafik eller bustrafik. Personbilstrafikken har mindre betydning for  $\text{NO}_x$  emissionen per køretøj, men er relativt lettere at regulere, idet en høj andel er pendling, som relativt let kan påvirkes.



### 3 Opstilling af scenarier

I dette kapitel beskrives de virkemidler, der er effektvurderet. Der arbejdes med pakker af virkemidler i scenarier for at kunne se på effekten af forskellige virkemidler der virker sammen, men som hver for sig kun påvirker dele af trafikbilledet eller har begrænset effekt.

Ved identifikation af virkemidler der kan anvendes til at reducere NO<sub>x</sub> emissionen til byluften, er der taget udgangspunkt i den problemidentifikation, der er beskrevet i kapitel 2. Denne problemidentifikation viser følgende primære træk ved NO<sub>x</sub> problemstillingen:

- Der er udpeget omkring 80 steder hvor det kan forventes at grænseværdien for NO<sub>2</sub> er overskredet i 2010. Problemet er således ikke koncentreret til et sted med særligt uheldige forhold, men er et generelt problem for de stærkest trafikerede veje i det meste af Københavns kommune.
- NO<sub>x</sub> emissionen og dermed grundlaget for NO<sub>2</sub> niveauerne i gadeluften er vurderet for H.C. Andersens Boulevard og Jagtvej. Den tunge trafik bidrager med knap 20-30% af NO<sub>x</sub> emissionen, men kun 3-4% af trafikken, varebiler med omkring 25-30% af NO<sub>x</sub> emission og 10-12% af trafikken, taxier med omkring 20% af NO<sub>x</sub> emissionen og 8-9% af trafikken, og personbiler med omkring 25-30% af NO<sub>x</sub> emissionen, men med 77% af trafikken. I forhold til trafikens andel er NO<sub>x</sub> emissionen derfor relativt stor for dieseldrevne køretøjer og særligt høj for de tunge køretøjer. I de mindre trafikerede gader vil den tunge trafik spille en endnu mindre rolle. Problemer er således stærkt knyttet til den tunge trafik.
- Den trafik der kører på H.C. Andersens Boulevard er relativt lokal. Den gennemsnitlige tur er på 15 km og kommer således ikke ud over nabokommunerne. Det peger på, at problemer skal løses relativt lokalt, hvilket vil sige virkemidler der primært påvirker trafikken i Københavns kommune. Der er på den anden side tale om trafik der kører over så lange afstande at der er et potentiale for at ændre rute eller at skifte transportmiddel. Den tunge trafik kører lidt længere i gennemsnit end personbilturene. 20 km er gennemsnittet for ture med tung trafik.

De virkemidler det vil være relevante at tage i anvendelse må altså påvirke primært den tunge trafik på mange af de overordnede veje i hele kommunen. Virkemidler der påvirker de store mængder af benzinsonpersonbiler vil have en mindre betydning for NO<sub>x</sub> emissionen.

#### 3.1 Rationaler bag de opstillede scenarier

Hvis man skal se på alle de trafikale virkemidler, der i større eller mindre grad har indflydelse på trafikens omfang og afvikling, og dermed på de koncentrationer af luftforurening som trafikken vil give anledning til, er der følgende karakteristika:

- nogle virkemidler påvirker trafikens omfang, altså om man med de givne vilkår vælger at rejse, og hvor man vælger sit rejsemål
- nogle virkemidler påvirker valget af transportmiddel, altså om man vælger at gå eller cykle, at køre i bil eller at tage den kollektive trafik.
- endvidere er der virkemidler der påvirker den rute man vælger at køre for at nå sit mål, og dette valg er langt overvejende bestemt af tidsforbrug og pris ved de alternativer der findes
- endelig kan man påvirke emissionen fra det enkelte køretøj og dette afhænger primært af hvilke type af køretøjer, der vælges samt de normer for emissioner, der på et givet tidspunkt gælder for disse. Desuden spiller det ind, hvordan trafikken afvikles på, altså hvor høj hastigheden er, hvor jævn kørsel mv.

Dette hierarki af valg, som den enkelte trafikant træffer, vil samlet set afgøre hvor stor emissionerne af luftforureningen fra trafikken er, hvad enten der er tale om en person der ønsker at transportere sig selv og måske også andre personer eller om det er en virksomhed, der træffer den samme type af valg med hensyn til transport af varer. Endelig vil de meteorologiske forhold, byen og gaderummets geometri, trafikken samt andre kilder end trafikken bestemme den samlede luftforureningskoncentration.

Der er naturligvis en sammenhæng mellem flere af disse valg. En trafikmodel er netop et værktøj, der beskriver den samlede trafiksituation som summen af alle disse valg. Modellen er baseret på erfaringer om valgene, og er således et empirisk baseret værktøj.

De virkemidler, der vil indgå i scenarierne påvirker trafikanternes valg i forskellige dele af denne beslutningskæde, og fokuserer derfor på forskellige dele af denne komplicerede valgproces.

Man kan også gruppere virkemidlerne efter hvilken myndighed, der har mulighed for at påvirke de forskellige trin i denne beslutningskæde. Kommune, stat og EU har hver deres kompetencer, der i sidste ende påvirker luftforureningen i Københavnske gader. EU sætter rammerne for den tilladelige emission fra forskellige typer af køretøjer. Staten er både kilde til finansiering af større infrastruktur anlæg, er bestyrer af motorveje og andre overordnede veje, styrer DSB og delvist også Ørestadsselskabet og sætter de reguleringsmæssige rammer for den kommunale trafikplanlægning. Endelig er det kommunen, der er ansvarlig for trafikens afvikling inden for disse rammer, og den har indflydelse i Ørestadsselskabet samt i HUR der varetager bustrafikken i regionen.

Fokus i de scenarier, der er opstillet i denne analyse er, at begrænse NO<sub>x</sub> emissionen. Der fokuseres derfor på virkemidler der påvirker den tunge trafik, virkemidler der forventes at betyde store ændringer i rutevalg og transportmiddelvalg samt endelig virkemidler der direkte begrænser NO<sub>x</sub> emissionen fra det enkelte køretøj.

På den baggrund er der valgt at opstille fire scenarier:

1. Det første vil se på, hvad kommunen kan gøre med virkemidler der ligger i kommunens regi.
2. Det andet vil belyse, hvor langt man kommer ved at reducere bilkørsel ved at indføre afgifter på forskellig måde.
3. Det tredje scenarie ser på, hvor langt man kommer ved at udnytte den reneste teknologi i køretøjsparke
4. Det fjerde scenarie sammenfatter alle typer af virkemidler og belyser den maksimale effekt.

## 3.2 De fire scenarier

### 3.2.1 Scenarie 1: Kommunale virkemidler

Kommunen regulerer trafikens afvikling, hvilket typisk påvirker trafikens rutevalg og trafikens afvikling. De elementer der påvirker trafikens omfang og transportmiddelvalg har kommunen indflydelse på gennem den overordnede planlægning, men det er ikke et forhold der lader sig ændre på kort sigt. De virkemidler, der i forhold til  $\text{NO}_x$  emissionen til gaderummet er væsentlige, er hvor der sker større skift i valg af transportmiddel eller rutevalg. Disse forhold hænger sammen med større nyanlæg, som etableringen af en metro ring eller af vejanlæg som fx en havnetunnel, der påvirker rutevalget i den centrale del af København. Radikale trafiksaneringer, der lukker eksisterende gennemfartsgader vil ligeledes kunne påvirke  $\text{NO}_x$  emissionerne, mens mindre justeringer af trafikens afvikling i form af mindre trafiksaneringer, forbedringer for cyklisterens vilkår ikke vil få nogen større indflydelse. De traditionelle virkemidler i kommunal trafikplanlægning er sædvanligvis fokuseret mod at påvirke personbiltrafikken særligt i myldretiden for at begrænse trængsel og sikre en så smidig trafikafvikling om muligt. En stor del af disse traditionelle virkemidler vil ikke have en særlig virkning på  $\text{NO}_x$  emissionerne, og de er derfor udeladt af scenarierne. De elementer der indgår, er:

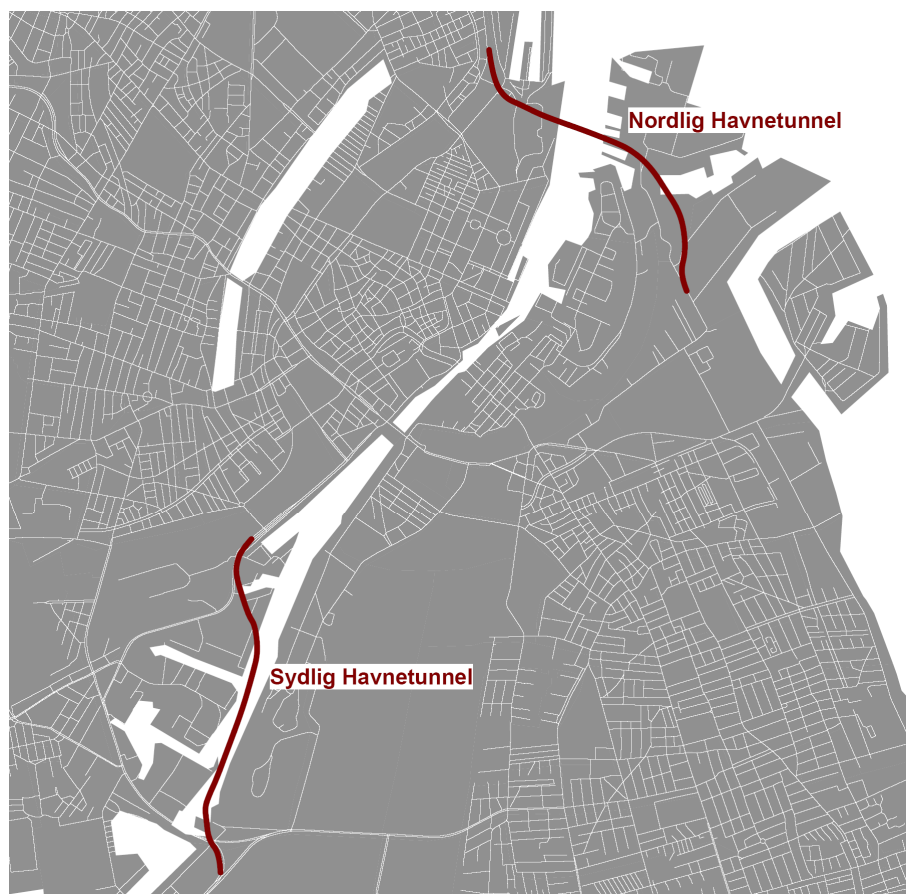
#### *Etablering af havnetunneller*

Etablering af havnetunneller både i nord og i syd som det fremgår af udkastet til Københavns Kommunes Trafik- og miljø handlingsplan vil betyde at en betydelig del af trafikken mellem København og den nordøstlige del af Amager vil køre udenom de centrale dele af København. Der vil derfor blive mulighed for at skabe en gennemgribende aflastning for gennemkørende trafik i ruten over Kgs. Nytorv. Dette vejanlæg vil i den nordlige del forbinde Lyngbyvej via en ny højklasset vej over kasernearealerne til Kastellet, hvor den føres i tunnel over til den nordlige del af Refshaleøen og derfra ned og knyttes til Prinsessegade. Dette vejanlæg har været diskuteret i mange år og kom højere på dagordenen i 1998, hvor anlægget har indgået i Trafikministeriets prioriteringer.

Københavns kommune har imidlertid været mere forbeholdne overfor planerne, idet der sker en voldsom trafikal belastning af boligom-

råder både på sjællandssiden og Amagersiden, som beboerne har udtrykt megen modvilje imod. Den sydlige tunnel har været mindre omtalt i den offentlige debat, og er et betydeligt nyere projekt. Intentionen er at fredeliggøre områder i Sydhavnen for at muliggøre byudvikling i dette område. I princippet kan Københavns kommune beslutte og gennemføre dette projekt, men det er nok sandsynligt, at der i en eller anden udstrækning vil komme statslige midler i etableringen af en eventuel havnetunnel.

Effekten af en havnetunnel i forhold til  $\text{NO}_x$  vil være at den gennemkørende trafik vil blive ledt udenom Københavns centrum, og der vil blive skabt mulighed for yderligere at aflaste området indenfor søerne for gennemkørende trafik. Der vil under alle omstændigheder ske en kraftig aflastning af Knippels bro og Lange bro og det vil betyde at trafikintensiteten i centrum helt generelt reduceres, og det vil reducere emissionerne af  $\text{NO}_x$ .



Figur 3.1 Linieføringsforslag til havnetunneler i København

### *Etablering af en Metro Cityring*

Etablering af en Metro Cityring er et andet større anlægsprojekt, der vil have en væsentlig indflydelse på trafikken og  $\text{NO}_x$  emission i den centrale del af Københavns kommune. Dette anlæg vil give en høj-klasset kollektiv trafik betjening af brokvartererne, hvor der i dag ikke er skinnébåret trafik og skabe forbindelse fra disse områder til banesystemet via skiftemulighed på Hovedbanen, Østerport og Nørrebro station. De foreløbige vurderinger af denne Metro Cityring er,

at den vil gøre en meget stor del af bustrafikken overflødig og flytte en mindre del af biltrafikken til kollektiv trafik. Metro Cityringen vil give betydelige rejsetidsbesparelser for kollektive passagerer og vil betyde et klart løft for den kollektive trafik i København. I princippet er metrocity ringen et kommunalt anlæg. Københavns kommune har kompetence til at beslutte dette anlæg og finansiere det. Der har imidlertid været en tilkendegivelse fra regeringen om, at man vil bidrage til finansieringen på visse betingelser, så i realiseringen af projektet kan staten få en betydelig rolle.

I en  $\text{NO}_x$  sammenhæng vil den kraftige begrænsning af bustrafikken, der er en konsekvens af Metro Cityringen, have en meget positiv effekt.



Figur 3.2 Metro Cityring - forslag til linieføringer (Trafikministeriet 2004)

### *Pendlerplaner og transport*

Der er overbevisende udenlandske erfaringer med at begrænse biltransport ved at organisere pendlingen og andre typer af persontransporter i større virksomheder igennem pendlerplaner. Ordningen består i at alle melder deres transportbehov ind til en central koordinator, der systematisk søger at matche personer, der har ensartede transportbehov samt at vurdere, hvilke rejser der med fordel kan anvende kollektiv transport. Ligeledes kan ordninger med brug af firmacykler bidrage til at begrænse persontransporten både i pendler og korte erhvervs ture. Internationale erfaringer peger på en reduktion af pendlingen med bil på mellem 13 og 30%. I disse eksempler har man udover ovennævnte virkemidler indført visse økonomiske inci-

tamenter for de der skifter transportmiddel og etableret nye kollektive trafiktilbud. Man må derfor forvente lavere effekter i København.

I det kommunale scenarie forudsættes det, at man fra kommunens side både søger at koordinere alle ansatte i kommunen samt gør en målrettet indsats overfor større virksomheder der ligger indenfor søerne.

Effekten af pendlerplaner er indregnet i scenariet som en reduktion på trafikarbejdet i personbil til området indenfor søerne med formålet pendling på 7%. Det er klart lavt i forhold til de udenlandske erfaringer, idet parkeringsrestriktioner samt god kollektiv trafikbetjening og en meget udviklet tradition for at cykle formodentligt allerede har udnyttet en del af potentialet der ligger i pendlerplaner. En bedre samordning af kommunens kørsel med vare og lastbil har givetvis også et potentiale, men det er ikke søgt at kvantificere dette i scenariet.

### *Trafiksanering*

Kommunen råder over en række virkemidler indenfor trafiksanering, der kan påvirke trafikens rutevalg og afvikling i øvrigt så som lukning af gader, ensretninger hastighedsbegrænsning, indkørselsforbud for særlige køretøjsgrupper etc. I NO<sub>x</sub> sammenhænge kan det være relevant at se på større ændringer, der markant ændrer rutevalget for trafikken, og desuden tiltag der reducerer den tunge trafik. Det vil være relevant at reducere den gennemkørende tunge trafik, da det ikke giver mening at begrænse den varetransport, der har ærinde i byen. For at vurdere effekten af dette virkemiddel i scenariet er planerne for at fredeliggøre indre by, som er beskrevet i sammenhæng med havnetunnel projektet, inddraget. Ideen er at undgå gennemkørende trafik ad Store Kongensgade og hen over Kgs. Nytorv efter etablering af en havnetunnel der kan tage netop denne trafik. Forslaget lukker derfor Store Kongensgade og Bredgade for gennemkørsel og begrænser kapaciteten på Farigmagsgaderne for at trafikken ikke skal søge denne vej i stedet. Denne overordnede regulering af trafikken giver det trafikale grundlag for at styrke cykeltrafik samt at forskønne den indre by.

Som supplement til denne trafiksanering, der er beskrevet nærmere i (Københavns Kommune 1996), er der i scenariet etableret større begrænsninger for den tunge trafik, for at så stor del af den som muligt fjernes fra indre by. Trafikmodellen regner sådan at den tunge trafik ture ikke kan fjernes, men rutevalget kan ændres, hvis det bliver hurtigere og billigere at køre en omvej. Det vil sige, at alle varetransporter o.l. med tung trafik kommer til de centrale dele af byen, men al trafik, der ikke direkte har ærinde vil søge udenom. Restriktionerne for den tunge trafik vil betyde et forbud mod tung trafik på H.C. Andersens Boulevard fra Nørre Voldgade og til Lange Bro og et forbud mod vare- og lastbiltrafik på Nørre Voldgade fra H.C. Andersens Boulevard til Gothersgade. Det skal understreges, at det er ganske kraftige restriktioner for godstrafikken og intentionen er modelmæssigt at tvinge al vare og lastbiltrafik, der ikke har ærinde indenfor søerne udenom området.

Strammere parkeringspolitik er et middel til at reducere pendling i områder med en stor bilbaseret pendling. I den indre del af Københavns kommune er der allerede kraftige afgifter på parkering, og der er også en regulering af parkeringen i brokvarterene, om end i mindre omfang. Analyser af effekten af at sætte prisen op på de kommunale parkeringspladser viser, at det blot vil øge omsætningen på pladserne og dermed ikke reducere trafikken. Dette kommunale virkemiddel er derfor ikke medtaget i scenariet.

Det samlede scenarie 1 belyser de kommunale virkemidler og vil således betyde etablering af en nordlig og en sydlig havnetunnel samt de nødvendige tilslutningsveje. Desuden etableres en Metro Cityring. Der gennemføres en trafiksanering, der aflaster al gennemkørende trafik fra den indre by og særligt vare- og lastbilstrafikken vil blive holdt udenfor søerne med mindre de har ærinde indenfor. Endeligt gøres en indsats for at reducere den bilbaserede pendling til området indenfor søerne.

### **3.2.2 Scenarie 2: Begrænsning af transportarbejdet**

En generel begrænsning og styring af trafikken gennem afgifter er et virkemiddel, der er meget i omdiskuteret i trafikdebatten. Teknologisk set er det muligt at etablere et betalingssystem, der er baseret på satellitter og kan opkræve en afgift per kørt kilometer, der er differentieret efter køretøjstype, tid og sted uden at overvåge den enkelte trafikant. Systemet fungerer ved opkrævning af afgifter for tunge køretøjer i Tyskland og Schweiz.

Der er adskillige konkrete erfaringer med at opkræve en simpel afgift for køretøjer, der passerer grænsen til en defineret zone, en betalingsring eller en bompengering.

Begge disse typer af virkemidler vil blive belyst i senarie 2. Kørselsafgifter og en betalingsring er to måder at begrænse biltrafikken på, som ikke kan gennemføres sideløbende, og for at belyse begge muligheder er scenarie 2 delt op i to scenarier, et der belyser betalingsring og et der belyser kørselsafgifter.

### **3.2.3 Scenarie 2A: Betalingsring**

Både i London og i flere norske byer skal bilister betale for at køre ind i den centrale del af byen. Sigtet med ordningerne har dog været meget forskelligt i Norge og i UK og effekten derfor også forskellig.

I de norske byer, Oslo, Bergen og Trondheim har sigtet været at skaffe et provenu til at finansiere store nye infrastrukturanlæg. Taksten har derfor været sat således at provenuet blev størst muligt. Taksten har været relativt lav (12 NKR i Oslo) og har begrænset trafikken over betalingsringen med 5%. Etableringen af bompengeringen skete i en periode med lavkonjunktur, hvilket kan have bidraget til den lav effekt. Erfaringerne fra de norske byer har vist at systemet virker, at befolkningen accepterer ordningen, og at man selv med lave takster kan sikre et provenu til nyinvesteringer. Det årlige provenu i Oslo er i størrelsesordenen 700 mio. NKR.



I London har sigtet været at begrænse biltrafikken i den centrale del af London og afgiften er derfor ret høj (5 £) for at køre ind i det centrale område. Trafikken over betalingsringen i London er reduceret med 10-15%. Der er umiddelbart accept af ordningen blandt befolkningen formodentlig, fordi den er enkelt og har et klart sigte, som den opfylder.

Ulempen ved bompenggeordninger er, at de har en meget kraftig virkning lige omkring selve ringen. Folk der bor, arbejder eller handler i ringens nærområde vil alt andet lige krydse den meget ofte og skulle betale hver gang, mens folk der bor midt i den centrale område kan køre mange ture i lokalområdet uden at skulle betale.

