



SAMMENLIGNING AF NO₂ MÅLINGER OG OSPM BEREGNINGER FOR 10 GADESTRÆKNINGER I KØBENHAVN

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 9

2012



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

SAMMENLIGNING AF NO₂ MÅLINGER OG OSPM BEREKNINGER FOR 10 GADESTRÆKNINGER I KØBENHAVN

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 9

2012

Thomas Ellermann
Matthias Ketzel
Steen Solvang Jensen

Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

- Serietitel og nummer: Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 9
- Titel: Sammenligning af NO₂ målinger og OSPM beregninger for 10 gadestrækninger i København
- Forfattere: Thomas Ellermann, Matthias Ketzel og Steen Solvang Jensen
Institution: Institut for Miljøvidenskab
- Udgiver: Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL: <http://dmu.au.dk>
- Udgivelsesår: August 2012
- Faglig kommentering: Ole Hertel
- Finansiel støtte: Miljøstyrelsen
- Bedes citeret: Ellermann, T., Ketzel, M. & Solvang Jensen, S. 2012. Sammenligning af NO₂ målinger og OSPM beregninger for 10 gadestrækninger i København. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 26 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 9
<http://www.dmu.dk/Pub/TR9.pdf>
- Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
- Sammenfatning: Denne rapport præsenterer resultaterne af en sammenligning mellem målinger og modelberegninger af kvælstofdioxid (NO₂) ved ti udvalgte gadestrækninger i København. Force Technology har målt NO₂ i en fem ugers periode fra 24. oktober til 28. november 2011. Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet (AU/DCE) har foretaget modelberegningerne med Operational Street Pollution Model (OSPM) i to trin. På trin 1 er modelberegningerne foretaget uden kendskab til de målte koncentrationer og med den modelversion og de inputdata, som svarer til tidligere foretagne modelberegninger rapporteret i 2011. Sammenligningen viser, at modellen generelt giver resultater, som er i god overensstemmelse med målingerne. Undtagelsen er resultaterne for to gadestrækninger (Sydhavnsgade og Fredensgade). På trin 2 er inputdata opdateret med det formål at forstå afvigelserne mellem målte og modelbereggede koncentrationer under trin 1. Resultaterne af trin 2 viser, at afvigelserne for Sydhavnsgade hovedsageligt skyldes fejl i trafikdata, mens det for Fredensgade er unøjagtige data for gadekonfigurationen, som er årsag til afvigelserne mellem målinger og modelresultater.
- Emneord: Modevaluering, kvælstofdioxid, modelberegninger, målinger, lokalskala, gadestrækninger, Operational Street Pollution Model
- Layout: Majbritt Ulrich
- Foto forside: Thomas Ellermann
- ISBN: 978-87-92825-45-2
ISSN (elektronisk): 2244-999X
- Sideantal: 26
- Internetversion: Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som
<http://www.dmu.dk/Pub/TR9.pdf>

Indhold

Dansk sammenfatning	5
English summary	7
1 Indledning	9
2 Metodebeskrivelse	11
2.1 Meteorologi-, regional- og emissionsdata	11
2.2 Trafikale forudsætninger	12
2.3 Øvrige forudsætninger	12
2.4 Usikkerhed på modelberegningerne	12
3 Trin 1- Resultater med originale inputdata	13
4 Trin 2 - Resultater med opdaterede inputdata	15
5 Sammenligning mellem måleresultater og modelberegninger for perioden 2003-2011 på H.C. Andersens Boulevard	20
6 Konklusioner	22
6.1 Anbefalinger	24
7 Litteratur	25

Dansk sammenfatning

Denne rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet (DCE) præsenterer resultaterne af en sammenligning mellem målinger og modelberegninger af kvælstofdioxid (NO₂) ved ti udvalgte gadestrækninger i København. Force Technology har målt NO₂ i en fem ugers periode fra 24. oktober til 28. november 2011. DCE har foretaget modelberegningerne med Operational Street Pollution Model (OSPM) i to trin. På trin 1 ("blindtest") er modelberegningerne foretaget uden kendskab til de målte koncentrationer, og med den modelversion og de inputdata, som svarer til de tidligere foretagne modelberegninger, der er rapporteret i 2011. På trin 2 er inputdata opdateret med det formål at forstå afvigelserne mellem målte og modelbereggede koncentrationer under trin 1. Denne rapport fra DCE præsenterer kun resultaterne fra modelberegningerne og sammenligningen med måleresultater. Målingerne fra Force Technology er beskrevet nærmere i Oxbøll et al. (2011).