I scenarie 2 er gennemført en beregning af effekten af en bompengering i København. Selve ringen følger i store træk kommunegrænsen, men er af praktiske grunde lagt i den gamle godsbanering på Sjællandssiden, da det giver lidt færre steder, hvor betaling skal være mulig. Taksten for at køre over betalingsringen er i scenariet fastlagt til:

- Personbil 30 kr. per tur
- Varebil 60 kr. per tur
- Lastbil 120 kr. per tur

Da formålet med denne betalingsring er, at reducere trafikken generelt og den tunge trafik i særdeleshed, skal der betales døgnnet rundt. Der er tale om høje takster, og det er valgt for at se effekten af ret markante virkemidler.



Figur 3.3 Placering af betalingsring i København som grundlag for scenarie 2



### 3.2.4 Scenarie 2B: Kørselsafgifter

Systemet er, at hver bil er udstyret med en GPS enhed, der kan registrere, hvor langt der køres på forskellige typer af veje og på forskellige tidspunkter. Med en betalingsstruktur defineret som en betaling per km på forskellige tidsperioder og vejtyper for forskellige køretøjstyper, kan bilens fører få en regning per tur eller for en længere periode. Teknisk set kan systemet fungere, og det har virket i Schweiz og Tyskland for tunge køretøjer og i en prototype i forbindelse med forskningsprojekter.

Effekten på trafikken vil være helt afhængig af den takststruktur der lægges til grund. Effekten vil være de samme som ved en bompengering, men man kan styre trafikken meget mere detaljeret i tid og sted. Hvis man ser snævert på NO<sub>x</sub> problemstillingen ville det være relevant at sætte en relativt høj pris på dieselkøretøjer, særligt varebiler, turistbusser og lastbiler. Effekten af dette ville givetvis være at virksomhederne ville overveje at substituere de mindre køretøjer med benzin og desuden begrænse kørsel i de centrale dele af København, så meget som muligt. Den øgede omkostning systemet i øvrigt vil påføre virksomhederne vil udmøntes i øgede transportomkostninger og i sidste ende øgede priser på varerne.

I scenarie 2 er der regnet på en kørselsafgiftsordning, der tidligere er etableret i forbindelse med et forskningsprojekt på DTU. Taksterne for kørsel i den tætte del af byen (i 2004 priser) er følgende:

- Personbil 1,50 kr. per km
- Varebil 3,00 kr. per km
- Lastbil 6,00 kr. per km

Den tætte del af byen er afgrænset som området indenfor godsbaneringen og vil derfor betyde den største del af kommunen. Taksterne udenfor dette område er lavere:

- Personbil 0,50 kr. per km
- Varebil 1,00 kr. per km
- Lastbil 2,00 kr. per km

Og i landområder udenfor byzone er afgifterne det halve af taksten i byområder, men det er af begrænset betydning for dette projekt.

Ovennævnte afgifter gælder for det overordnede vejnet og for at undgå at trafikken blot vælger de lokale veje er der lagt en væsentligt større afgift på de lokale veje i byområderne.

Scenarie 2 omfatter således to effektvurderinger. Den ene af et kørselsafgiftssystem og det andet af et tilsvarende bompengesystem. Taksterne er højere i bompengesystemet for en gennemsnitlige tur, men til gengæld vil en langt større del af trafikken betale afgiften i et system med kørselsafgifter, så det vurderes at de samlede effekter af de to systemer vil være nogenlunde den samme.

### 3.2.5 Scenarie 3: Indførelse af de reneste teknologier

Emissioner fra køretøjer reguleres i EU gennem de såkaldte euro normer. Disse normer angiver den højest tilladte emission ved en bestemt kørecyklus og gælder for alle nye køretøjer i forbindelse med typegodkendelse. Fra 2006 vil et nyt sæt emissionsnormer, Euro 4 gælde for personbiler og tunge køretøjer, mens der først indføres Euro 4 normer for varebiler fra 2007. Det er allerede nu fastlagt, at der i 2009 vil gælde en Euro 5 norm for tunge køretøjer der reducerer NO<sub>x</sub> udslippet yderligere.

Processen stopper ikke her, og det forventes at Euro 5 normer for personbiler og Euro 6 for tunge køretøjer vil blive indført i 2010 og 2012, men hverken tidshorisont eller emissionsgrænser ligger fast før engang i 2005.

Hvis et land ønsker at indføre strammere emissionsnormer er det ikke tilladt, men på det tidspunkt man kender grænseværdierne for kommende emissionsnormer kan man ved afgiftsomlægninger og tilsvarende incitamentter søge at indføre den renere teknologi hurtigere end den ellers ville slå igennem. Man kan med andre ord ikke på nationalt niveau eller lokalt fastsætte andre emissionsgrænser end der er vedtaget i EU, men man kan anvende forskellige styringsmidler til at indfase de renere teknologier hurtigt.

*Fremskynding af indførelse af skærpede emissionsnormer*

I scenarie 3 vil der blive opereret med at der sker en tidligere indførelse af de generelle grænseværdier, hvilket der er et betydeligt pres fra visse medlemslande for i EU forhandlingerne. Der er taget udgangspunkt i et tysk forslag om at fremskynde indførelse af skærpede normer for tunge køretøjer samt skærpede normer til diesel personbiler. Det tyske forslag vil i store træk betyde at diesel personbiler skal overholde de samme krav som benzinbiler samt at dieseldrevne lastbiler skal reducere emissionerne drastisk. Det er forudsat at dette kun kan ske ved et teknologispring dvs. at køretøjerne udstyres med NO<sub>x</sub> emissions reducerende udstyr og partikelfiltre. Det skal understreges, at der i scenariet opereres med virkemidler der ikke er vedtaget, og som ikke kan besluttes i dansk regi, men kun af EU. Der er tale om en miljøoptimistisk forudsætning, som forudsætter at der kan skabes flertal for det tyske forslag.

Desuden indføres særlige krav til tunge køretøjer, der kører i den foreslåede miljøzone i København. Det forudsættes, at alle tunge køretøjer i miljøzonen overholder de skærpede emissionsnormer i det tyske forslag.

Dette scenarie forudsætter, at det tyske forslag vedtages, at Københavns Kommune beslutter skærpede emissionskrav i miljøzonen, og at Justitsministeriet godkender dette. Herefter skal transportoperatørerne have en rimelig tid til implementering.

Et rimeligt varsel til operatørerne kunne være 5-6 år, hvis kravet indebærer indkøb af nye lastbiler, mens en kortere varslingstid kunne anvendes såfremt kravene kan overholdes ved eftermontering af emissionsbegrænsende udstyr. Der kan blive tale om, at operatørerne vil kræve kompensation for yderligere omkostninger, og det vil i så fald være op til en forhandling.

Med ovenstående beslutningsprocedure samt varsel til operatørerne er det ikke realistisk at dette scenarie kan være fuldt implementeret i 2010, hvor grænseværdierne for NO<sub>2</sub> skal være overholdt. Det gennemførte scenarie afspejler derfor en situation, som kunne indtræffe senere fx omkring 2012-2015.

En tilsvarende ordning kan etableres for bustrafikken. HUR kan i udbudsmaterialet stille krav om at alle busser der kører indenfor Københavns kommune skal overholde skærpede emissionskrav, som i det tyske forslag. Det vil blive HUR – eller rettere det kommende Trafikselskab Sjælland – der kommer til at bære eventuelle meromkostninger gennem licitationsprisen for den udbudte kørsel.

I scenariet er det forudsat at andelen af tunge køretøjer, som opfylder de skærpede emissionsnormer er 100% inden for miljøzonen og 33% i hele hovedstadsområdet. Andelen af lette dieselskøretøjer (både personbiler og varebiler), som opfylder de skærpede emissionskrav er sat til 16%.

Scenarie 3 omfatter altså en fremrykning af den generelle emissionsnorm for nye køretøjer både for personbiler og tunge køretøjer, hvilket vil betyde at de nye lavere normer slår igennem i bilparken tidligere. Desuden suppleres med at pålægge alle tunge køretøjer samt alle rutebusser indenfor miljøzonens område at overholde de skærpede emissionskrav. Scenariet forudsætter at disse skærpede emissionskrav kun kan opfyldes ved NO<sub>x</sub> emissions begrænsende udstyr og partikelfiltre.

*Forskelle mellem teknologiscenarie og krav til miljøzonen*

Teknologiscenariet opererer med meget anderledes emissionskrav, end de, der er stillet i forbindelse med den foreslåede miljøzone i København. I miljøzonen er der krav om partikelfiltre for alle tunge køretøjer og et alderskrav til motoren (maks. 7 år) alternativt skal Euro 4 emissions normen overholdes. Disse krav retter sig primært mod reduktion af partikler og ikke NO<sub>x</sub>. I teknologiscenariet er det derimod foreslået, at de tunge køretøjer der kører indenfor miljøzonen skal opfylde de skærpede krav i det tyske forslag, som både sætter skærpede krav til NO<sub>x</sub> og partikler. Dette vil forudsætte både partikelfiltre og NO<sub>x</sub> begrænsende udstyr.

### **3.2.6 Sammenligning af anvendte emissionsfaktorer med COPERT**

I dette afsnit er der gjort mere detaljeret rede for de anvendte emissionsfaktorer, og hvordan det tyske forslag er implementeret i OSPM's emissionmodul. Endvidere sammenlignes med de forskellige euro emissionsnormer.

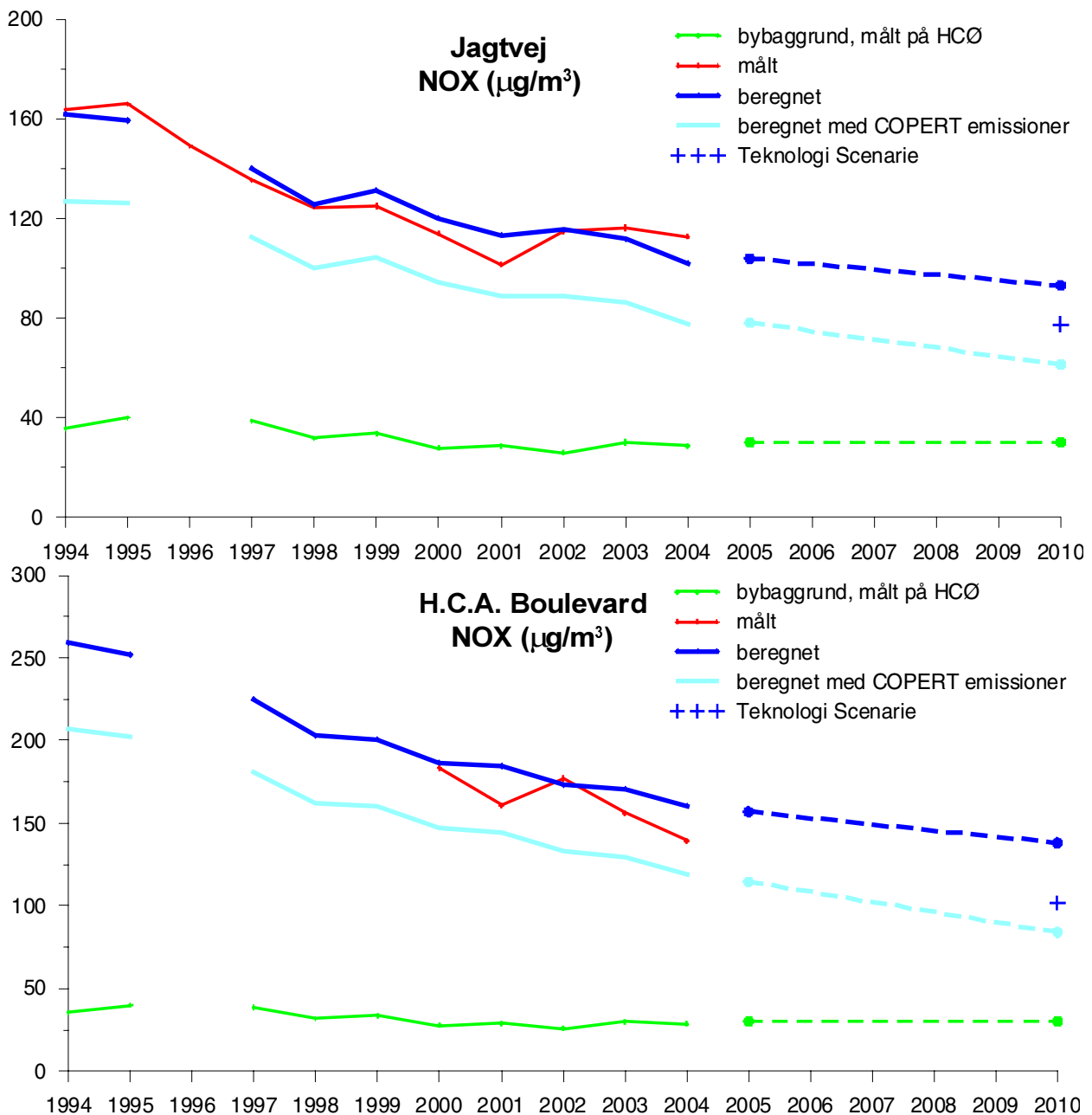
Indledningsvis foretages en analyse af sammenhængen mellem målte og beregnede koncentrationer over de sidste 10 år med anvendelse af emissionsfaktorer i OSPM for Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard i København og dette sammenlignes med tilsvarende beregninger med COPERT emissionsfaktorer. Endelig illustreres forskelle mellem emissionsfaktorer i OSPM og COPERT for den fremtidige udvikling.

Endvidere er de anvendte emissionsfaktorer sammenlignet med COPERT, som er EU's officielle bud på emissionsfaktorer, som anvendes til nationale emissionsopgørelser. Medlemslandene kan dog også bruge deres egne emissionsfaktorer.

### **Sammenligning mellem målt og beregnede koncentrationer for forskellige emissionsforudsætninger**

Sammenhængen mellem målte og beregnede koncentrationer med anvendelse af emissionsfaktorer i OSPM for Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard i København og tilsvarende beregninger med COPERT emissionsfaktorer er illustreret i *Figur 3.4*. Det ses, at de anvendte emissionsfaktorer i OSPM fra 1994-2004 har været i stand til at give resultater, der er i god overensstemmelse med luftkvalitetsmålinger. Tilsvarende ses, at såfremt COPERT's emissionsfaktorer anvendes fås væsentlige lavere koncentrationer og dermed dårligere overensstemmelse med luftkvalitetsmålinger. De anvendte emissionsfaktorer i OSPM og COPERT's emissionsfaktorer giver i princippet den samme trend i koncentrationerne, men når COPERT emissionsfaktorer anvendes fås lavere koncentrationer, som ikke er i overensstemmelse med observationer (Berkowicz et al. 2004, Berkowicz et al. 2005).

Beregnete koncentrationer i 2010 i basisscenariet og i teknologiscenariet er også illustreret. Teknologiscenariet er illustreret ved et kryds. Det ses, at teknologiscenariet ligger væsentligt under basisscenariet i 2010, men over et scenarie, hvor emissionerne er baseret på COPERT.



Figur 3.4 Sammenhængen mellem målte og beregnede NOx koncentrationer med anvendelse af emissionsfaktorer i OSPM for Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard i København samt tilsvarende beregninger med COPERT emissionsfaktorer.

### Sammenligning mellem emissionsfaktorer i OSPM og i COPERT

Beregningerne med WinOSPM kan gennemføres med brugerdefinerede emissionsfaktorer, som det er gjort for de forskellige scenarier i nærværende projekt. Dette er gennemført med DMU's emissionsfaktorer. Som illustreret ovenfor kan man også foretage beregninger med COPERT emissionsfaktorer, som også er implementeret i WinOSPM (Ntziachristos and Samaras, 2000).

#### COPERT emissioner

Emissionsfaktorerne i COPERT er angivet som funktioner af køretøjs gennemsnitlige rejsehastighed, og disse funktioner er implementeret i WinOSPM. For hver køretøjstype og anvendt brændsel er der specificeret separate emissionsfaktorer (som funktion af rejsehastighed) afhængigt af køretøjets teknologiklasse. Teknologiklasserne sva-

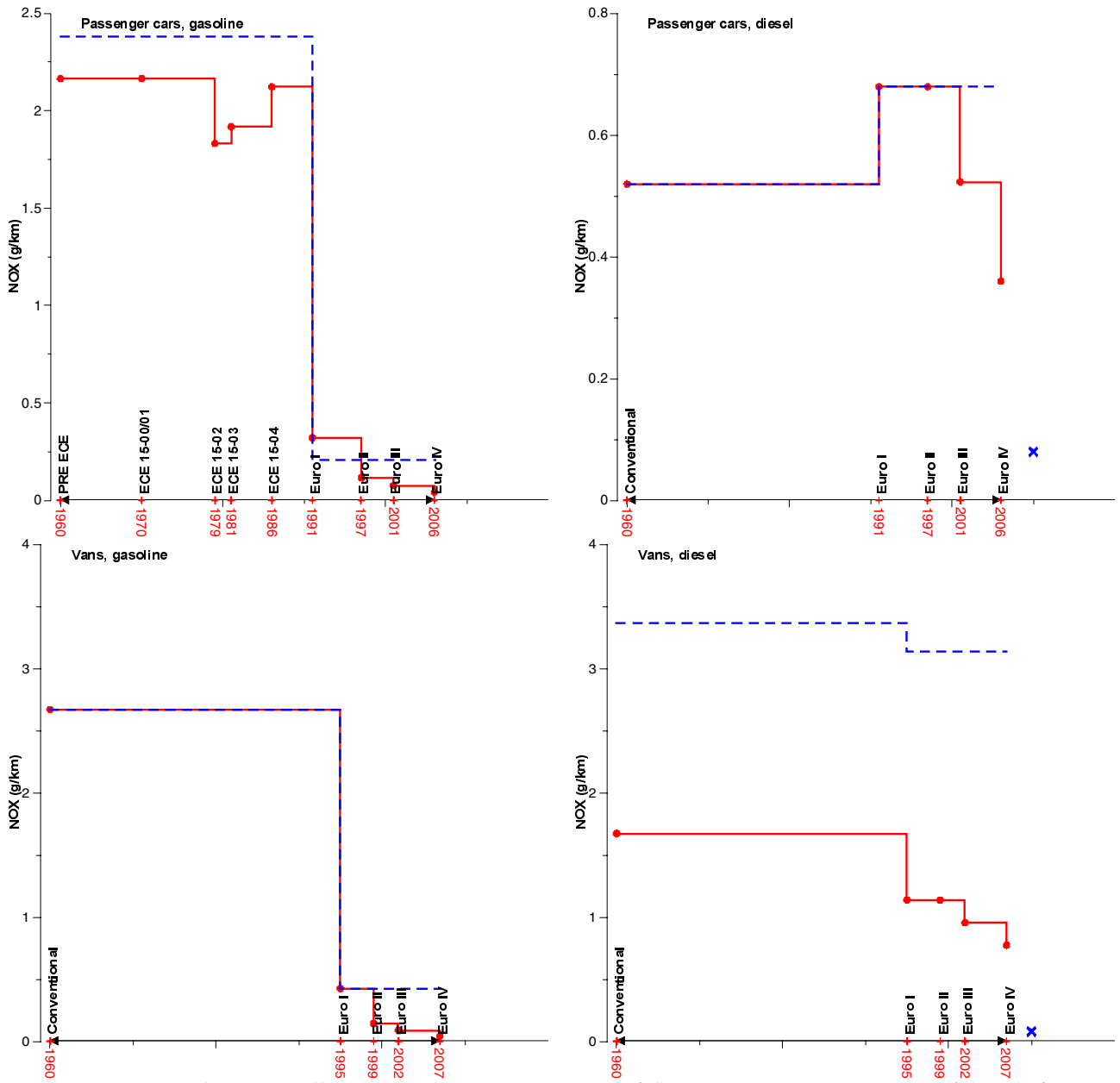
rer til EU's emissionsnormer. Til og med EURO I normen har man anvendt måledata fra laboratorietests (Tyskland, Holland, Frankrig, Svejs, Sverige, Grækenland) af køretøjerne, mens for de senere teknologiklasser (fra og med EURO II) har man antaget at emissionsfaktorerne følger reduktionsnormer i forholdt til EURO I normen. Der foreligger således ingen eksperimentale data i COPERT programmet for køretøjer som opfølger EURO II normen og opefter. Emissionsfaktorerne for disse køretøjer er udelukkende baseret på målingerne udført på EURO I køretøjer og den forventede reduktion af emissioner fra nyere køretøjsklasser.

#### *Sammenligning af emissioner*

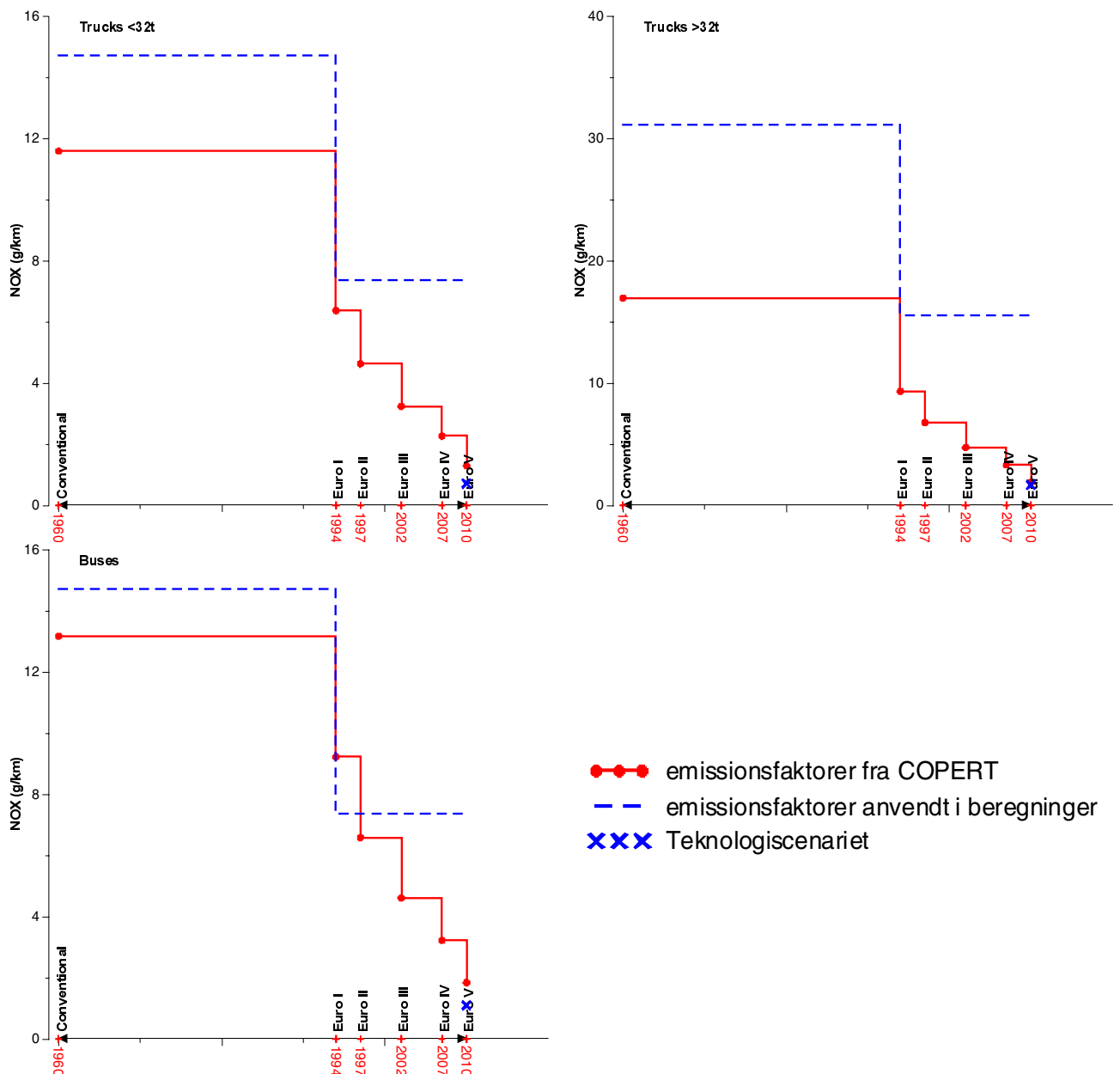
Anvendte OSPM emissionsfaktorer og COPERT emissionsfaktorer er sammenlignet for de forskellige køretøjskategorier i *Figur 3.5 a&b*. Emissionsfaktorer i teknologiscenariet er ligeledes markeret.

For samtlige køretøjer er der udvalgt en værdi der svarer til en rejsehastighed på 40km/h. Årstallet på tidsaksen angiver første salgår i Danmark, som er et år efter året for ikræfttrædelse vedrørende typegodkendelse. Emissionsfaktorerne i COPERT for personbiler og mindre lastbiler (Trucks <32t) er yderligere underopdelt afhængigt af motorstørrelsen (personbiler) eller vægt (lastbiler). For benzin personbiler er her (*Figur 3.5a*) vist værdierne for motorer med en volumen på 1.4 til 2.0l. For diesel personbiler er vist værdier for motorer med en volumen <2.0l, mens for lastbilerne er der valgt en vægtsklasse på 16-32t. For benzindrevne biler med katalysator er der i COPERT yderligere angivet korrektionsfaktorer, som tager højde for forværringen af katalysatorvirkningen med bilens alder. Værdierne vist i *Figur 3.5* er uden disse korrektionsfaktorer, dvs. de svarer til de nyeste biler indenfor en given teknologiklasse. Samtlige værdier svarer til en varm motor, mens emissionsfaktorerne i COPERT korrigeres for kold-start effekten.

De af DMU anvendte emissionsfaktorer har i princippet samme struktur som COPERT blot opereres der med flere emissionsklasser, som det fremgår af *Figur 3.5a&b*.



Figur 3.5a Sammenligning mellem anvendte OSPM emissionsfaktorer og COPERT emissionsfaktorer for person- og varebiler.



Figur 3.5b Sammenligning mellem anvendte OSPM emissionsfaktorer og COPERT emissionsfaktorer for lastbiler og busser.

*COPERT undervurderer emissionerne*

Som det fremgår er de emissionsfaktorer som DMU anvender i projektet væsentligt højere end COPERTs. Det gælder for alle køretøjsgrupper, men da især dieseldrevne lastbiler og busser samt varebiler har høje emissionsfaktorer bidrager disse køretøjskategorier væsentligt til den samlede emission. DMU's emissionsfaktorer er et resultat af såkaldte baglænsberegninger (hvor emission for henholdsvis lette og tunge køretøjer kan bestemmes ud fra luftkvalitetsmålinger og brug af OSPM) samt kalibrering i forhold luftkvalitetsmålinger ved anvendelse af emissionsfaktorer i OSPM.

En lang række undersøgelser har vist, at COPERT III undervurderer de faktiske emissioner. Dette er fx vist i tunnelstudier (Sturm et al. 2001).



I Tyskland anvendes German Handbook on Emission Factors (HBEFA) i forbindelse med emissionsopgørelser. I Tabel 3.1 er disse vist for lastbiler for Euro I-III. I version 1.2 af HBEFA tog man udgangspunkt i COPERT's emissionsfaktorer men har siden opskrevet disse betydeligt i version 2.0 fra 2003, hvilket er gjort på baggrund af nyere målinger. Det ses endvidere, at HBEFA forudsætter stort set samme niveau for Euro I-III og dermed ikke den forventning om reducerede emissionsfaktorer, som er forudsat i COPERT efter Euro I. Niveauet for emissionsfaktorerne i version 2.0 af HBEFA svarer ganske godt til det niveau som DMU anvender for lastbiler under 32 t.

Lastbilmotorerne overholder selvfølgelig Euro normerne ved typegodkendelse, men har højere emissioner under faktiske forhold.

Tabel 3.1. Opdaterede NO<sub>x</sub> emissionsfaktorer for lastbiler ifølge German Handbook on Emission Factors (Rodt 2003).

Emission klasse	HBEFA version 1.2 (g/km)	HBEFA version 2.0 (g/km)	Difference i %
EURO I	6.2	7.1	+15%
EURO II	6.3	9.0	+43%
EURO III	4.5	7.5	+67%

*Implementering af det tyske forslag i OSPM's emissionsmodul i teknologiscenariet*

Det tyske forslag er implementeret på følgende måde i OSPM's emissionsmodul. Det tyske forslag vil i store træk betyde at dieselpersonbiler skal overholde de samme krav som benzinbiler med katalysator dvs. NO<sub>x</sub> på 0,08 g/km og partikler på 0,0025 g/km. Disse værdier er derfor anvendt for dieselpersonbiler. Dette er en væsentlig skærpelse i forhold til Euro IV, og vil betyde at NO<sub>x</sub> emissionen skal reduceres med omkring en faktor 10 i forhold til referencesituationen i OSPM. Dette vil således kræve et teknologispring i form af NO<sub>x</sub> emissionsbegrænsende udstyr og partikelfiltre. For dieselvarebiler er antaget de samme emissionskrav som for dieselpersonbiler, hvilket vil reducere emissionen drastisk, hvilket ligeledes vil kræve et teknologispring.

For lastbiler er emissionsnormerne givet i g/kWh, og dermed ikke som g/km som for person- og varebiler. Det tyske forslag er 1,0 g/kWh i 2008 og dermed halvdelen af hvad EU forudsætter for Euro 5 (2,0 g/kWh), og det tyske forslag skærper dette yderligere til 0,5 g/kWh i 2010. Det tyske forslag er omsat til g/km for lastbiler og busser, således at emissionsfaktoren er lavere end Euro 5, se Figur 3.5. Det er omkring en faktor 10 lavere end NO<sub>x</sub> emissionen anvendt i OSPM i referencesituationen, og forudsætter derfor også et teknologispring i form af NO<sub>x</sub> emissionsbegrænsende udstyr og partikelfiltre.

Værdierne for teknologiscenariet fremgår ligeledes af Figur 3.5.

### 3.2.7 Scenarie 4 Den maksimale effekt

Dette scenarie skal illustrere, hvad effekten vil være af at kombinere alle virkemidlerne fra de øvrige scenarier, og dermed belyse den maksimale effekt, der kan opnås.

*Maksimal effekt*

Der er i dette scenarie valgt mellem betalingsring og kørselsafgifter, da det som tidligere nævnt ikke giver mening at gennemføre både kørselsafgifter og betalingsring. I Scenarie 4 er kørselsafgifter taget med, fordi det vurderes at give den mest jævne effekt på trafikken i hele kommunen. Desuden vil man undgå nogle uheldige randeffekter lige ved betalingsringen, der skyldes at ringen ligger i et tæt byområde, hvor ganske mange i lokalområdet vil have ærinder på begge sider af ringen flere gang dagligt.

### *Citylogistik*

Der er suppleret med et enkelt nyt virkemiddel "citylogistik", der direkte retter sig mod at reducere vare- og lastbiltrafikken, og som ikke logisk hørte med under et af de øvrige scenarier. Virkemidlet består i at indføre en citylogistik ordning, der går betydeligt længere end den miljøzone, som kommunen aktuelt arbejder på at få gennemført. Tanken er, at ud over at gennemføre strengere krav til de tunge køretøjer i miljøzonen, skal der også ske en konsolidering af gods-transporterne, således at man opnår en mere effektiv distribution. Ordningen skal sikre imod at en butik eller en virksomhed modtager varer i små mængder flere gange om dagen, hvis man lige så godt kunne samle varerne på én bil og nøjes med at køre én gang. En sådan ordning som sikrer at varedistributionen sker effektivt med fyldte køretøjer kræver en ny organisering af varedistributionen. Det kunne være en ordning der blev etableret i et samarbejde mellem kommunen og de vigtigste transportører i området, men det kræver at et sådant system godkendes af Justitsministeriet. Ordningen er således ikke en "hyldevare", men skal gennearbejdes sammen med branchen, så den kan etableres i en vis grad af forståelse med denne. Ordningen kan betyde at det bliver nødvendigt at etablere omladecentraler til at konsolidere en del af godset. Analyser af godsdistribution i byer tyder på at der er et potentiale for at reducere trafikarbejdet med vare- og lastbiler på 10-20% ved en sådan ordning.

I København har man gennemført forsøg med en citylogistikordning hvor transportørerne skulle leve op til både emissionskrav fra køretøjerne og en gennemsnitlig fyldningsgrad for bilerne. Effekten var dog begrænset, da langt de fleste køretøjer kørte på endags tilladelser, der blev udstedt uden miljø- eller fyldningskrav. Man kan ikke tage erfaringerne fra den tidligere ordning i Middelalderbyen, som argument for at en citylogistikordning med krav til at effektivere transportere ikke kan fungere, men erfaringer viser at disse effekter ikke kommer ad frivillighedens vej. Der skal være en kombination af information, kontrol og måske økonomiske incitamenter til.

Af nye infrastrukturanlæg omfatter scenarie 4 en Metro Cityring, samt en nordlig og en sydlig havnetunnel. Der gennemføres tillige en trafiksanering, som sikrer at al gennemkørende trafik ledes udenom den centrale del af København.

Der gennemføres pendlerplaner for kommunens ansatte samt for andre større virksomheder der ligger indenfor søerne, på Christianshavn og i brokvartererne.

Det har været overvejet at inddrage strammere parkeringsordninger, men de er vanskeligt at kvantificere, og det vurderes at effekten på NO<sub>x</sub> emissionen vil være begrænset da det kan føre til mindre reduk-

tioner i pendlertrafikken med personbil. Det er derfor et virkemiddel, der vil være effektivt overfor trængselsproblemer, men i mindre grad have effekt på  $\text{NO}_x$  emissioner. Det er derfor valgt ikke at inddrage parkeringsordninger i scenarierne.

Endelig omfatter scenarie 4 alle tiltag fra scenarie 3, der sikrer anvendelse af de reneste teknologier. Scenariet, "Den Maksimal effekt" omfatter således en meget lang række tiltag, der spiller sammen på følgende måde:

Trafikken med tunge køretøjer, der giver langt det største bidrag til  $\text{NO}_x$  emissionerne vil blive reguleret på en række områder: De generelle emissionsnormer fremskyndes for hele EU, så meget som det er realistisk (og en smule optimistisk), og det vil føre til en reduktion af  $\text{NO}_x$  emissionerne også for områder udenfor Københavns kommune. Det vil betyde at baggrundsniveauet vil falde en smule. Desuden reduceres emissionerne fra de tunge køretøjer mere specifikt indenfor miljøzonen. Etablering af en Metro Cityring vil markant reducere bustrafikken og kombinationen af havnetunneler og trafiksanering suppleret med betalingsordninger vil føre til at al tung trafik uden ærinde i de centrale dele af København vil vælge at køre udenom. Endelig etableres et virkemiddel, der vil betyde at godsdistributionen vil blive mere effektiv og reducere antallet af tomme og halvtomme vare- og lastbiler i de centrale dele af København. Samlet set vil scenariet reducere den tunge trafik i alle trin i den række af valg, der træffes i forbindelse med gennemførelse af en tur, som beskrevet i indledningen til dette kapitel.

Trafikken med personbil, der står for en mindre del af  $\text{NO}_x$  emissionerne, vil blive begrænset dels ved hjælp af afgiftsordninger, der forventes at have den største effekt på personbiltrafikken. Endvidere vil Havnetunnelen og trafiksaneringen betyde at den gennemkørende trafik i de centrale dele af kommunen reduceres kraftigt. Endelig søges pendlingstrafikken reduceret ved at lave pendlerplaner for kommunalt ansatte samt større virksomheder i de centrale dele af København.

I skemaet på næste side præsenteres et overblik over hvilke virkemidler scenarierne omfatter samt en kort beskrivelse af deres trafikale virkninger. Disse virkninger er erfaringer eller modelberegninger fra forskellige byer og er ikke nødvendigvis, hvad man kan forvente i København.

Tabel 3.2 Oversigt over scenariernes trafikale effekter		
Scenarie	Tiltag	Trafikal effekt
1. Kommunale virkemidler	Havnetunnel	Omfordeler trafikken, så den kører udenom bymidten i København. Reduktion af biltrafikken på 10-30% i centrale gader.
	Metro City Ring	Reducerer bustrafikken med 30-50% i de indre dele af København. Begrænset effekt på personbiler og ingen effekt på vare- og lastbiler
	Pendlerplaner	Begrænser pendling med personbil med 5-10% - altså reduktion af personbiltrafik i myldretiden.
	Trafiksanering	Forhindrer gennemkørsel i de centrale dele af København og medvirker til at forskønne og fredeliggøre bymidten. Skal ses i sammenhæng med en havnetunnel.
2. Reduktion af biltrafik	2.1 Betalingsring	Begrænser særligt personbiltrafikken over ringen. Reduktioner her på 5-15 % ved betaling på 10-30 kr.. Ingen effekt på interne ture indenfor ringen. Mindre effekt på vare- og lastbiltrafik. Effekten er helt afhængig af taksten. I scenariet er der forudsat 30 kr. pr tur for personbiler, 60 kr. for varebiler og 120 kr. for lastbiler.
	2.2 Kørselsafgifter	Begrænser særligt personbiltrafikken i hele det område afgifterne dækker. Mindre effekt på vare – og lastbiltrafik. Effekten er helt afhængig af takststrukturen. I scenariet er der forudsat 1,5 kr. pr km for personbiler, 3,0 kr. pr km for varebiler, og 6 kr. pr km for lastbiler i den tætte del af København og halvdelen udenfor.
3. Reneste teknologier	Hurtigere indførsel af skærpede emissionskrav til diesel person- og varebiler	Ingen trafikale effekt 16% af alle diesel person- og varebiler opfylder tysk forslag til skærpede emissionsnormer
	Renere busser i miljøzonen	Ingen trafikale effekt 100% af alle busser opfylder tysk forslag til skærpede emissionsnormer i miljøzonen og 33% udenfor miljøzonen.
	Skærpede emissionskrav i miljøzone for tunge køretøjer	Ingen trafikale effekt 100% af alle lastbiler opfylder tysk forslag til skærpede emissionsnormer i miljøzonen og 33% udenfor miljøzonen.
4. Maksimal effekt	Havnetunnel	Omfordeler trafikken, så den kører udenom bymidten i København. Reduktion af biltrafikken på 10-30% i centrale gader.
	Metro City Ring	Reducerer bustrafikken med 30-50% i de indre dele af Københavns Kommune. Begrænset effekt på personbiler og ingen effekt på vare- og lastbiler
	Pendlerplaner	Begrænser pendling med personbil med 5-10% - altså reduktion af personbiltrafik i myldretiden.
	Trafiksanering	Forhindrer gennemkørsel i de centrale dele af København og medvirker til at forskønne og fredeliggøre bymidten.
	Kørselsafgifter	Begrænser særligt personbiltrafikken i hele det område afgifterne dækker. Mindre effekt på vare – og lastbiltrafik. Effekten er helt afhængig af takststrukturen.
	Hurtigere indførsel af Euro 5 normer	Ingen trafikale effekt
	Renere busser	Ingen trafikale effekt
	Skærpede emissionskrav i miljøzone	Ingen trafikale effekt
	Citylogistik	Vare og lastbiltrafikken i det meste af kommunen reduceres med 5-10 %

## 4 Effektvurdering af virkemidler

I dette kapitel beskrives effekten af de forskellige scenarier mht. til de trafikale effekter og effekter for luftkvaliteten.

### 4.1 De trafikale effekter af scenarierne

Beregningerne af de trafikale effekter af scenarierne er foretaget ved hjælp af Ørestadstrafikmodellen (OTM). OTM modellen er en avanceret trafikmodel som dækker Hovedstadsområdet. OTM indeholder modeller for både kollektiv trafik og biltrafik. I vejvalgsmodellen indregnes de faktiske kapacitetsforhold på strækninger og i kryds. Modellen ejes af Ørestadsselskabet. Der er taget udgangspunkt i foreliggende beregninger som er ført op til en fælles basis for 2010. De overvejelser som har ligget til grund for tidligere modelkørsler er ikke ændret.

Der er ikke foretaget en optimering af de enkelte virkemidler i scenarierne for at opnå en effekt på NO<sub>2</sub>-forureningen. De trafikale scenarier er omfattende og vil ikke kunne argumenteres alene med baggrund i NO<sub>2</sub>-problematikken. Løsning af trængselsproblemer, fredeliggørelse af lokalområder, støjbekæmpelse og forbedret trafiksikkerhed er tungtvejende hensyn, når der formuleres trafikale virkemidler i København.

Der er i sagens natur betydelige usikkerheder på modelresultaterne. OTM er som enhver anden model, en abstraktion, der beskriver det trafikale mønster på en forenklet måde. Fordelen ved at benytte en trafikmodel som OTM til at vurdere effekten af de trafikale scenarier er, at der både gives et overordnet billede af, hvordan trafikarbejdet ændres i regionen, og hvor store ændringer i trafikmængderne, der kan forventes på de enkelte vejstrækninger. Dette er af afgørende betydning for luftkvalitetsberegningerne.

For de scenarier som indeholder enten kørselsafgifter eller bompengering beregner OTM en mindre reduktion i antallet af ture. Dette gælder for ture med formål som fritidsaktiviteter og indkøb, hvor der sker en reduktion i takt med stigende omkostninger. For samtlige personture, herunder ture til arbejde, uddannelse samt erhvervsture, vil OTM modellen påvirke transportmiddelvalget og rutevalget.

For den tunge trafik sker der i de scenarier, som indeholder enten kørselsafgifter eller bompengering, ingen ændringer i antallet af ture, da modellen ikke fjerner lastbilture i takt med at omkostningerne stiger. Antallet af ture ligger fast men rutevalget vil ændre sig.

Rutevalgsalgoritmen i OTM tager hensyn til de faktiske kapacitetsforhold på strækninger og i kryds. Alle vejstrækninger regnes med kapacitetsbegrænsning, som er defineret ud fra vejtypen og antal kørespor. I takt med at kapaciteten på en strækning opbruges falder rejsehastigheden og trafikken vil fordele sig på flere alternative ruter. Omvendt vil der i situationer hvor ture flyttes til andre ruter eller

andre transportmidler blive bedre fremkommelighed på en strækning, hvilket kan tiltrække nye trafikanter for hvem den pågældende strækning nu er blevet mere attraktiv.

På baggrund af de gennemførte trafikmodelberegninger med OTM er der for hvert scenarie opstillet nogle trafikale nøgletal, som på overordnet plan beskriver de trafikale effekter af scenarierne.

#### 4.1.1 Scenarie 1 – Kommunale virkemidler

I nedenstående tabeller er trafikarbejdet angivet fordelt på administrative områder og køretøjstyper. Der er vist både de absolutte tal angivet i mio. køretøjskm pr. hverdagsdøgn og de relative ændringer ift. Basis scenariet for 2010:

Tabel 4.1 Scenarie 1: Kommunale virkemidler . Trafikarbejde i mio. køretøjskm pr. hverdagsdøgn fordelt på administrative områder.