Projektet er finansieret af Miljøstyrelsen. Projektet er udført i samarbejde med Miljøstyrelsen, Force Technology og Københavns Kommune, der alle har medvirket ved udvælgelsen af de ti gadestrækninger. Gadestrækninger er udvalgt så de repræsenterer koncentrationsniveauer på højt, mellem og lavt niveau og således, at der indgår gader med både ensidig og tosidig bebyggelse.

Sammenligning mellem måleresultater fra DCE og Force Technology ved de to faste målestationer på H.C. Andersens Boulevard (HCAB) og Jagtvej viste god overensstemmelse mellem måleresultaterne fra Force Technology med passiv opsamling og fra AU/DCE, som anvender EU's referencemetode.

Måleresultaterne viste, at koncentrationen af NO₂ ved målestationen på HCAB ligger som den højeste blandt de udvalgte gadestrækninger. Seks ud af de ti gadestrækninger er blevet valgt, fordi modelberegningerne har vist, at de ligger blandt de ti danske gadestrækninger med de højeste koncentrationer af NO₂. Dette bekræfter, at målestationen repræsenterer en af de gadestrækninger i Danmark, hvor der er de højeste koncentrationer af NO₂.

Resultaterne fra "blindtesten" af OSPM på trin 1 viser, at OSPM er i god overensstemmelse med måleresultaterne på syv ud af de ni udvalgte gadestrækninger, når beregningerne foretages med anvendelse af originale inputdata. Modelberegningerne giver god overensstemmelse for alle udvalgte gader med tosidig bebyggelse. To gader (Sydhavnsgade og Fredensgade), hvor der er stor forskel mellem modelberegninger med originale inputdata og måleresultater, har begge ensidig bebyggelse. Der er dog også to gadestrækninger med ensidig bebyggelse, hvor modellen giver resultater i god overensstemmelse med de målte koncentrationer. Det er derfor ikke entydigt, at det gadestrækninger med ensidig bebyggelse, som er dårligere beskrevet i modellen.

Efterfølgende er der på trin 2 blevet lavet en revurdering af inputdata til modellen for at belyse årsagerne til forskellen mellem målte og modelbereggede koncentrationer af NO₂ ved Sydhavnsgade og Fredensgade. Beregninger af koncentrationen af NO₂ med revurderede inputdata viser følgende:

Der kan være betydelig usikkerhed i inputdata (gadekonfiguration, trafikmængde, køretøjs sammensætning, hastighed m.m.), og det er derfor ønskeligt at skærpe procedurerne for bestemmelsen af inputdata.

For hovedparten af gaderne giver revurdering af inputdata kun ubetydelige ændringer i den modelberegnete koncentration af NO₂. For HCAB ved målestationen og Ågade gav revurdering af inputdata henholdsvis 10 % højere og 6 % lavere koncentration. For Sydhavsgade og Fredensgade gav revurderingen betydeligt større ændringer, og det var da også for netop disse gader at der i trin 1 blev fundet de største afvigelser mellem model og måleresultater.

Med de revurderede inputdata opnås modelresultater, som er i god overensstemmelse med målte koncentrationer for otte ud af ni gadestrækninger, hvor der er foretaget målinger. Den største afvigelse ses for Sydhavns-gade, hvor modellen overestimerer med omkring 20 % i forhold til den målte koncentration. Overordnet set vurderes modellens performance til at være særdeles tilfredsstillende, når blot inputdata har en tilstrækkelig høj kvalitet.

Forskellen mellem målinger og modelresultater på Fredensgade skyldtes dårlige inputdata for gadekonfigurationen.

På Sydhavns-gade skyldtes forskel mellem målinger og modelresultater fejl i inputdata vedrørende trafik.