	København og Frederiksberg Kommuner	Københavns Amt	Frederiksberg Amt	Roskilde Amt	I alt
Personbil	5.26	12.08	6.19	6.55	30.08
Varebil	0.78	1.96	0.79	1.51	5.04
Lastbil	0.42	1.17	0.48	0.93	3.01
Bus	0.06	0.08	0.04	0.02	0.20
I alt biltrafik	6.53	15.29	7.50	9.01	38.34

Tabel 4.2 Scenarie 1: Kommunale virkemidler. Relative ændringer i trafikarbejdet fordelt på administrative områder ift. Basisscenariet 2010.

	København og Frederiksberg Kommuner	Københavns Amt	Frederiksberg Amt	Roskilde Amt	I alt
Personbil	-1.5%	-0.5%	-0.1%	-0.1%	-0.5%
Varebil	1.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.3%
Lastbil	1.2%	1.1%	0.1%	0.0%	0.6%
Bus	-13.5%	-1.5%	0.1%	0.0%	-4.9%
I alt biltrafik	-1.2%	-0.3%	-0.1%	-0.1%	-0.3%

De kommunale virkemidler giver samlet set for hele Hovedstadsregionen et mindre fald i trafikarbejdet. For Københavns og Frederiksberg Kommuner alene er der tale om et fald på 1,2%. Der er ikke opnået nogen effekt på trafikarbejdet med vare- og lastbiler. Som følge af begrænsningerne i bustrafikken pga. Metroringen, er trafikarbejdet med busser reduceret med knap 14% i Københavns og Frederiksberg Kommuner. At der sker en stigning i trafikarbejdet for vare- og lastbiler er formentligt et udtryk for, at trafikken ledes uden om de centrale byområder, eksempelvis via Havnetunnelen, hvilket samlet set kan give anledning til flere kørte km.

Effekten af Havnetunnelprojektet er baseret på Vejdirektoratets beregninger fra 1998.

Effekten af Metroringen er baseret på de foreløbige beregninger foretaget af Ørestadsselskabet og Københavns Kommune i 2004.

#### 4.1.2 Scenarie 2A – Betalingsring

I nedenstående tabeller er trafikarbejdet angivet fordelt på administrative områder og køretøjstyper. Der er vist både de absolutte tal angivet i mio. køretøjskm pr. hverdagsdøgn og de relative ændringer ift. Basis scenariet for 2010:

Tabel 4.3 Scenarie 2A: Betalingsring. Trafikarbejde i mio. køretøjskm pr. hverdagsdøgn fordelt på administrative områder

	København og Frederiksberg Kommuner	Københavns Amt	Frederiksborg Amt	Roskilde Amt	I alt
Personbil	4.50	11.84	6.10	6.51	28.96
Varebil	0.77	1.97	0.79	1.51	5.03
Lastbil	0.42	1.17	0.48	0.93	3.00
Bus	0.07	0.08	0.04	0.02	0.21
I alt biltrafik	5.76	15.05	7.41	8.97	37.20

Tabel 4.4 Scenarie 2A: Betalingsring. Relative ændringer i trafikarbejdet fordelt på administrative områder ift. Basisscenariet 2010

	København og Frederiksberg Kommuner	Københavns Amt	Frederiksborg Amt	Roskilde Amt	I alt
Personbil	-15.7%	-2.4%	-1.5%	-0.7%	-4.2%
Varebil	-0.2%	0.3%	0.0%	0.0%	0.1%
Lastbil	-0.5%	0.6%	0.0%	0.0%	0.2%
Bus	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
I alt biltrafik	-12.7%	-1.8%	-1.2%	-0.5%	-3.3%

I betalingsringscenariet reduceres trafikarbejdet med ca. 13% indenfor Københavns- og Frederiksberg kommuner. Udenfor betalingsringen er reduktionen i trafikarbejdet beskedent. Samlet for hele regionen er der tale om en reduktion på godt 3% i biltrafikarbejdet.

Omkring selve ringen sker der markante reduktioner i trafikbelastningen, mens der i områderne udenfor ringen – Københavns Amt – forekommer trafikstigninger. Bompengeringen har en ligeledes en tydelig effekt på trafikbelastningen af den indre by – her er der et fald på alle strækninger.

### 4.1.3 Scenarie 2B – Kørselsafgifter

I nedenstående tabeller er trafikarbejdet angivet fordelt på administrative områder og køretøjstyper. Der er vist både de absolutte tal angivet i mio. køretøjskm pr. hverdagsdøgn og de relative ændringer ift. Basis scenariet for 2010:

Tabel 4.5 Scenarie 2B: Kørselsafgifter. Trafikarbejde i mio. køretøjskm pr. hverdagsdøgn fordelt på administrative områder

	København og Frederiksberg Kommuner	Københavns Amt	Frederiksborg Amt	Roskilde Amt	I alt
Personbil	4.59	10.76	5.56	6.20	27.11
Varebil	0.76	1.96	0.79	1.51	5.01
Lastbil	0.41	1.16	0.48	0.93	2.99
Bus	0.07	0.08	0.04	0.02	0.21
I alt biltrafik	5.83	13.96	6.87	8.66	35.32

Tabel 4.6 Scenarie 2B: Kørselsafgifter. Relative ændringer i trafikarbejdet fordelt på administrative områder ift. Basisscenariet 2010.

	København og Frederiksberg Kommuner	Københavns Amt	Frederiksborg Amt	Roskilde Amt	I alt
Personbil	-14.1%	-11.3%	-10.3%	-5.4%	-10.3%
Varebil	-1.5%	-0.1%	0.1%	-0.2%	-0.3%
Lastbil	-1.4%	0.0%	0.3%	-0.2%	-0.2%
Bus	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
I alt biltrafik	-11.7%	-9.0%	-8.4%	-4.0%	-8.2%

Scenariet med kørselsafgifter er baseret på tidligere analyser foretaget i forbindelse med FORTRIN-projektet på DTU, hvor bl.a. OTM blev benyttet til at belyse effekterne af kørselsafgifter i hele regionen. I beregningerne er der anvendt forskellig prissætning for forskellige gadetyper og geografi. Formålet har bl.a. været at omfordele biltrafikken i byen således at det regionale vejnet får en øget trafikbelastning, hvorimod lokal- og bydelsgader fredeliggøres.

Indførsel af kørselsafgifter giver samlet set for hele Hovedstadsregionen et fald i trafikarbejdet på godt 8%. For Københavns og Frederiksberg kommuner alene er faldet på ca. 12%.

Stigningen i trafikken på de regionale veje modvejes af et markant fald på det øvrige vejnet. Eksempelvis er der tale om et markant fald på vejnettet i Frederiksberg Kommune. Der beregnes en trafikstigning på de regionale veje Roskildevej og Åboulevarden men et fald på alle øvrige veje på Frederiksberg.

På tilsvarende vis aflastes den Indre By.



#### 4.1.4 Scenarie 4 – Maksimal effekt

I nedenstående tabeller er trafikarbejdet angivet fordelt på administrative områder og køretøjstyper. Der er vist både de absolutte tal angivet i mio. køretøjskm pr. hverdagsdøgn og de relative ændringer ift. Basis scenariet for 2010:

Tabel 4.7 Scenarie 4: Maksimal effekt. Trafikarbejde i mio. køretøjskm pr. hverdagsdøgn fordelt på administrative områder

	København og Frederiksberg Kommuner	Københavns Amt	Frederiksborg Amt	Roskilde Amt	I alt
Personbil	4.41	10.58	5.50	6.16	26.64
Varebil	0.77	1.96	0.79	1.51	5.02
Lastbil	0.42	1.17	0.48	0.93	3.01
Bus	0.06	0.08	0.04	0.02	0.20
I alt biltrafik	5.65	13.78	6.81	8.62	34.87

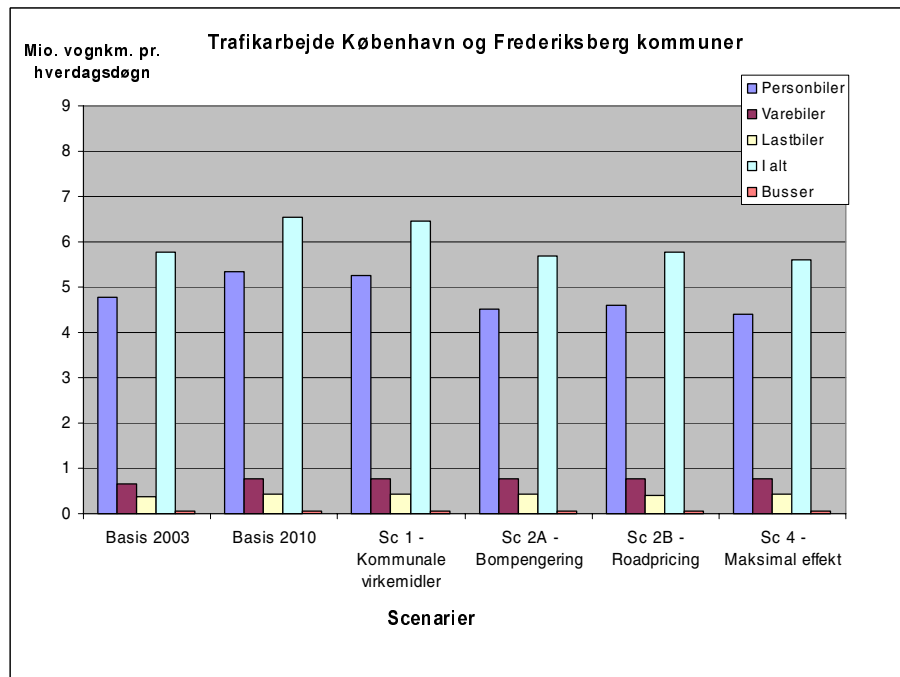
Tabel 4.8 Scenarie 4: Maksimal effekt. Relative ændringer i trafikarbejdet fordelt på administrative områder ift. Basisscenariet 2010

	København og Frederiksberg Kommuner	Københavns Amt	Frederiksborg Amt	Roskilde Amt	I alt
Personbil	-17.5%	-12.9%	-11.2%	-6.0%	-11.9%
Varebil	-0.4%	0.1%	0.1%	-0.3%	-0.1%
Lastbil	0.0%	1.1%	0.3%	-0.2%	0.4%
Bus	-13.5%	-1.5%	0.1%	0.0%	-4.9%
I alt biltrafik	-14.4%	-10.1%	-9.2%	-4.4%	-9.3%

I scenariet, hvor den maksimale trafikale effekt er søgt opnået med en brede vifte af virkemidler, er der tale om markante ændringer – størst i central kommunerne – men også med en betydelig effekt på trafikarbejdet i hele regionen.

De relative ændringer svarer i store træk til, hvad der opnås i scenarie 2B (kørselsafgifter). Ses isoleret på Københavns Kommune er faldet i trafikarbejdet på 14,4%. Trafikarbejdet for lastbilerne er uændret, hvilket formentlig er en effekt af trafiksaneringer med lastbilforbud på flere strækninger i den indre by, sammenholdt med en generel overflytning af trafik til havnetunneler og det regionale vejnet i øvrigt.

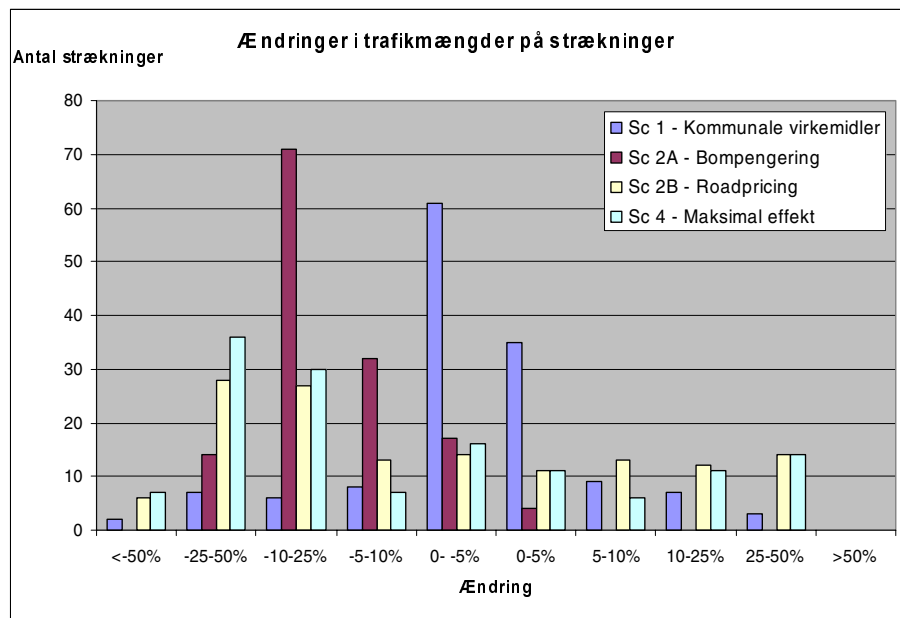
De trafikale effekter for scenarierne er sammenstillet i nedenstående figur **Error! Reference source not found.**, som viser trafikarbejdet for centralkommunerne opdelt på køretøjstyper.



Figur 4.1 Trafikarbejde i Københavns og Frederiksberg kommuner for de forskellige scenarier.

#### 4.1.5 Trafikale effekter på strækninger

Der er i nedenstående figur givet en oversigt over ændringerne i trafikmængderne på de udpegede 138 strækninger. Der ses tydelige forskelle mellem de forskellige scenarier.



Figur 4.2 Ændringer i trafikmængder på de udpegede 138 strækninger i de forskellige scenarier.

I Sc 1 – Kommunale virkemidler, er de trafikale ændringer på de udpegede strækninger små. For knap halvdelen af falder trafikken med

mellem op til 5%. For ¼ af strækningerne stiger trafikken med op til 5%.

I Sc 2A – Bompengering, er de trafikale ændringer på de udpegede strækninger markante. Her er faldet i trafikmængderne på halvdelen af strækningerne på mellem 10 og 25%. På 14 af de 138 udpegede strækninger er faldet i trafikken på mellem 25 og 50%. På 4 strækninger stiger trafikken med mellem 0 og 5%.

For scenarierne med roadpricing som virkemiddel – Sc2B og Sc 4, tegnder der sig et andet billede. Der er en væsentlig større variation i trafikændringerne. Der er i "Maksimal effekt"-scenariet 96 strækninger, hvor trafikken falder og 42 strækninger, hvor trafikken stiger. De relative ændringer er store - på omkring halvdelen af strækningerne er ændringerne mellem 10 og 50%. Effekten skyldes primært at roadpricing, udover at dæmpe biltrafikken generelt, giver anledning til en omfordeling af trafikken på vejnettet i byen. Denne effekt er en følge af at prissætningen er forskellig for forskellige geografiske områder og gadetyper. Generelt øges trafikken på det overordnede regionale vejnet og reduceres på bydelsgader og i lokalområderne.

## 4.2 Effekter for luftkvalitet af scenarierne

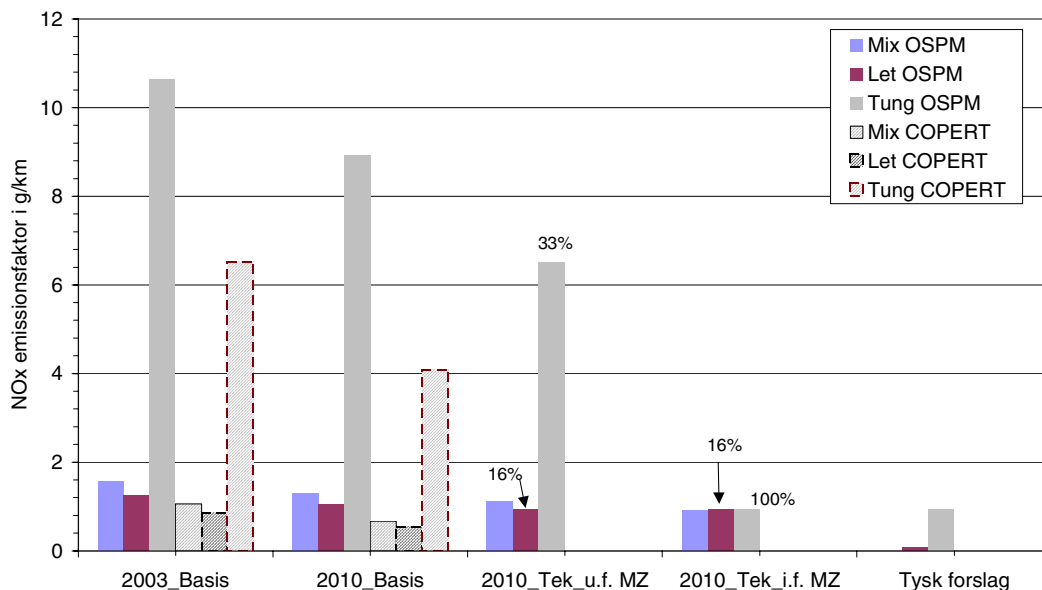
I dette afsnit beskrives effekterne af scenarierne på luftkvaliteten. Først opsummeres de emissionsfaktorer som ligger til grund for beregninger for alle trafikscenarierne og for teknologiscenariet (og dermed maksimal scenariet).

### *Emissionsfaktorer*

I *Figur 4.3* er vist NO<sub>x</sub> emissionsfaktorer i de forskellige scenarier som gennemsnit over alle køretøjer på hele vejnettet for såvel lette som tunge køretøjer. Emissionsreduktionen med OSPM's emissionsmodul fra basis situationen i 2003 til basis i 2010 er ca. 20% mens reduktionen fra basis 2010 til teknologiscenariet er 15% og 30% henholdsvis udenfor og indenfor miljøzonen. Reduktionen opnås med en fremskyndet indførelse af skarpere emissionskrav for nye lette og tunge (diesel) køretøjer. Reduktionen er større inden for miljøzonen, idet alle tunge køretøjer her skal overholde de skærpede emissionskrav i teknologiscenariet. Se afsnit 3.2.6 for nærmere beskrivelse af forudsætningerne i teknologiscenariet.

I *Figur 4.3* er også vist en sammenligning mellem emissionsfaktorer i COPERT III modellen og de emissionsfaktorer, som anvendes i OSPM. Emissionsfaktorerne i COPERT III er ca. 30% og 50% mindre i henholdsvis basis 2003 og 2010 end de anvendte emissionsfaktorer i OSPM, som ligger til grund for luftkvalitetsberegningerne. Tidligere undersøgelser har vist, at COPERT har en tendens til at undervurdere emissionerne, som er beskrevet i afsnit 3.2.6.

Hvorvidt den hidtidige observerede underestimering af emissionerne i COPERT modellen også vil fortsætte i fremtiden for nye emissionsnormer er i sagens natur vanskeligt at forudsige, og udgør dermed en væsentlig usikkerhed. Det kan derfor være at OSPM's emissionsmodel giver for høje emissioner i basisscenariet i 2010.



Figur 4.3 Sammenligning af NOx emissionsfaktorer (g/km) i basisscenarierne 2003 og 2010 samt i teknologiscenariet opdelt udenfor og indenfor miljøzonen. Emissionsfaktorerne er angivet for Mix = gennemsnit for alle køretøjer, Let = gennemsnit for lette køretøjer (personbiler, taxi og varebiler) og Tung = tunge køretøjer (lastbiler og busser). Søjler til højre viser emissionsfaktorer for den del af køretøjsparken med nyeste teknologier, som opfylder de skærpede emissionsnormer i teknologiscenariet for henholdsvis lette og tunge køretøjer (tysk forslag). Til sammenligning er der også angivet emissionsfaktorer ifølge COPERT modellen for de to basisscenarier. Procentangivelserne viser andelen af køretøjer, som opfylder de skærpede emissionsnormer i teknologiscenariet.

#### Emissionsfaktorer illustreret for konkrete gader

De emissionsfaktorer som ligger til grund for alle trafikscenarierne og for teknologiscenariet (og dermed maksimal scenariet) er endvidere vist i Tabel 4.9 med udgangspunkt i de gennemsnitlige emissionsfaktorer for Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard. Den samlede emission i en gade vil selvfølgelig afhænge af køretøjssammensætningen. Det ses, at teknologiscenariet vil reducere emissionsfaktorerne for personbiler med nogle få procent, med omkring 15% for taxier og varebiler, mens der er forudsat reduktioner i den tunge trafiks emissionsfaktorer på omkring en faktor 10.

Den kraftige reduktion i NOx for den tunge trafik er baseret på det tyske forslag til emissionsnormer. Da Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard ligger inden for miljøzonen er det endvidere forudsat at alle tunge køretøjer opfylder de skærpede emissionskrav. Uden for miljøzonen vil det kun være nye tunge køretøjer, som skal overholder de skærpede krav. Dette er en yderligere skærpelse af de krav som er foreslået i det nuværende forslag til miljøzonen, som kun vedrører krav om partikelfilter samt et 7 års alderskrav på motoren eller alternativt overholdelse af Euro 4 emissionsnormen.

Bemærk at taxi og varebiler i teknologiscenariet i gennemsnit har højere emissionsfaktorer end lastbiler. Dette skyldes, at kun 16% af

taxier og varebiler i 2010 vil være nyere biler, som overholder de skærpede emissionskrav i teknologiscenariet.

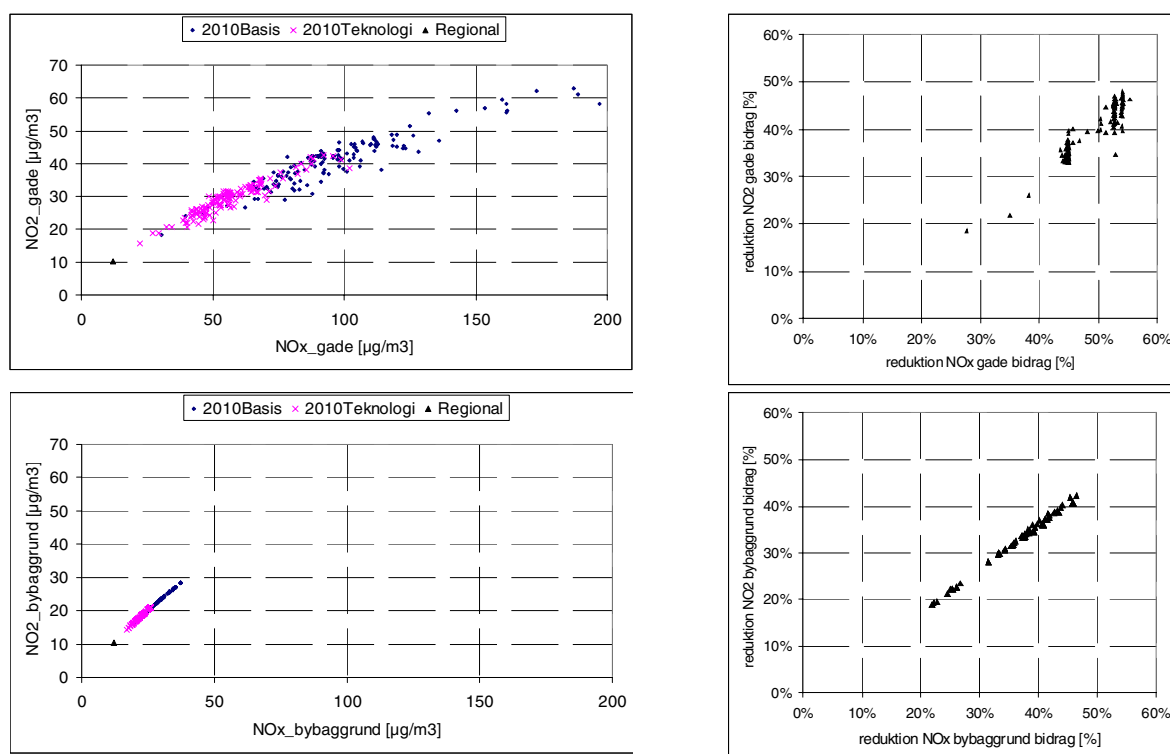
Den samlede reduktion i NO<sub>x</sub> emissionen for Jagtvej er omkring 36%. Tungandelen er relativ lav for Jagtvej (3,1%), idet den er 7,9% for de 12 gader, hvor der foreligger detaljerede trafiktællinger, og den er forudsat at være omkring 6,5-8,4% for øvrige gader blandt de 138 gader. En række gader vil derfor få større procentvis reduktion i NO<sub>x</sub> emissionen end Jagtvej.

Tabel 4.9 NO<sub>x</sub> emissionsfaktorer (g/km) for basis scenarie for Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard i 2010 samt for teknologiscenariet i 2010

	Person- bil	Taxi	Varebil	Små lastbiler < 32 t	Store lastbiler > 32 t	Bus	I alt
H.C. Andersens Boulevard	0,40	3,1	3,1	10,2	20,4	10,2	1,43
Jagtvej	0,49	3,2	3,2	8,3	16,7	8,2	1,30
Jagtvej (teknologi scenarie)	0,46	2,7	2,8	0,72	1,7	1,1	0,91

Effekten af teknologiscenariet for 138 gader

Effekten af teknologiscenariet er illustreret for alle 138 gader i Figur 4.4.



Figur 4.4 I venstre side ses NO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> koncentrationer i gaderne og i bybaggrund for alle 138 gader i basis 2010 og i teknologiscenariet. I højre side er den procentvise ændring i gadebidraget (gade minus bybaggrund) og i bybaggrundsbidraget (bybaggrund minus regional baggrund) mellem teknologiscenariet og basis 2010 vist.

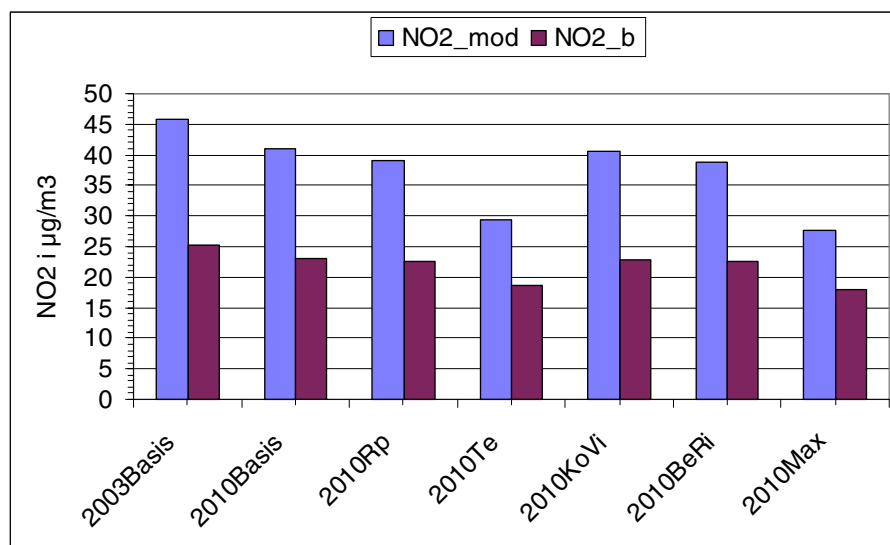
I venstre side af Figur 4.4 ses NO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> koncentrationer i gaderne og i bybaggrund for alle 138 gader i basis 2010 og i teknologiscenariet.

et. Det ses, at teknologiscenariet reducerer NO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> koncentrationen væsentligt i gaderne, således at kun nogle få gader vil overskride NO<sub>2</sub> grænseværdien på 40 µg/m<sup>3</sup>.

I højre side af *Figur 4.4* er den procentvise ændring i gadebidraget (gade minus bybaggrund) og i bybaggrundsbidraget (bybaggrund minus regional baggrund) mellem teknologiscenariet og basis 2010 vist. Det ses, at gadebidraget for NO<sub>x</sub> reduceres med ca. 25-55%, hvilket er proportionalt med NO<sub>x</sub> emissionsreduktionen. Bybaggrundsbidraget reduceres ca. 22-47%. For bybaggrundsbidraget opnås en næsten én til én reduktion i NO<sub>x</sub> og NO<sub>2</sub>, idet ozon ikke er en begrænsende faktor for omdannelse af NO til NO<sub>2</sub> ved lave NO<sub>x</sub> niveauer, mens det samme ikke ses for gadebidraget, hvor ozon her er en begrænsende faktor for dannelse af NO<sub>2</sub>.

*Gennemsnitlige effekt for NO<sub>2</sub> for de 138 gadestrekninger*

I *Figur 4.5* er vist den gennemsnitlige effekt for NO<sub>2</sub> for de 138 gadestrekninger af de forskellige scenarier. Det ses, at det kun er teknologiscenariet (og dermed maksimal scenariet), hvor der opnås en betydelig effekt i forhold til basissituationen i 2010. Der ses en mærkbar reduktion for scenarierne med kørselsafgifter og betalingsring, mens effekten er meget lille for de kommunale virkemidler. Dette gælder for såvel bybaggrunds niveauet som gadeniveauet.



*Figur 4.5* Den gennemsnitlige effekt for NO<sub>2</sub> for de 138 gadestrekninger af de forskellige scenarier. "Rp" står for kørselsafgifter, "Te" for teknologi, "KoVi" for kommunale virkemidler, "BeRi" for betalingsring, og "Max" for maksimal virkemidler. "NO<sub>2</sub>\_mod" er beregnet i gaderne og "NO<sub>2</sub>\_b" er bybaggrundsbidraget.

*Effekt for luftkvaliteten på de 138 gader i de forskellige scenarier*

Effekten for luftkvaliteten på de 138 gader i de forskellige scenarier er illustreret i *Figur 4.7-4.12*. De trafikale scenarier med kørselsafgifter og betalingsring har en moderat trafikal effekt på den gennemsnitlige trafik på de 138 udvalgte gadestrekninger. Dette dækker over at de fleste gader får mindre trafik men også at nogle gader for mere trafik.

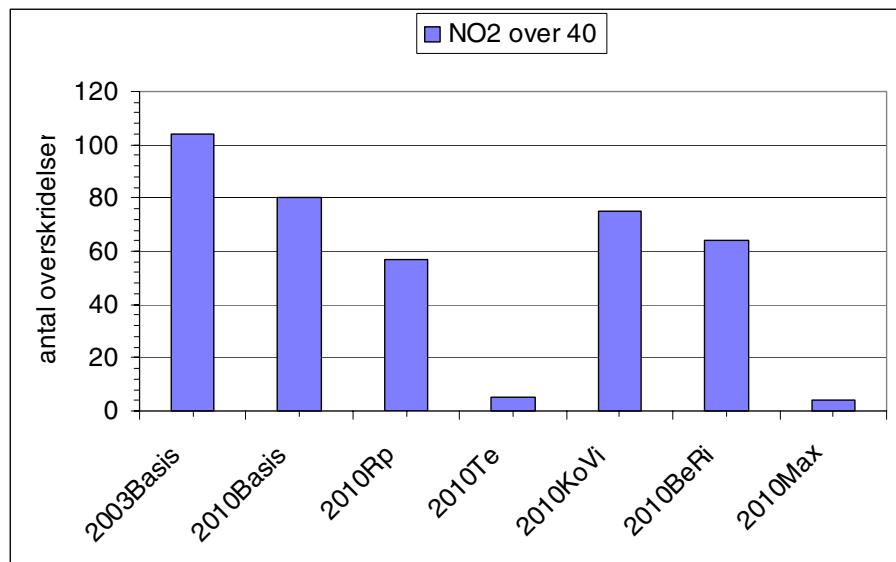
Det ses, at scenariet med kørselsafgifter og betalingsring er de trafikale scenarier, hvor der er størst forskel mellem basissituation og scenariet. For de trafikale scenarier vil nogle gader få højere koncentrationer end i basissituationer, fordi trafikken stiger, og omvendt vil nogle gader få lavere koncentrationer end i basissituationen pga. mindre trafik. De trafikale scenarier giver kun en moderat reduktion i antallet af gader, som overskrider NO<sub>2</sub> grænseværdien, og det er scenarierne med betalingsring og kørselsafgifter, som har størst effekt i den henseende.

Teknologiscenariet er det eneste scenarie, som markant reducerer NO<sub>2</sub> niveauerne, således at overskridelserne af NO<sub>2</sub> grænseværdien markant nedsættes. Da det maksimale scenarie indeholder det teknologiske scenarie, og der er lille forskel på disse to scenarier, er det teknologiscenariet, som er årsag til de markante reduktioner.

NO<sub>x</sub> emissioner i teknologiscenariet reduceres med 22-55% afhængig af køretøjs sammensætningen i forhold til basisscenarie 2010. Som vist i *Figur 4.7* og *Figur 4.11* vil disse reduktioner medføre at NO<sub>2</sub> grænseværdien er overholdt på næsten alle betragtede gadestrækninger. Da teknologiscenariet med en NO<sub>x</sub> reduktion på 22-55% således stort set ser ud til at løse NO<sub>2</sub> problemet, skulle et rent trafikalt scenarie være i stand til at reducere trafikken med 22-55% for alle køretøjskategorier i forhold til basis i 2010 for at opnå samme effekt.

#### *Antal overskridelser*

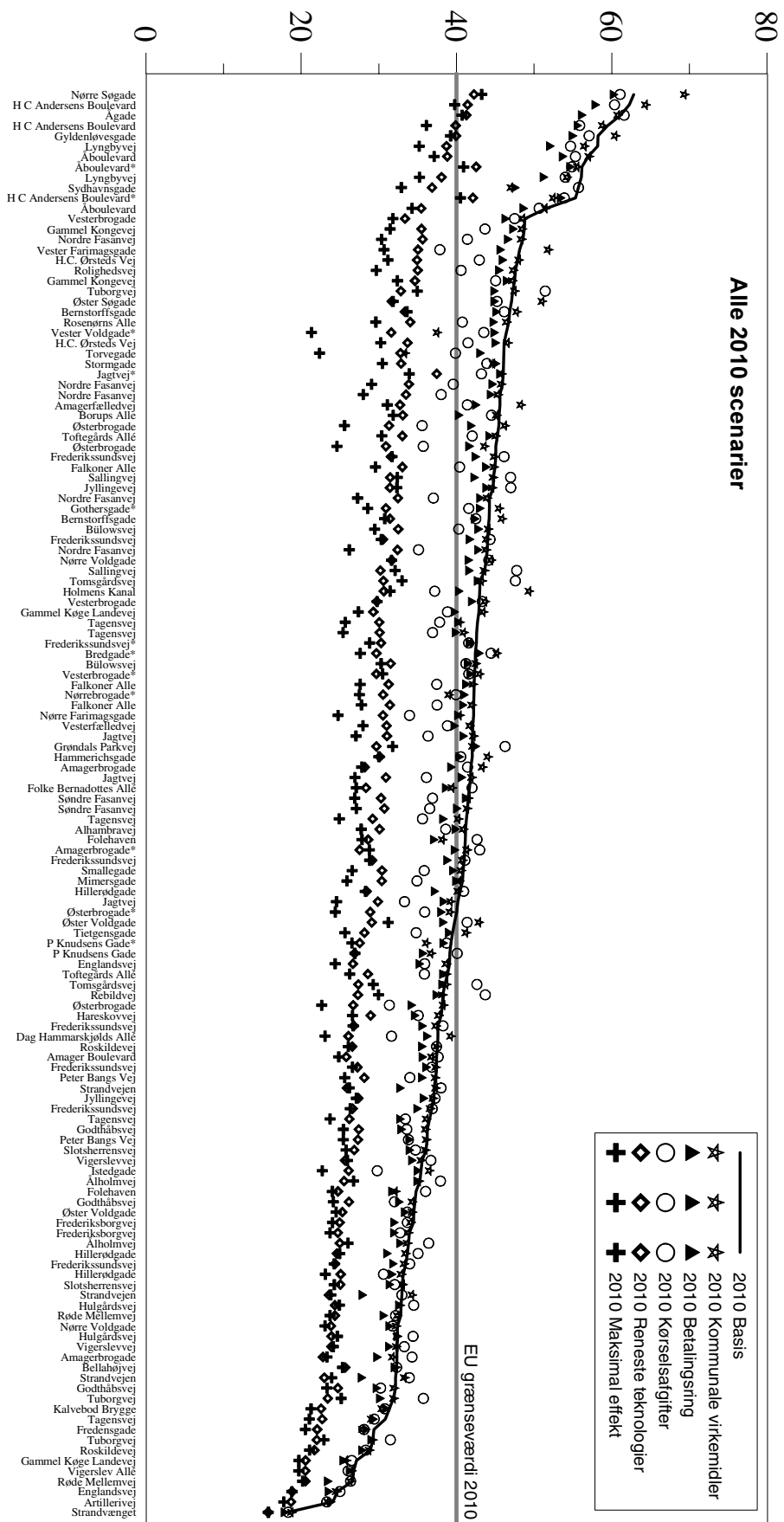
Antallet af overskridelser af NO<sub>2</sub> grænseværdien for de enkelte scenarier er opsummeret i *Figur 4.6*. I forhold til basis for 2010 er antallet af gader, som overskrider NO<sub>2</sub> grænseværdien i 2010 reduceret fra omkring 80 til omkring 60. I teknologiscenariet (og dermed maksimal scenariet) vil der kun være nogle enkelte overskridelser. Scenarierne med betalingsring og kørselsafgifter vil også reducere antallet af overskridelser mærkbart, mens der stort set ingen effekt er i forhold til antal overskridelser for de kommunale virkemidler.



Figur 4.6 Antallet af overskridelser af grænseværdien for NO<sub>2</sub> på 40 µg/m<sup>3</sup> ud af de 138 udvalgte gadestrækninger. "Rp" står for kørselsafgifter, "Te" for teknologi, "KoVi" for kommunale virkemidler, "BeRi" for betalingsring, og "Max" for maksimal virkemidler.

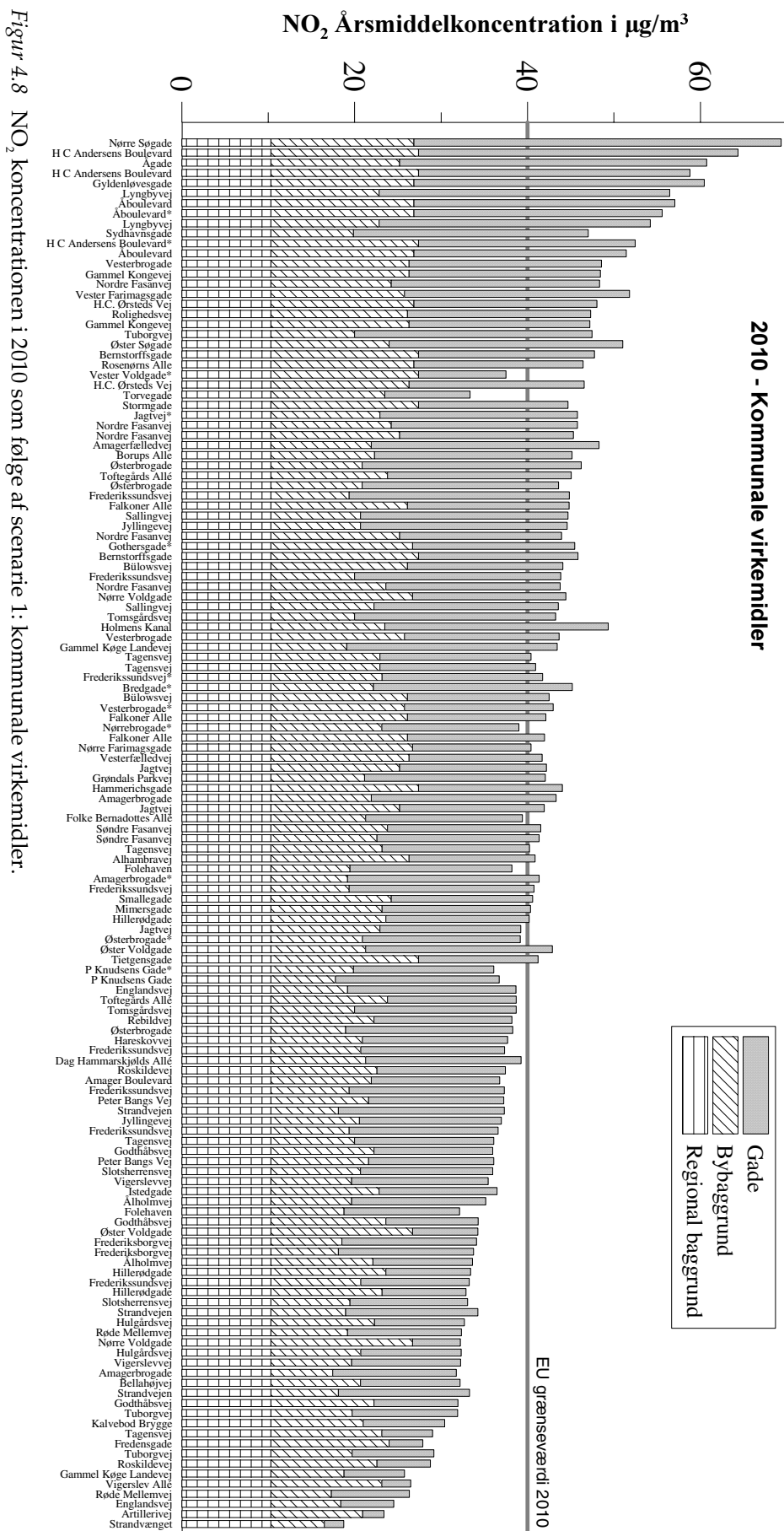


# NO<sub>2</sub> Årsmiddelkoncentration i µg/m<sup>3</sup>



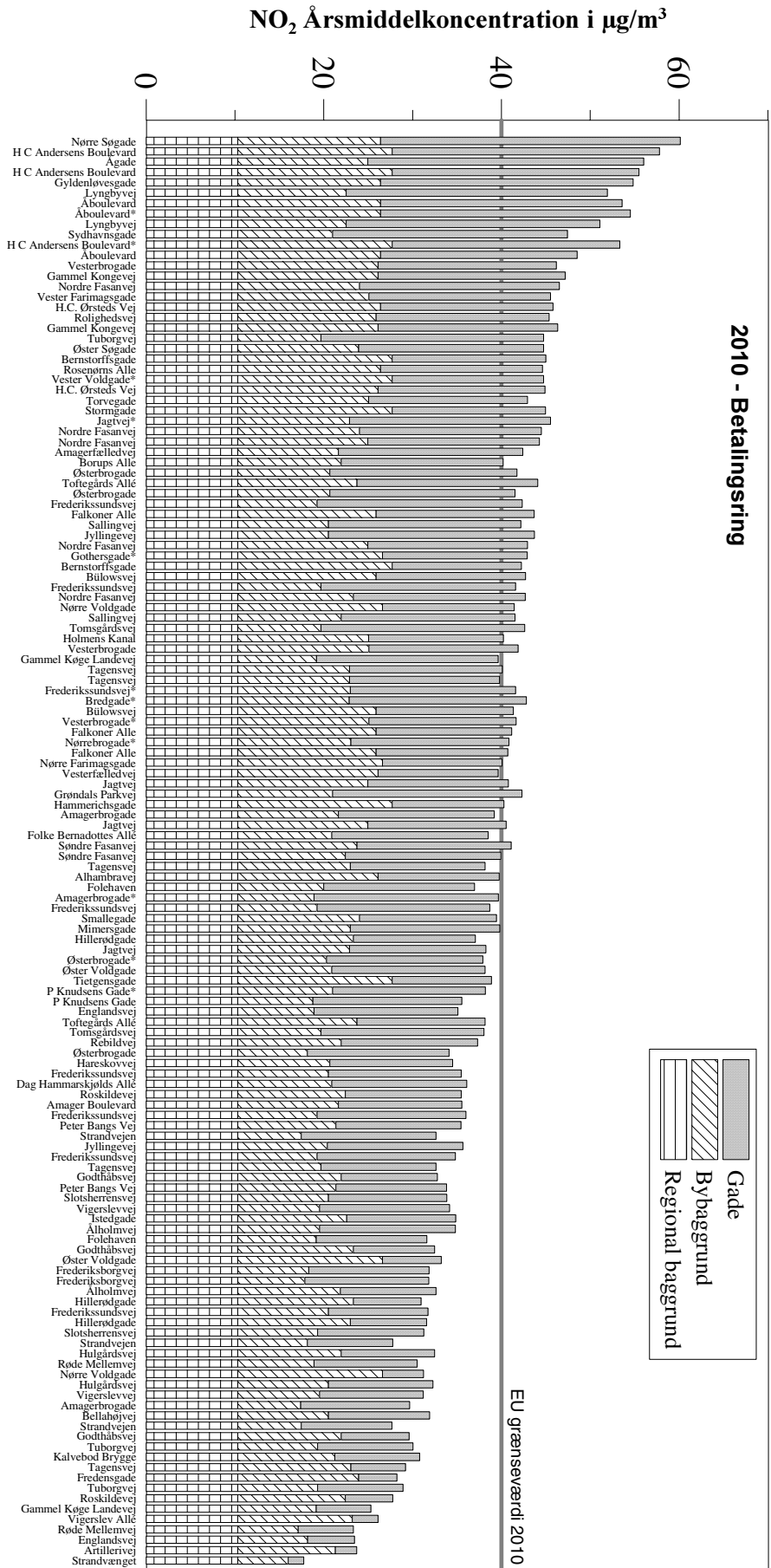
Figur 4.7 Sammenligning af i de forskellige scenarier i 2010 for NO<sub>2</sub> koncentrationer i gadeniveau for de 138 udvalgte gadestrekninger.