Det er nødvendigt at tage et vist forbehold for, at påvirkningen fra byggerier og trafikændringer omkring Rådhuspladsen giver en øget usikkerhed i forbindelse med modelberegningerne for HCAB. Derfor blev der foretaget en ekstra sammenligning mellem model og måleresultater for hele perioden fra 2003 til 2011, hvor der er foretaget målinger i forbindelse med delprogram for luft under NOVANA. Denne sammenligning viste, at det er nødvendigt at foretage en skallering af input data for denne gadestrækning for at opnå tilfredsstillende overensstemmelse mellem målinger og modelresultater. Ydermere viste sammenligning at de modelberegnete årsmiddelkoncentrationer ligger under de målte koncentrationer i 2010 og 2011, hvilket formentligt skyldes de ekstra emissioner som følge af byggerier og vejoplægninger i området omkring målestationen.

På basis af resultaterne fra projektet vurderes det, at der vil være behov for mindre forbedringer af OSPM beregninger for gadestrækninger med ensidig bebyggelse. Der bør gennemføres yderligere en målekampagne, som inkluderer flere gader med ensidig bebyggelse, herunder Nørre Søgade, hvor målingen desværre gik tabt i forbindelse med den nuværende målekampagne. Endelig bør der generelt arbejdes på at tilvejebringe bedre inputdata for trafikken.

English summary

This report from DCE - Danish Center for Environment and Energy at Aarhus University (DCE) presents results from a comparison between measurements and model calculations of nitrogen dioxide (NO₂) at ten selected street sections in Copenhagen. Force Technology has carried out the measurements of NO₂ during a few weeks period from October 24th to November 28th 2011. DCE has carried out model calculations using the Operational Street Pollution Model (OSPM) in two stages. The model calculations at stage 1 ("blind test") are carried out without knowledge about the results from the measurements. Model version and input data corresponds to those used for the most recent model calculations presented in the reports from 2011 for the routine monitoring programme and a surveillance project, respectively (Ellermann et al., 2011; Jensen et al., 2011). At stage 2 input data have been updated and revised in order to analyze the differences between measured and model calculated concentrations at stage 1. This report from AU/DCE presents only the results from the model calculations and the comparison between measurements and model results. Further details on the measurements can be found in Oxbøll, (2011).

This project is funded by the Danish Environmental Protection Agency (EPA). The project is carried out in cooperation with EPA, Force technology and Copenhagen Municipality, which all participated in the selection of the street sections. The ten street sections are selected in order to ensure that the street sections represent high, medium and low concentration levels, and the selection include street sections with both one and two sided building facades.

Comparison for the two permanent measurement stations at both H.C. Andersen's Boulevard (HCAB) and Jagtvej shows good agreement between measurements from Force Technology using passive sampling and measurements from DCE using the EU reference method.

The results from the "blind test" of OSPM at stage 1 show that the OSPM calculations are in good agreement with the measurements for seven out of nine street sections. The model results show good agreement for all street sections with two sided building facades. Large discrepancies between measurements and model results are found for two street sections (Sydhavnsgade and Fredensgade) both with one sided building facades. However, there are two other street sections with one sided building facades, where the model is in good agreement with the measurements. The discrepancies observed for Sydhavnsgade and Fredensgade are therefore not solely related to poor representation in the model of street sections with one sided building facades.

At stage 2 AU/DCE made a reevaluation of the input data in order to be able to analyze and determine the explanations for the discrepancies between measurements and model results for NO₂ at Sydhavnsgade and Fredensgade. Recalculation of the NO₂ concentrations using the improved input data lead to the following conclusions:

It is observed that input data in some cases are far from representing the “real” world. There is therefore a need for improving the quality assurance of the input data.

The modified input data on traffic and street configuration lead to insignificant changes in the calculated NO₂ concentrations for the main part of the selected street sections. For HCAB (1) and Ågade the improved input data lead to a 10 % higher and 6 % lower concentration, respectively. For Sydhavsgade and Fredensgade the improved input data lead to larger changes in the calculated concentrations. This is the streets where there are the largest difference between measurements and model calculations.

Using the modified input data, the model calculations lead to results that are in agreement with the observations for eight out of nine street sections, where measurements have been carried out. The main difference between model and measurements are at Sydhavsgade where the model calculation leads to an about 20 % higher concentration than measured. Over all the performance of the model is therefore satisfactory.

The difference between measurements and model result at Fredensgade is a result of incorrect input data concerning street configuration.

For Sydhavsgade, the difference between measurements and model result is mainly due to incorrect traffic data.