# NO<sub>2</sub> Årsmiddelkoncentration i µg/m<sup>3</sup>



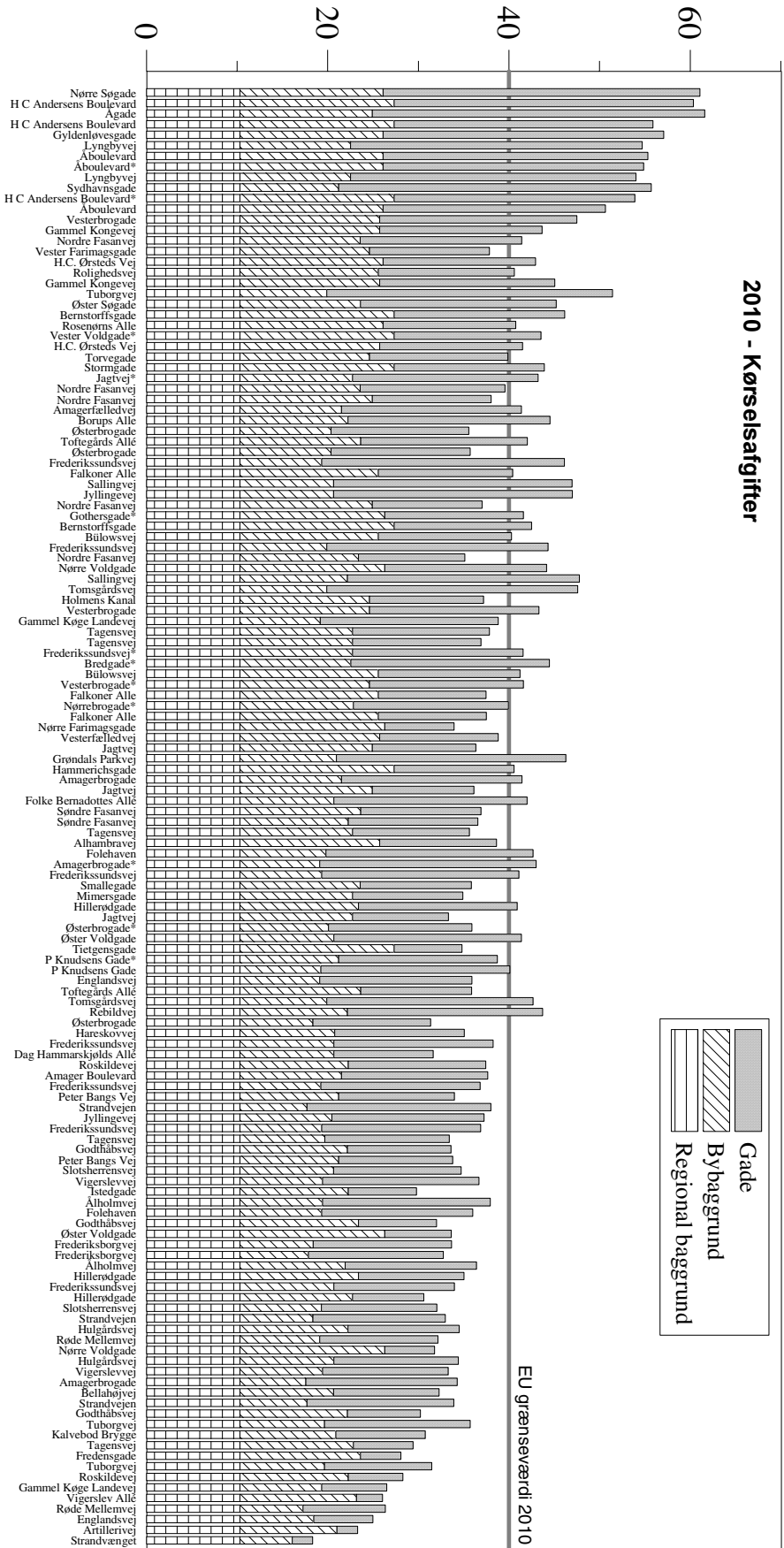
Figur 4.8 NO<sub>2</sub> koncentrationen i 2010 som følge af scenarie 1: kommunale virkemidler.

Figur 4.9 NO<sub>2</sub> koncentrationen i 2010 som følge af scenarie 2: Betalingsring.

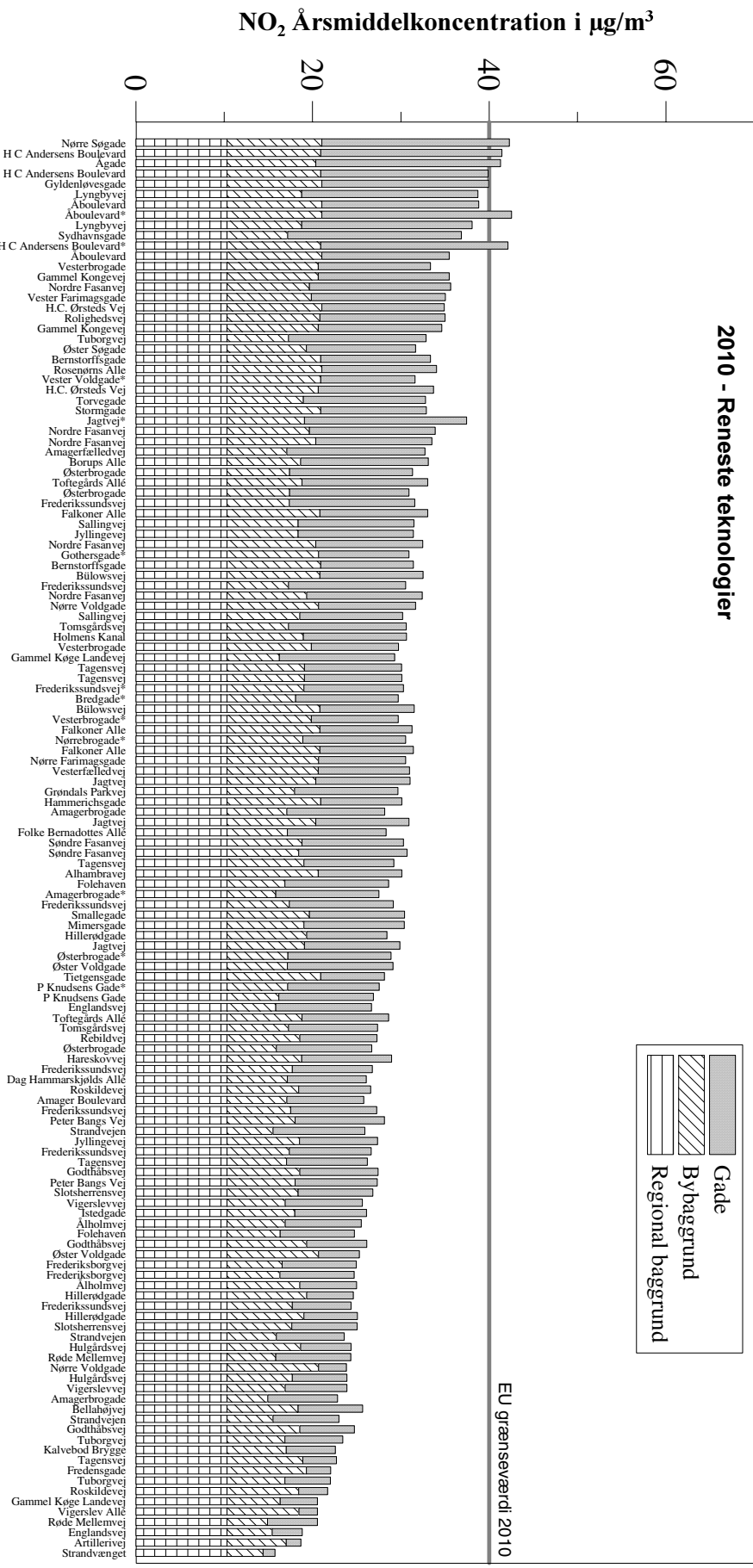


# NO<sub>2</sub> Årsmiddelkoncentration i µg/m<sup>3</sup>

Figur 4.10 NO<sub>2</sub> koncentrationen i 2010 som følge af scenarie 2: Kørselsafgifter.

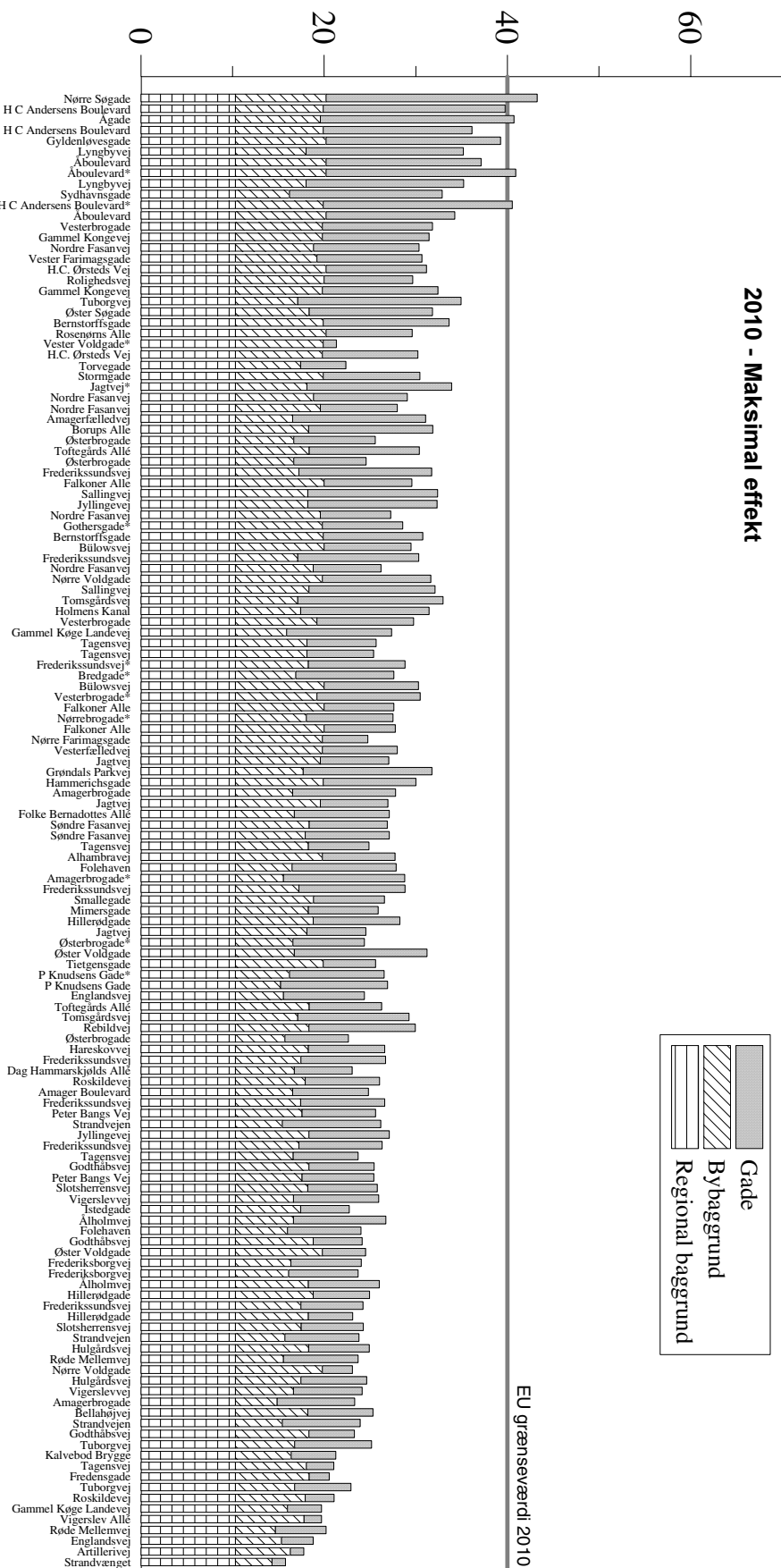


Figur 4.11 NO<sub>2</sub> koncentrationen i 2010 som følge af scenarie 3: renere teknologi.



Gade  
 Bybaggrund  
 Regional baggrund

# NO<sub>2</sub> Årsmiddelkoncentration i µg/m<sup>3</sup>



Figur 4.12 NO<sub>2</sub> koncentrationen i 2010 som følge af scenarie 4: maksimale virkemidler.

## 5 Implementering af virkemidler

Dette kapitel giver en beskrivelse af, hvordan de forskellige scenarier kan implementeres. De aspekter der belyses er følgende:

- hvilken myndighed har kompetence til at beslutte at gennemføre tiltaget
- hvad er omkostningen ved at gennemføre tiltaget
- hvad er tidshorisonten fra et tiltag vedtages til det gennemføres, og til det får den fulde effekt

Hvert scenarie beskrives i det følgende med hensyn til disse parametre.

### 5.1 Scenarie 1: Kommunale virkemidler

Som navnet siger, er det første scenarie de virkemidler der kan gennemføres af kommunen. For nogle af de store infrastrukturanlæg er det dog sandsynligt, at staten vil bidrage med en del af finansieringen.

#### Etablering af havnetunnel

Scenariet omfatter både en sydlig og en nordlig havnetunnel (der i mange sammenhænge betegnes en østlig havnetunnel). Etablering af nye vejanlæg er i princippet kommunens kompetence, og i Københavns kommune er alle overordnede veje på nær motorveje kommunale veje, så den sydlige havnetunnel kan etableres uden, at der er tilslutning til statsvejnettet, mens den nordlige vil blive sluttet til Lyngbyvej, som er en statsvej. Det betyder, at der formelt skal gives en tilladelse fra Vejdirektoratet.

De modeller, der hidtil har været diskuteret for etablering af en nordlig havnetunnel har opereret med finansiering fra både staten, kommunen og havnen. I så fald bliver den detaljerede fastlæggelse af vejen linieføring og standard reelt en forhandling mellem disse parter.

Hvis anlægget bygges primært for statslige midler vil man formodentlig følge den statslige beslutningsprocedure med en projekteringslov, der giver bemyndigelse og finansiering til at gennemføre en skitseprojektering, altså det detaljerede tekniske grundlag for at bygge vejanlægget. Dernæst følger en anlægslov, der bevilger pengene til at bygge vejen, og derefter kan licitationer gennemføres og vejen bygges.

Hvis anlægget bygges i kommunalt regi, vil det samme tekniske arbejde naturligvis skulle gennemføres, men de to love vil ikke være nødvendige og erstattes af retningslinier i den regionale planlægning og vedtagelse i Borgerrepræsentationen. I en hybrid model vil begge procedurer formodentlig skulle gennemføres parallelt.

*Kompetence*

I slutningen af 90'erne gennemførte bl.a. Vejdirektoratet grundige forundersøgelser af en mulig nordlig havnetunnel, men Københavns kommune ønskede på det tidspunkt ikke at fremme projektet og processen blev ikke ført videre. I Københavns kommunes forslag til Trafik- og Miljøhandlingsplan fra 2004 er både den nordlige og sydlige havnetunnel medtaget som store projekter, der ikke kan forventes finansieret alene af kommunal skattebetaling.

#### *Omkostninger og finansiering*

Anlæg af den nordlige havnetunnel vil koste i størrelsesordenen 2,6 mia. kr. hvortil skal lægges ca. 1 mia. til tilslutningsanlæg på Amager siden og 1,5 mia. til en forbindelse mellem Lyngbyvej og Nordhavnen, som også kan fungere som adgangsvej til en nordlig havnetunnel. Samlet set skal der således investeres 5,1 mia. kr. i en nordlig havnetunnel. Den sydlige havnetunnel er endnu ikke undersøgt grundigt, men det vurderes at den samlede pris for tunnel og tilslutningsveje vil være ca. 3 mia. kr. Der ligger ikke noget oplæg til en deling af finansieringen mellem stat og kommune, da Københavns kommune ikke hidtil har været indstillet på at gå ind i realitetsforhandlinger.

#### *Tidshorisont*

Det vil mindst tage 7 år fra man beslutter at gå videre i beslutningsprocessen med disse to havnetunneler og til de færdige anlæg kan tages i brug. Der påregnes to år til at gennemføre den nødvendige planlægningsproces både i kommunen og i statsligt regi. Desuden vil detailprojektering og selve anlægsarbejderne tage i størrelsesordenen 5 år. Det vil altså sige at havnetunnellerne tidligst kan tages i brug i 2012. Mest sandsynligt vil der gå længere tid, da Københavns kommune ikke har disse anlæg øverst på prioriteringslisten i Trafik- og miljøhandlingsplanen. Den fulde trafikale effekt af anlæggene vil komme i løbet af meget få måneder efter at anlægget er taget i brug.

I scenarie 1 er den trafikale effekt af at anlægge havnetunnelerne indregnet i 2010, hvilket derfor er lidt af en tilsnigelse, men det vurderes at det er et anlæg, der er en forudsætning for at få ledt trafikken effektivt udenom de centrale dele af byen på, og det er derfor væsentligt at få effekten medtaget i scenarierne.

#### **Metro Cityring**

#### *Kompetence*

Kompetencen til at beslutte at etablere en Metro Cityring vil helt afhænge af, hvordan finansieringen skal etableres. I princippet kan Københavns kommune alene beslutte at etablere anlægget, men det betyder, at kommunen også skal finansiere det. Trafikministeriet har imidlertid i oktober 2004 spillet ud med et forslag til finansiering, så det er derfor primært op til kommunen at tage stilling til om man vil være med på den skitserede ordning. I den udstrækning anlægget skal finansieres af statslige midler skal anlægget tillige besluttes af folketinget. Med udspillet fra regeringen vil det formodentligt ikke være et problem at få den statslige vedtagelse af anlægget, hvis det sker i den nuværende regerings periode og holder sig til regeringens udspil.

#### *Omkostninger og finansiering*

Det samlede anlæg vurderes at koste 13,5 mia. kr. i regeringens udspil. Dette udspil foreslår at staten skyder værdien af havnearealer,



ca. 3 mia. kr. ind i finansieringen. Passagerindtægter vil kunne forrente 6,5 mia. kr. og Københavns og Frederiksberg kommuner skal tilsammen finansiere 4 mia. kr. I udspillet forudsættes det desuden, at Københavns kommune skal anlægge en vejforbindelse fra Lyngbyvej til Nordhavnen for at skabe grundlaget for at udnytte byggemulighederne i havnen, og desuden kan denne forbindelse aflaste midtbyen for dele af den gennemkørende tunge trafik. Dette anlæg er inkluderet i scenarie 1 som en del af den nordlige havnetunnel.

Fordelingen af finansieringen mellem Københavns og Frederiksberg kommuner vil formodentlig afhænge af hvilken linieføring der vælges. Hvis man vælger en linieføring, der primært passerer gennem Københavns kommune og kun knytter an til Frederiksberg ved Forum station, må det formodes, at Frederiksberg kommune ikke er indstillet på at bidrage væsentligt til finansieringen af en Metro Cityring. Hvis man til gengæld vælger en linie føring der passerer Frederiksberg station og i højere grad betjener Frederiksberg kommune vil et større bidrag fra Frederiksberg kommune sikkert kunne forhandles. Der er imidlertid ikke nogen afklaring af dette spørgsmål endnu.

#### *Tidshorisont*

Anlægget af en Metro Cityring vil, hvis man kontinuert fortsætter forundersøgelses og beslutningsprocessen, kunne være færdig i 2015. Når anlægget derfor er indregnet i scenarie 1 for 2010 er det ikke helt realistisk, men det er væsentligt at få effekten af anlægget med i scenarierne og mindre vigtigt præcist, hvilket år det kan få effekt. Den trafikale effekt må forventes at komme efter en lidt længere indsvingningsperiode end for vejanlæg. Efter et år må den fulde effekt af anlægget forventes at komme, hvis man undgår store driftsforstyrrelser i starten.

#### *Kompetence*

##### **Pendlerplaner**

Pendlerplaner er primært et skub til at få pendlere til at organisere deres transport på en for miljøet bedre måde. Der er som sådan ikke behov for myndighedskompetence til at gennemføre dette, men opbakning fra ledelsen både i kommunen og i de virksomheder, der skal indgå i ordningen, er en væsentlig forudsætning. Det vil imidlertid være nødvendigt at give en både faglig støtte og måske også incitamenter til at opnå så stor effekt som muligt. I den udtrækning, der skal bevilges penge til sådan aktiviteter, er det alene kommunens kompetence.

#### *Omkostninger og finansiering*

At etablere en ordning med pendlerplaner vil primært kræve en person, der organiserer arbejdet og eventuelt incitamenter til de ansatte til at omlægge deres transportvaner. Det vurderes, at en ordning vil kunne etableres for mellem 0,5 og 1 mio. kr. per år. Indsatsen skal formodentlig strække sig over 2-3 år for at få den største effekt, og det kunne være relevant at gentage indsatsen efter 5 år for at samle op på ordningerne. En samlet finansiering på 2 mio. kr. vurderes at være tilstrækkeligt til at etablere pendlerplaner i den centrale del af København.

#### *Tidshorisont*

Effekten af pendlerplaner vil komme i løbet af et år efter at ordningen etableres. Der vil så være behov for opfølgning med jævne mellem-

rum for at holde effekten. Dette virkemiddel kan således være fuldt implementeret i 2010.

### **Trafiksanering i indre by**

#### *Kompetence*

Det er alene Københavns kommune, der har kompetencen til at gennemføre trafiksaneringer på det kommunale vejnet. Planerne skal dog godkendes af politiet for at sikre at trafikken kan afvikles.

#### *Omkostninger og finansiering*

Trafiksanering af indre by vil koste ca. 500 mio. kr. i følge Trafik- og Miljøplan for Københavns kommune. Den udvidelse af den foreliggende plan for trafiksanering af den centrale del af byen, der er forudsat i scenariet, vil ikke medføre en fordyrelse af den samlede trafiksanering.

#### *Tidshorisont*

Selve anlægsarbejderne i forbindelse med trafiksaneringen kan gennemføres relativt hurtigt og for at opnå den trafikale effekt kan man i princippet klare trafiksaneringen med skilte og betonklodser. For imidlertid at forskønne byen samtidig vil der nok gå ca. et år med de nødvendige anlægsarbejder.

Det er imidlertid en forudsætning, at der er etableret en havnetunnel, så den gennemkørende trafik har et reelt alternativ til at køre gennem byen. Trafiksaneringen må derfor gennemføres sideløbende med etablering af havnetunnelen og kan derfor reelt først gennemføres i 2012.

## **5.2 Scenarie 2 Begrænsning af transportarbejdet**

Dette scenarie består af to dele, hvor man må vælge den ene eller den anden mulighed. Forholdene omkring implementering beskrives derfor for de to muligheder hver for sig.

### **Scenarie 2A: Betalingsring**

#### *Kompetence*

Der findes ikke en lovgivning, der giver kommuner mulighed for at opkræve afgifter for at køre på det kommunale vejnet i Danmark. For at etablere en betalingsring er det derfor nødvendigt, at Folketinget gennemfører en lovgivning, der bemyndiger kommunen til at kunne opkræve sådanne afgifter. Det har været foreslået adskillige gange, men der har ikke været flertal for et sådant forslag. Hvis den nødvendige lovgivning etableres skal kommunen formodentligt vedtage de mere detaljerede principper for en betalingsring.

Man kan imidlertid forestille sig andre modeller end at kommunen driver en betalingsring. Det kunne være et system, som man ville lægge i et regionalt regi eller i et særligt selskab. Provenuet ville i sådanne situationer skulle fordeles mellem forskellige kasser ganske afhængigt af, hvad der var det overordnede formål med at etablere en betalingsring.

#### *Omkostninger og finansiering*

At etablere en betalingsring vil samlet set give et betydeligt provenu. Selve investeringen i betalingsanlæg vil ligge i størrelsesordenen 500 – 750 mio.kr. afhængigt af, hvordan man konkret vælger at etablere

anlægget. Driftsomkostninger vurderes i litteraturen at ligge på 250 mio. kr. per år. Med de relativt høje takster, der er forudsat i scenarie 2A, vil det årlige provenu fra betalingsringen formodentligt ligge i omegnen af 3-3,5 mia. kr. per år.

#### *Tidshorisont*

At etablere lovgivning og organisation som baggrund for en betalingsring kan i princippet gøres i løbet af et halvt år, hvis man laver en simpel bemyndigelse til at kommuner kan etablere et afgifts system indenfor visse givne rammer. Det er imidlertid sandsynligt, at hvis man tager hul på at anvende en eller anden form for afgifter på kørsel som middel til at regulere trafikken, vil det give anledning til større omlægninger af beskatning på transportområdet, og i dette tilfælde vil både lovgivning og organisation blive vanskeligere og mere tidskrævende at etablere. Det vurderes dog at kunne gøres med en målrettet indsats i løbet af 2 år.

Når den organisatoriske og lovgivningsmæssige side af sagen er på plads, skal selve den kommunale ordning etableres, både fysisk i form af betalingsstationer og organisatorisk. Det vurderes at tage endnu et par år at etablere dette. Samlet set vurderes, at det vil tage 5-6 år at etablere en betalingsring. Hvis man starter straks i begyndelsen af 2005 vil systemet kunne fungere i 2010.

Systemet kan svare til betalingssystemet på Storebælt, hvor man både opererer med elektronisk og kontant betaling, og der vil ikke være tale om overgangsordninger eller længere indfasning. Denne type betalingsanlæg er dog meget pladskrævende. Alternativt kan et system etableres som i London. Her er billettering alene baseret på vidoegenkendelse af nummerpladen, hvilket kun kræver montering af vidoekamaraer på indfaldsstederne til betalingsringen. Systemet vil få sin fulde effekt efter en kort introduktionsperiode. Man kan forestille sig at langtidseffekter vil blive svagere, idet det nogle grupper af befolkningen vil flytte og skifte arbejde som effekt af betalingsordningen.

#### **2B: Kørselsafgifter**

#### *Kompetence*

Der er, som beskrevet under scenarie 2A, ingen lovgivning der giver mulighed for at kommuner kan opkræve kørselsafgifter generelt eller i særlige områder. Denne lovgivning skal derfor først etableres, og det overordnede system for sådan en ordning etableres. Man kan forestille sig mange modeller, der i større og mindre udstrækning inddrager hele beskatningen af køretøjer, og derfor involverer både stat og kommuner. Kompetencen ligger således i første omgang på statsligt niveau og afhængig af, hvordan ordningen udformes vil der ligge kompetence også på kommunalt niveau.

#### *Omkostninger og finansiering*

Etablering af et kørselsafgiftssystem betyder, at der skal et GPS enhed i alle biler. Prisen på en sådan er i dag ca. 5.000 kr. men hvis de bliver massefremstillet til alle biler vil de blive betydeligt billigere og snart findes som standardudstyr i alle nye biler. Den samlede offentlige omkostning til at etablere et sådant system vurderes at være 750 mio. kr.

Der kommer et ganske betydeligt provenu fra ordningen, som ligger på 2.8 mia. kr. per år. Det forventes at driften vil koste omkring 300 mio.kr således at nettoprovenuet er på ca. 2,5 mia.kr. per år

#### *Tidshorisont*

Teknologien til at opkræve kørselsafgifter med et GPS baseret system fungerer som prototyper i flere sammenhænge og som et delsystem eksisterer det Schweiziske afgiftssystem for tunge køretøjer. Der skal imidlertid ske et vist udviklingsarbejde før teknologien er parat til et kørselsafgiftssystem for alle køretøjer i København. Det vurderes, at dette arbejde kan foregå sideløbende med opbygning af den nødvendige organisation til at drive et kørselsafgiftssystem.

Der skal ikke etableres anlæg, idet der ikke vil være betalingssystemer langs vejene. Der skal imidlertid etableres en overgangsordning for de biler, der ikke har den nødvendige GPS enhed i bilen. Det kan gøres ved at købe en endags tilladelse, som sættes i forruden og som kan signalere, at der er betalt. Denne endags løsning kan være dyrere end GPS ordningen for at give et incitament til at gå fuldt ind i ordningen, hvis man blot jævnlige kører i København.

Som nævnt under en betalingsring vil en simpel lovgivning, der bemyndiger kommuner til at kunne indføre sådanne ordninger, kunne gennemføres relativt hurtigt, men et mere omfattende system vil tage et par år.

Samlet set er vurderingen, at det vil tage 5-10 år at få etableret et kørselsafgiftssystem. I det tilfælde at der arbejdes målrettet på at kunne anvende dette virkemiddel til at reducere NO<sub>x</sub> emissionen, vil det kunne fungere i 2010, men mest sandsynligt vil der gå længere tid.

### **5.3 Scenarie 3: Indførelse af de reneste teknologier**

Dette scenarie omhandler mulighederne for at reducere emissionerne fra det enkelte køretøj, dels ved at fremskynde indførelse af skærpede krav og dels ved at øge udbredelsen af de reneste teknologier.

#### **Hurtigere indførelse af nye euronormer**

#### *Kompetence*

Kompetencen til at gennemføre grænseværdier for køretøjers luftforurening ligger i EU. Det er her de aktuelle grænseværdier vedtages samt tidspunktet for deres ikrafttræden. Desuden fastlægges de måle- og kontrolprocedurer der skal anvendes. Logikken bag dette er, at EU skal være et fælles marked så alle bilproducenter har ens krav at skulle leve op til og fungere som et stort marked at afsætte køretøjerne på. Hvis de nye Euro normer skal gennemføres tidligere end det nu ser ud til, er det derfor alene i EU at det kan vedtages. Der er på nuværende tidspunkt et pres fra forskellige lande for at gøre det, og der ligger et konkret forslag fra Tyskland om at gennemføre skærpede krav for personbiler i 2008. Danmark kan ikke indføre normerne tidligere end vedtaget i EU, men kan give økonomiske incitamenter til fremme af biler, som opfylder vedtagne fremtidige krav, før de træder i kraft.

<i>Omkostninger og finansiering</i>	Der er ingen omkostninger for det offentlige forbundet med at fremrykke indførelse af de nye emissionsnormer for både personbiler og tunge køretøjer. Såfremt økonomiske incitamenter anvendes til fremme af biler, som opfylder vedtagne fremtidige krav vil dette indebære offentlige omkostninger.
<i>Tidshorisont</i>	Euronormerne gennemføres således at de gælder for alle nye køretøjer, der sælges efter ikrafttræden. Det tager således godt 15 år før den fulde effekt af normerne er realiseret, da køretøjernes levetid er ca. 15 år. At rykke indførelse af nye normer to år frem vil derfor betyde at effekten kommer to år tidligere. I teknologiscenariet er der forudsat en fremrykning på 2 år, men da det tyske forslag ikke er vedtaget er det vanskeligt at sætte et præcist implementeringsår. Derfor er det antaget at en hvis andel af køretøjsparken opfylder skærpede emissionsnormer, som svarer til hvad man kan forvente efter 2 år efter indførelse af skærpede emissionsnormer.
	<b>Mindre forurenende busser i bytrafikken</b>
<i>Kompetence</i>	Det er grundlæggende EU, der har kompetencen til at indføre emissionsnormer. HUR, der udbyder bustrafikken i licitation, kan imidlertid stille særlige krav i forbindelse med udbud, som de allerede har gjort ved at stille krav om gasbusser og partikelfiltre ved nogle udbud. HUR eller det kommende Trafikselskab Sjælland kan derfor stille krav om særlige teknologier eller kræve at alle busser overholder særlige EU normer. Kompetencen til at stille særlige krav i fremtidige licitationer ligger derfor hos trafikselskabet, der udbyder bustrafikken i København.
<i>Omkostninger og finansiering</i>	Det er vanskeligt at sige om der er offentlige omkostninger forbundet med at stille strengere krav til bustrafikken. I princippet vil en øget omkostning for operatørerne afspejles i tilbuddet og dermed vil trafikselskabet få en højere omkostning, som afspejles i billetpriserne. Kommunen yder også et tilskud til HUR som marginalt kan påvirkes af kravene. Det vurderes at være en ganske lille offentlig omkostning.
<i>Tidshorisont</i>	Hvis man allerede fra de næste licitationer af bustrafik, der kører i de centrale områder i København stiller krav om reducerede emissioner vil alle busser i den centrale del af København kunne overholde Euro 5 normerne i 2010. I teknologiscenariet er der dog sigtet på at overholde det tyske forslag, som er en skærpelse i forhold til Euro 5. Dette forslag er endnu ikke vedtaget, og det er derfor vanskeligt at sætte et bestemt årstal for hvornår det er muligt at fremsætte emissionskravet fra kommunens side.
	<b>Skærpede NO<sub>x</sub> emissioner i miljøzonen</b>
<i>Kompetence</i>	Som tidligere nævnt er det EU, der fastsætter reglerne for emissionsnormer. Lokalt kan man dog tillade regulering, der sikrer en hurtigere indfasning af de vedtagne emissionsnormer. Københavns kommune kan derfor stille krav om at alle tunge køretøjer, der kører i miljøzonen skal overholde skærpede emissionsnormer, som overholder det tyske forslag.

*Omkostninger og finansiering*

Der vurderes ikke at være offentlige omkostninger forbundet med dette krav, hvis der gives et rimeligt varsel. Det er naturligvis sådan, at hvis der ikke er en rimelig varsel, vil transporterhvervet kræve kompensation for de ekstraomkostninger ordningen pålægger dem, men med en rimelig varsel skulle det kunne undgås. Københavns Kommune har omkring 200 lastbiler, som også vil være omfattet af kravet, men her vil de fleste omkostninger gå videre til forbrugerne af servicen.

*Tidshorisont*

Dette scenarie forudsætter, at det tyske forslag vedtages, at Københavns Kommune beslutter skærpede emissionskrav i miljøzonen, og at Justitsministeriet godkender dette. Herefter skal transportoperatørerne have en rimelig tid til implementering.

Et rimeligt varsel til operatørerne kunne være 5-6 år, hvis kravet indebærer indkøb af nye lastbiler, mens en kortere varslingstid kunne anvendes såfremt kravene kan overholdes ved eftermontering af emissionsbegrænsende udstyr. Der kan blive tale om, at operatørerne vil kræve kompensation for yderligere omkostninger, og det vil i så fald være op til en forhandling.

Med ovenstående beslutningsprocedure samt varsel til operatørerne er det ikke realistisk at dette scenarie kan være fuldt implementeret i 2010, hvor grænseværdierne for NO<sub>2</sub> skal være overholdt. Det gennemførte scenarie afspejler derfor en situation, som kunne indtræffe senere fx omkring 2012-2015.

## **5.4 Scenarie 4: Maksimal effekt**

Dette scenarie omfatter de fleste af ovennævnte tiltag og de implementeringsmæssige vilkår skal derfor ikke gentages. Der er alene tale om et nyt tiltag som derfor beskrives:

### **Citylogistik**

*Kompetence*

Der er tale om en ordning, der stiller skærpede krav til varedistributionen i miljøzonen. Det er Københavns kommune, der har kompetence til at sætte reglerne i miljøzonen, men de skal godkendes af Justitsministeriet.

*Omkostninger og finansiering*

Det kan komme på tale at etablere et eller flere omladningscentre for at godstransporterne bliver effektive. Omkostningerne hertil er vanskelige at estimere men vurderes at ligge i størrelsesordenen 50 mio. kr. for 3-4 mindre omladecentre. Der er desuden kommunale omkostninger til at støtte processen og kontrollere at den ønskede effekt opnås, hvilket næppe vil beløbe sig til mere end 2-3 mio.kr per år.

*Tidshorisont*

Det vil tage ca. et år at få udarbejdet grundlaget for den relevante ordning og få den vedtaget i kommunen. Man skal dernæst regne med mindst et år til Justitsministeriets godkendelse. Endvidere vil der gå et par år med at varsle og gennemføre de konkrete anlæg. Samlet set vurderes at en citylogistikordning vil kunne fungere med fuld effekt i 2012.

Scenarie	Tiltag	Kompetence	Offentlig omkostning	Tidshorisont for effekten
1. Kommunale virkemidler	Havnetunnel	Kommunen (staten )	8 mia. kr.	2012
	Metro City Ring	Kommunen (staten )	13,5 mia. kr.	2015
	Pendlerplaner	Kommunen	2 mio. kr.	2010
	Trafiksanering	Kommunen	0,5 mia. kr.	2012
2. Reduktion af biltrafik	2.1 Betalingsring	Staten og kommunen	0,5-0,7 mia. kr. Nettoprovenu på 3 mia. per år.	2010
	2.2 Kørselsafgifter	Staten og kommunen	0,7 mia. kr. Nettoprovenu på 2,5 mia. kr. per år	2010
3. Reneste teknologier	Hurtigere indførelse af skærpede normer	EU	0	Effekten fremrykkes 2 år
	Renere busser	HUR	Mindre udgift	2012-2015
	Skærpede emissionskrav i miljøzone	Kommunen og staten	Mindre udgift	2012-2015
4. Maksimal effekt	Havnetunnel	Kommunen (staten )	8 mia. kr.	2012
	Metro City Ring	Kommunen (staten )	13,5 mia. kr.	2015
	Pendlerplaner	Kommunen	2 mio. kr.	2010
	Trafiksanering	Kommunen	0,5 mia. kr.	2012
	Kørselsafgifter	Staten og kommunen	0,7 mia. kr. Nettoprovenu på 2,5 mia. kr. per år	2010
	Hurtigere indførelse af skærpede normer	EU	0	Effekten fremrykkes 2 år
	Renere busser	HUR	Mindre udgift	2012-2015
	Skærpede emissionskrav i miljøzone	Kommunen og staten	Mindre udgift	2012-2015
	Citylogistik	Kommunen og staten	60 mio. kr.	2012

## 6 Overordnet vurdering for PM<sub>10</sub>

### Indledning

I dette kapitel redegøres der kort for grænseværdier for PM<sub>10</sub>, og der gives en overordnet effektvurdering af scenarierne for PM<sub>10</sub>. Da der knytter sig en række usikkerheder til det eksisterende videngrundlag for partikler, er der kun tale om en overordnet vurdering af effekterne for PM<sub>10</sub>.

Kapitlet beskriver alene PM<sub>10</sub>, fordi der er en grænseværdi herfor. Man skal være bevidst om, at man med PM<sub>10</sub> som målestok kun får beskrevet en lille del af problematikken om partikler som luftforureningsproblem.

Partikulær luftforurening er et relativt komplekst luftforureningsproblem, dels fordi partiklerne dannes ved en række forskellige processer under forbrænding, mekaniske påvirkninger eller processer i atmosfæren, og dels fordi partiklerne karakteriseres ved forskellige størrelser og forskellige kemiske og fysiske egenskaber.

PM<sub>10</sub> anvendes som grænseværdi for partikler. PM<sub>10</sub> er en meget uspecifik indikator, som dækker over partikler med meget forskellig oprindelse, størrelser og kemisk sammensætning. To ens PM<sub>10</sub> niveauer målt to forskellige steder kan derfor dække over meget forskellige luftforureningsituationer. PM<sub>10</sub> er massen af alle partikelstørrelser op til 10 µm.

### 6.1 Grænseværdier for PM<sub>10</sub> og sammenligning med målinger

#### Grænseværdier

EU direktiver om grænseværdier implementeres i dansk lovgivning. Grænseværdier for partikler er vist i *Tabel 6.1*.

*Tabel 6.1* Grænseværdier for partikler. Skæringsdato betyder, at grænseværdien skal overholdes på det pågældende tidspunkt; indtil da sammenlignes måleresultater med grænseværdien plus tolerance-margen, som aftager til nul på skæringsdatoen.

Parameter	Grænseværdi (µg/m <sup>3</sup> )	Midlings-tid	Statistik	Skæringsdato	Tolerance margen
<b>Trin 1</b>					
PM <sub>10</sub>	50	24 timer	35 gange pr. år	2005	50% 1. januar 2001
PM <sub>10</sub>	40	-	Gennemsnit, år	2005	20% 1. januar 2001
<b>Trin 2</b>					
PM <sub>10</sub>	50	24 timer	7 gange pr. år	2010	
PM <sub>10</sub>	20 <sup>1</sup>	-	Gennemsnit, år	2010	50% 1. januar 2005

<sup>1</sup> Foreløbigt kun et forslag.



Tabel 6.2 viser måleresultater fra det Landsdækkende Luftkvalitetsmåleprogram (LMP IV) i 2003.