At HCAB there may be larger discrepancies due to the impacts of the construction work and the related changes in traffic on the NO₂ concentrations; Impacts on the concentrations that are not described in the model. Hence an additional evaluation of the model performance was carried out for the period 2003 to 2011. This evaluation showed that a scaling of the model input were necessary in order to obtain agreement between model and measurements for this period. Moreover, the model showed lower results than the measurements for 2010 and 2011. This may be explained by the extra contribution to the emissions due to construction work in the area around the measurement station.

Based on the results from the project it is concluded that it is necessary to make minor adjustments in the procedures used to determine the street configuration for the street sections with one sided building facades. Moreover, it would be advisable to repeat the measurements and perform model evaluation for additional street sections with one sided building facades including Nørre Søgade, where the measurements unfortunately were lost in the present campaign. Finally, it would be advisable to improve the input data for traffic in order to reduce the uncertainties related to these data.

1 Indledning

Nærværende rapport præsenterer de foreløbige konklusioner fra projektet omkring vurdering af kvaliteten af modelberegninger af kvælstofdioxid (NO₂) med Operational Street Pollution Model (OSPM). Projektet er iværksat af Miljøstyrelsen og omfatter:

Målinger af NO₂ ved 10 gadestrækninger i en fem ugers periode fra den 24. oktober til 28. november 2011. Måling af NO₂ er foretaget ved passiv opsamling efterfulgt af ekstraktion og analyse for NO₂. Måling af NO₂ er foretaget af Force Technology og er nærmere beskrevet i en prøvningsrapport (Oxbøl 2011). De passive opsamlere blev stjålet fra Nørre Søgade sidst i måleperioden, så der er ingen målinger fra denne gadestrækning.

Modelberegning af NO₂ ved hjælp af OSPM. Modelberegningerne er gennemført med samme model set-up som i årsrapporten fra NOVANA for år 2010 (Ellermann et al., 2011) og rapporten om evaluering af miljøzoner (Jensen et al., 2011). Bybaggrunds niveau er beregnet med modellerne DEHM og UBM, og gadebidraget er beregnet med OSPM. Der er regnet med aktuell meteorologi for de pågældende fem uger i 2011.

Modelberegningerne er gennemført i to trin. Trin 1 er gennemført som "blindtest", hvor DCE ikke har kendskab til måleresultaterne. På trin 1 er trafikmængder samt gadekonfiguration (gadebrede, bygningshøjder mv.) uændret i forhold til de tidligere forudsætninger. Også emissionsfaktorer er uændrede, dvs. på 2010-niveau og inkluderer effekten af miljøzonen i København og dens påvirkning af køretøjs sammensætning og emission. På trin 2 er der foretaget en opdatering af inputdata vedrørende trafik og gadekonfiguration med det formål at vurdere årsager til afvigelser mellem måle- og moderesultater.

De 10 gadestrækninger er udvalgt i samarbejde mellem Miljøstyrelsen, DCE, Force Technology og Københavns Kommune. Gaderne er udvalgt så de repræsenterer koncentrationsniveauer på højt, mellem og lavt niveau og således, at der indgår gader med både ensidig og tosidig bebyggelse. Den geografiske placering af de ti gadestrækninger er vist på Figur 1.1.



Figur 1.1. Placering af de ti gadestrækninger, hvor der er foretaget målinger og modelberegninger i forbindelse med nærværende projekt. Numrene forklares i tabel 2.1. Kilde: Kort & Matrikelstyrelsen.

2 Metodebeskrivelse

Luftkvalitetsberegninger er gennemført med samme metode som anvendt i den seneste årsrapport fra NOVANA (Ellermann et al. 2011) og ved vurdering af effekten af miljøzoner (Jensen et al. 2011). Metoden er baseret på DCE's THOR modelsystem som beskrives kort i dette afsnit. Beregningerne af fortaget for at bestemme NO₂ koncentrationer på de udvalgte gadestrækninger i perioden 24.10.2011 – 28.11.2011.