Tabel 6.2 PM<sub>10</sub> på forskellige målestationer i københavnsområdet i 2003 (Palmgren et al. 2005)

Enhed: µg/m <sup>3</sup>	Antal	Middelværdi	36. højeste
Gade København (Jagtvej)	340	33	52
Bybaggrund: København (HC Ørsted)	360	24	39
Lille Valby (v/ Roskilde)	302	24	40
Grænseværdi i 2005	>329	40	50

Tabel 6.2 viser måleresultater af PM<sub>10</sub> på landstationen: Lille Valby, bybaggrundsstationen: H.C. Ørsted Institutet i København og gade-stationen: Jagtvej i København.

Bybaggrundsbidraget er meget lille

For det første kan det konstateres, at niveauerne uden for København på landet (Ll. Valby ved Roskilde) er målt til at være de samme som i bybaggrund i København (taget af HC Ørsted Institutet). Modelberegninger og også analyse af måledata viser dog, at trafikken giver et lille bidrag til bybaggrunden. Under alle omstændigheder er konklusionen, at trafikens bidrag til bybaggrund er meget lille. Det betyder, at uanset hvilke teknologiske eller trafikale virkemidler, der anvendes til at reducere partikelemissionen fra trafikken vil dette kun have marginal effekt på bybaggrundskoncentrationen.

Gadebidraget har betydning

Det ses, at kun gade-stationen adskiller sig væsentligt fra de øvrige stationer, og at trafikken på Jagtvej bidrager med omkring 10 µg/m<sup>3</sup> til PM<sub>10</sub> koncentration i gaden svarende til en tredjedel. Gadebidraget har derfor en vis indflydelse på PM<sub>10</sub> koncentrationerne i trafikerede gaderum. Jagtvej er en stærkt trafikeret gade med omkring 29.000 køretøjer i døgnet.

Sammenligning med grænseværdier

Målinger af PM<sub>10</sub> på Jagtvej viser, at årsgennemsnittet ligger under grænseværdien på 40 µg/m<sup>3</sup>, som skal overholdes fra 2005. Målinger viser endvidere, at grænseværdien for døgngennemsnittet overskrides på særligt udsatte strækninger (f.eks. på H.C. Andersens Boulevard i København, hvor døgntrafikken er omkring 60.000, og dermed en af de mest trafikerede gader i København). Grænseværdien for årsgennemsnit er tangeret på H.C. Andersens Boulevard.

## 6.2 Kildeopgørelse for PM<sub>10</sub> på Jagtvej

Emissionsfaktorerne for de forskellige køretøjskategorier er vist i *Tabel 6.3* og emissionsfordelingen på Jagtvej er vist i *Tabel 6.4* beregnet ud fra OSPM's emissionsmodul. I beregningerne er det forudsat at varebiler er 100% diesel og personbiler er 18% diesel. Taxi, lastbiler og busser er antaget at være 100% diesel.

Med den køretøjsfordeling der er på Jagtvej bidrager udstødning og ikke-udstødning med hver omkring 50%. Dieseltrafikken dominerer helt bidraget til udstødningsdelen, mens personbilerne (som hovedsageligt er benzinerbiler) dominerer ikke-udstødningsdelen, fordi de udgør så stor en del af trafikken.

Hvis man kunne fjerne al trafik fra Jagtvej kunne PM<sub>10</sub> reduceres 10 µg/m<sup>3</sup>, og hvis man kunne fjerne al udstødning fra bilerne kunne PM<sub>10</sub> reduceres med omkring 5 µg/m<sup>3</sup>, da der stadigvæk ville være PM<sub>10</sub> bidrag fra bremses, vejslid, ophvirvling mv.

*Tabel 6.3* Emissionsfaktorer for partikeludstødning og -ikke-udstødning for forskellige køretøjskategorier for Jagtvej i 2003 (ved 45 km/t) (Palmgren et al. 2005)

Type	Personbil	Taxi	Varebil	Små lastbiler < 32 t	Store lastbiler > 32 t	Busser
Udstødning PM (g/km)	0,02	0,16	0,18	0,51	0,83	0,40
Ikke-udstødning PM <sub>10</sub> (g/km)	0,05	0,05	0,07	0,23	0,26	0,23

*Tabel 6.4* Fordelingen af vægtet PM udstødning og ikke-udstødning af PM<sub>10</sub> for Jagtvej i 2003

	Personbil	Taxi	Varebil	Små lastbiler < 32 t	Store lastbiler > 32 t	Bus	I alt
Køretøjs sammensætning (%)	78	7,9	11	1,7	0,23	1,2	100
Vægtet udstødning PM (g/km)	0,017	0,013	0,020	0,009	0,002	0,005	0,065
Vægtet ikke-udstødning PM <sub>10</sub> (g/km)	0,037	0,004	0,008	0,004	0,001	0,003	0,056
vægtet ialt (g/km)	0,054	0,016	0,028	0,013	0,002	0,007	0,122
Procent udstødning (%)	26	19	31	13	3	7	100
Procent ikke-udstødning (%)	67	7	14	7	1	5	100
Procent ialt (%)	45	13	23	10	2	6	100
Udstødning/ialt (%)	31	77	72	69	76	64	54
Ikke-udstødning/ialt (%)	69	23	28	31	24	36	46
I alt (%)	100	100	100	100	100	100	100

### Usikkerhed på PM<sub>10</sub>

Målingerne på Jagtvej og HC Andersens Boulevard viser, at vejstøv og vejsalt har stor betydning for trafikens bidrag til PM<sub>10</sub>. Sammenligninger mellem OSPM beregninger på grundlag af EU emissionsfaktorer (COPERT III) og målinger af den trafikskabte PM i København viser en rimelig god overensstemmelse for PM<sub>2,5</sub>, hvorimod den

er dårlig for  $PM_{10}$ . Årsagen til dette er, at ophvirvling af vejstøv, der har størst betydning for partiklerne i den grove PM-fraktion, er vanskelig at beskrive ved almindelige emissionsfaktorer, da re-emission og lokale forhold har stor betydning. Der er derfor stor usikkerhed omkring især ikke-udstødningsdelen for  $PM_{10}$  i det eksisterende vidensgrundlag (Palmgren et al. 2005).

I OSPM modellen er de sammenhænge der er fundet for ikke-udstødningsdelen for forholdene på Jagtvej implementeret i modellens emissionsmodul, da der her er rimelig god overensstemmelse mellem beregninger og målinger. Disse forudsætninger giver imidlertid dårlig overensstemmelse mellem beregninger og målinger for HC Andersens Boulevard, hvilket illustrerer usikkerhederne i det eksisterende vidensgrundlag.

Det betyder, at der i de efterfølgende modelberegninger er en betydelig usikkerhed på især gadebidraget forårsaget af usikkerheden på ikke-udstødningsdelen.

På trods af disse usikkerheder er det overvejende sandsynligt at  $PM_{10}$  koncentrationerne kun ændres meget beskedent i gadeniveau i 2010, fordi målinger viser at gadebidraget er relativt lille, fordi de trafikale effekter af de forskellige scenarier er relativt beskedne, og fordi emissionsreduktion i udstødningen heller ikke vil give en væsentlig reduktion, da ikke-udstødning også spiller en væsentlig rolle.

### 6.3 Effekter af scenarierne for $PM_{10}$

Der er gennemført  $PM_{10}$  luftkvalitetsberegninger for bybaggrund (UBM) og de 138 gader i København (OSPM) for basissituationen samt for de forskellige scenarier.

#### *Forudsætninger*

I beregningerne er det forudsat, at det regionale  $PM_{10}$  bidrag er uændret fra 2003 til 2010. Regional data for  $NO_2$  er en tidsserie, mens der for  $PM_{10}$  er regnet med én konstant værdi, som afspejler årsmiddel. Da vi kun har foretaget beregninger af årsmiddelværdier, betyder det imidlertid ikke noget at det regionale bidrag er en konstant. Der kan måske forventes en lille reduktion i det regionale  $PM_{10}$  bidrag pga. allerede vedtagne emissionsreduktion på europæisk plan, men dette vil ikke have afgørende indfyldelse på de efterfølgende resultater. Reduktion af det regionale bidrag har dog høj prioritet i EU, og der kan forventes initiativer som på sigt vil reducere det regionale bidrag. Det regionale  $PM_{10}$  niveau er fastsat ud fra regional data fra Lille Valby til  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for 2003. Det regionale niveau kan svinge flere mikrogram fra år til år.

For emissionsfaktorerne for partikler i UBM og OSPM beregningerne er anvendt de faktorer, som giver den bedste sammenhæng mellem beregninger og målinger på Jagtvej.

#### *$PM_{10}$ i bybaggrund i 2010*

$PM_{10}$  i bybaggrund i 2010 for basisscenariet er højest i det centrale København og Frederiksberg. Det regionale niveau udgør  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og bybaggrundsbidraget er op til  $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , hvor det er højest. Et tilsvarende billede ses for 2003.

PM<sub>10</sub> i 2010 for bybaggrund er beregnet med UBM for maksimal scenariet (nr.4). Det regionale niveau er forudsat uændret (24 µg/m<sup>3</sup>) og bybaggrundsbidraget er reduceret noget og udgør op til 1,5 µg/m<sup>3</sup> mod tidligere op til 2,3 µg/m<sup>3</sup> i basisscenarioet i 2010. Bybaggrundskoncentrationen falder dog meget lidt, da den helt er domineret af det regionale bidrag.

*Få overskridelser af grænseværdien for PM<sub>10</sub> i 2005*

PM<sub>10</sub> beregninger for 2003 for de 138 stærkt trafikerede gader er gennemført. Der forventes minimale emissionsændringer fra 2003 til 2005, og ændringer i trafikniveauerne er ligeledes minimale på to år, så PM<sub>10</sub> i 2005 må formodes at være stort set identiske med 2003. Få strækninger ud af de 138 gadestrækninger tangerer eller overskrider grænseværdien for 2005 på 40 µg/m<sup>3</sup>. Regional baggrund er meget dominerende med omkring 24 µg/m<sup>3</sup>, bybaggrund med nogle få mikrogram og gadebidraget fra nogle få mikrogram op til 13 µg/m<sup>3</sup>.

Beregningerne for HC Andersens Boulevard viser, at grænseværdien tangeres, men målinger viser en overskridelse af grænseværdien. Dette illustrerer, at de emissionsforudsætninger for PM som ligger til grund for beregninger ikke passer så godt på situationen på HC Andersen Boulevard. Det beregnede niveau for Jagtvej ligger derimod tæt på de målte værdier.

PM<sub>10</sub> beregninger for 2010 i basisscenarioet for de 138 stærkt trafikerede gader viser, at gadebidraget reduceres lidt, men der er stadigvæk nogle få strækninger som tangerer grænseværdien på 40 µg/m<sup>3</sup> for 2005.

*Massive overskridelser af forslag til grænseværdi for PM<sub>10</sub> i 2010*

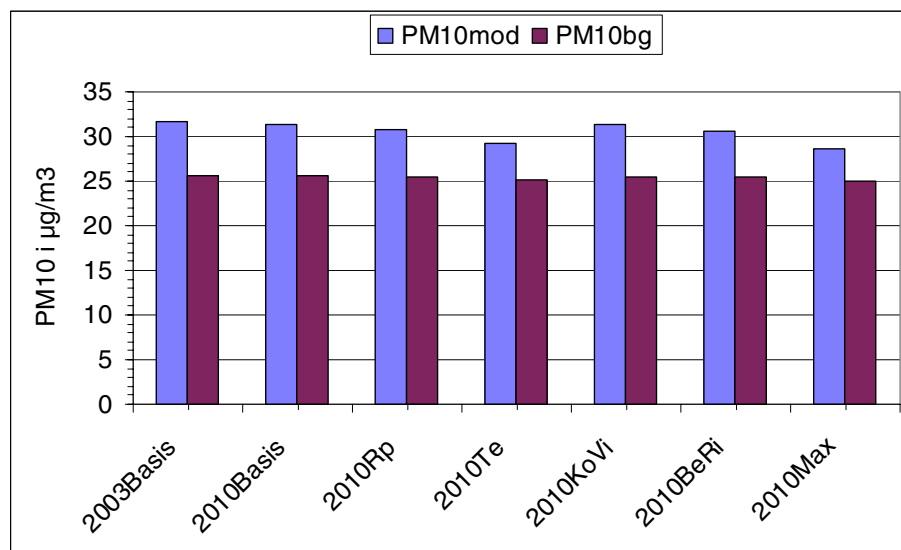
PM<sub>10</sub> beregninger for 2010 for scenarie 4: maksimal effekt er gennemført. For PM<sub>10</sub> overskrider samtlige strækninger forslaget til grænseværdien på 20 µg/m<sup>3</sup>, der skal overholdes i 2010, idet alene bidragene fra regional baggrund og bybaggrund overskrider grænseværdien. Regional baggrund er meget dominerende med omkring 24 µg/m<sup>3</sup>, bybaggrund med nogle få mikrogram og gadebidraget fra nogle få mikrogram til omkring 10 µg/m<sup>3</sup>.

Sammenlignes basisscenarioet i 2010 og scenarie 4: maksimal effekt i 2010 ses, en reduktion på 10-15% i PM<sub>10</sub> koncentrationerne, som primært skyldes de skærpede teknologiske krav i teknologi scenariet. Der ses en mindre effekt i de øvrige scenarier, som kun omhandler trafikale ændringer. Den forholdsvis lille reduktion skyldes, at det regionale bidrag er meget stort og ikke forventes at ændres. Endvidere er gadebidraget relativt lille og emissionsreduktionen i udstødningen bidrager relativt lidt, da ikke-udstødning spiller en væsentlig rolle.

Overskridelse af forslaget til grænseværdi for PM<sub>10</sub> i 2010 er et generelt problem i Europa, som skyldes at det regionale bidrag mange steder er tæt på/eller overskrider den forslåede grænseværdi.

I *Figur 6.1* er summeret den gennemsnitlige effekt for PM<sub>10</sub> for de 138 gadestrækninger. Det ses, at det kun er teknologiscenarioet (og derfor også scenariet med maksimale virkemidler som væsentligt reducerer

PM<sub>10</sub> i gadeniveau og bybaggrund i forhold til basis situationen i 2010.



Figur 6.1 Den gennemsnitlige effekt for PM<sub>10</sub> for de 138 gadestrækninger af de forskellige scenarier. "Rp" står for kørselsafgifter, "Te" for teknologi, "KoVi" for kommunale virkemidler, "BeRi" for betalingsring, og "Max" for maksimal virkemidler. "PM10\_mod" er beregnet i gaderne og "PM10\_b" er bybaggrundsbidraget.

#### Effekter af teknologiscenariet for Jagtvej

Da de trafikale scenarier fører til en relativ beskedent reduktion i trafikken, er det i det følgende illustreret, hvilken betydning teknologiscenariet har for kildeopgørelsen for PM<sub>10</sub> for Jagtvej i 2010. Da trafikken ikke ændres i dette scenarie er det alene effekten af overholdelse af skærpede emissionsnormer, som dette scenarie illustrerer.

Som det fremgår af Tabel 6.5 reduceres emissionsfaktorerne for PM udstødningen mærkbart i 2010 for dieseltrafikken i forhold til basis situationen i 2003 vist i Tabel 6.3, mens ikke-udstødningsdelen er forudsat uændret.

Tabel 6.5 Emissionsfaktorer for partikeludstødning og -ikke-udstødning for forskellige køretøjskategorier for Jagtvej i 2010 (ved 45 km/t)

Type	Personbil	Taxi	Varebil	Små lastbiler < 32 t	Store lastbiler > 32 t	Busser
Udstødning PM (g/km)	0,02	0,10	0,11	0,03	0,03	0,03
Ikke-udstødning PM <sub>10</sub> (g/km)	0,05	0,05	0,07	0,2	0,3	0,2

Som det fremgår af Tabel 6.6 falder den gennemsnitlige emission med omkring 22% fra 2003 til 2010 som følge af teknologiscenariet. Den

største ændring ses for den tunge trafik, da deres andel af den samlede PM emission falder fra 18% til 9%. Teknologiscenariet sigter i høj grad på reduktion af den tunge trafiks emissioner, idet det forudsættes at alle lastbiler og busser overholder skærpede normer (Euro 5). Der sker mindre reduktioner i emissionfaktorerne for de øvrige køretøjskategorier, idet scenariet forudsætter at 16% af taxi, varebiler og dieseldrevne personbiler opfylder skærpede emissionsnormer (Euro 6). Da teknologiscenariet reducerer den direkte udstødning ændres forholdet mellem udstødning og ikke-udstødning fra omkring 50-50 i 2003 til 40-60 i 2010.

Tabel 6.6 Fordelingen af vægtet PM udstødning og ikke-udstødning i teknologiscenariet af PM<sub>10</sub> for Jagtvej i 2010

	Person- bil	Taxi	Varebil	Små lastbiler < 32 t	Store lastbiler > 32 t	Bus	I alt
Køretøjs sammensætning (%)	78	7,9	11	1,7	0,23	1,2	100
Vægtet udstødning PM (g/km)	0.0154	0.0079	0.0131	0.0005	0.0001	0.0003	0.0373
Vægtet ikke-udstødning PM <sub>10</sub> (g/km)	0.0377	0.0038	0.0086	0.0041	0.0006	0.0026	0.0573
vægtet ialt (g/km)	0.0531	0.0116	0.0217	0.0046	0.0007	0.0029	0.0947
Procent udstødning (%)	41	21	35	1	0	1	100
Procent ikke-udstødning (%)	66	7	15	7	1	5	100
Procent ialt (%)	56	12	23	5	1	3	100
Udstødning/ialt (%)	29	68	61	12	10	12	39
Ikke-udstødning/ialt (%)	71	32	39	88	90	88	61
I alt (%)	100	100	100	100	100	100	100

Teknologiscenariet er kun relateret til udstødningspartikler. Andre scenarier fx med tiltag overfor bremses, vejbelægninger samt effekten på andre partikelparametre som PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub>, ultrafine partikler, tungmetaller (bremsestøv) mv. er ikke vurderet.

## Referencer

Berkowicz, R., Hertel, O., Larsen, S.E., Sørensen, N.N., Nielsen, M. (1997): Modelling Traffic Pollution in Streets. Danmarks Miljøundersøgelser.

Berkowicz, R. (2000): OSPM – a Parameterised Street Pollution Model. *Environmental Monitoring and Assessment* 65: 323-331, 2000.

Berkowicz, R. (2000): A simple Model for Urban Background Pollution, *Environmental Monitoring and Assessment*, 65, 259-267

Berkowicz, R., Palmgren, F., Jensen, S.S., Brandt, J. (2004): Analyse af forhøjet NO<sub>2</sub> niveau i København og prognose for 2010. Faglig rapport fra DMU nr. 498, s. 24.

Berkowicz, R., Winther, M. and Ketzel, M. (2005): Traffic Pollution Modelling and Emissions. *Environmental Modelling and Software*, 2005. (To be published).

Frederiksberg Kommune (2003): Trafik- og Miljøhandlingsplan. 32 s.

Horsens Kommune: CO<sub>2</sub> Plan for Horsens kommune 2005.

Jensen, S.S., Berkowicz, R., Hansen, H. Sten., Hertel, O. (2001) A Danish decision-support GIS tool for management of urban air quality and human exposures. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 6, Issue 4, 2001, pp. 229-241.

Københavns kommune (1996): Indre by og havnetunnel: mulighed og visioner. 1996

Københavns Kommune (2003): Færdselstællinger og andre trafikundersøgelser 1998-2002. 44 s.

Ntziachristos, L. and Zissis Samaras, Z. (2000) COPERT III, Computer programme to calculate emissions from road transport. Methodology and emission factors (Version 2.1). Technical report No 49. European Environment Agency, Copenhagen.

Palmgren et al. (2005): Luftforurening med partikler i Danmark. Faglig rapport fra DMU. (Under udarbejdelse).

Rodt, S. (2003): Præsentation fra GRPE Off-Cycle Working Group, September 11, 2003, Windsor, Canada. Stefan Rodt er ansat i Federal Environmental Agency (CBA), Berlin.

Rådets direktiv 1999/30/EF af 22. april 1999 om luftkvalitetsgrænseværdier for svovldioxid, nitrogendioxid og nitrogenoxider, partikler og bly i luften. EF-Tidende NR. L 163 af 29. juni 1999 S. 0041 - 0061 .

Sturm, P.J., Rodler, J., Lechner, B., Raimund, Almbauer, A. (2001): Validation of emission factors for road vehicles based on street tunnel measurements. *International Journal of Vehicle Design* 2001 - Vol. 27, No.1/2/3/4 pp. 65-75.

Transportrådet Rapport 97. 05: Betalingssystemer på veje – trafik og teknologi

Transportrådet Rapport 97. 03: Havnetunnel i København – vurderinger og hovedspørgsmål

Transportrådet Rapport 01. 03: Fire scenarier for trafik i Hovedstaden

Transportrådet Notat 96. 04: Effektivisering af godstransport i byer.

Trafikministeriet: Roadpricing eller variable kørselsafgifter – med hovedstadsområdet som case. 2000.

Vejdirektoratet: Havnetunnel i København Rapport 192 1999.

Ørestadsselskabet (2002): Ørestadstrafikmodel (OTM). Folder med generel beskrivelse af Ørestadstrafikmodellen.



**KØBENHAVNS KOMMUNE**

Miljøkontrollen

Kalvebod Brygge 45

Postboks 259

1502 København V

Telefon: 33 66 58 00

Telefax: 33 66 71 33

Email: [miljoe@mff.kk.dk](mailto:miljoe@mff.kk.dk)

[www.miljoe.kk.dk](http://www.miljoe.kk.dk)