Beregningerne foregår i tre trin. Først beregnes den regionale luftforurening med Danish Eulerian Hemispheric Model (DEHM) (Christensen 1997; Brandt et al. 2001) som input til en bybaggrundsmodel. Bybaggrundsforureningen repræsenterer den generelle forurening i byerne og er beregnet med Urban Background Model (UBM) (Berkowicz 2000a). DEHM og UBM beregningerne foregår, således, at UBM modellen får input om beregnede opstrøms regionale koncentrationer time for time fra DEHM. Bybaggrunds-koncentrationerne er herefter input til gadeberegningerne, som beregnes med Operational Street Pollution Model (OSPM) (Berkowicz 2000b; Kakosimos et al. 2010). DCE's AirGIS system er blevet brugt til automatisk at generere gadegeometri og trafikinput til OSPM ud fra digitale kort, og muliggør derfor effektiv beregning for mange lokaliteter (Jensen et al. 2001, 2009a; Ketzel et al. 2011) (airgis.dmu.dk). Selv om AirGIS er grundigt testet og valideret kan den automatisk genererede gadegeometri i enkelte tilfælde være upræcis. Det anbefales, at gadegeometri testes hvis større nøjagtighed ønskes og antallet af gader er overskuelig.

2.1 Meteorologi-, regional- og emissionsdata

Der anvendes meteorologidata for den aktuelle tidsperiode i 2011 beregnet med den meteorologiske model MM5.

Emissionsdata til DEHM er baseret på en række europæiske og globale emissionsopgørelser. Yderligere detaljer om emissionsdata til DEHM kan findes i Ellermann et al. (2011).

Emissioner til UBM er baseret på en ny emissionsmodel (SPREAD model), som DCE har opstillet, og som foretager en geografisk fordeling af nationale emissioner på et 1km x 1km gitternet (Plejdrup & Gyldenkerne 2011). Denne database indeholder emissioner fra alle kilder (trafik, industri, energi mv.) men kun for 2009. Der antages at emissioner for 2009 med god tilnærmelse er repræsentative for 2011, da det ikke var muligt at fremskrive emissioner inden for det aktuelle projekt.

Trafikkens emissioner på gadeniveau bestemmes med OSPM's emissionsmodul, som er baseret på EU's emissionsmodel COPERT 4. Denne metode kræver information om bilparken og dens fordeling på køretøjskategorier, brændstoftype, og emissionsnormer. Den seneste revision af COPERT 4 er implementeret i OSPM's emissionsmodul baseret på referencen EEA (2009). Ved denne revision er der sket en yderligere underopdeling af emissionsklasserne i vægtstørrelser for busser og lastbiler i forhold til den tidligere udgave beskrevet i EEA (2007). Busser er gået fra 2 til 5 vægkategorier og lastbiler er gået fra 4 til 14 vægkategorier. Tilsvarende er ny statistik for bilparkens sammensætning på disse vægkategorier implementeret i OSPM's emissionsmodul baseret på national statistik om bilparken. Også for OSPM

antages, at emissionsfaktorer for 2010 med god tilnærmelse er repræsentative for 2011. Emissionsfaktorer tager hensyn til, at indførelsen af miljøzonen i København har ført til forandringer i alders/ EURO klasse-sammensætning af køretøjer især for tunge køretøjer. Modellen forventes at give lidt for høje koncentrationer, da emissionsfaktorerne er lidt mindre i 2011 end i 2010.

2.2 Trafikale forudsætninger

Beregninger med OSPM forudsætter, at trafikdata fra en vejstrækning beskrives ved årsdøgntrafikken (ÅDT), køretøjsfordelingen (person-, vare-, lastbiler og busser), rejsehastigheden og trafikens døgnfordeling samt koldstarts-andele.

ÅDT og køretøjsfordelingen er vurderet på baggrund af manuelle tællinger og i visse tilfælde fra maskinelle tællinger. Hastighed for trafikken er baseret på enten hastighedsmålinger eller skøn fra kommunerne. Trafikkens døgnfordeling samt koldstartsandele er baseret på standard fordelinger udviklet for den enkelte gadetype (Jensen et al. 2009b).

Trafikdata for gademålestationerne er opsummeret i Tabeller i de følgende afsnit.

2.3 Øvrige forudsætninger

Dieselandelen har været stigende de seneste år, og i den nationale statistik og fremskrivning antages det, at dieselandelen i 2010 for personbiler er 23 % og for varebiler 89 %.

For et tiår siden var den andel af NO_x (summen af NO og NO_2), der udsendes i form af NO_2 ("den direkte NO_2 fraktion"), på et niveau omkring 5-10 %. Den direkte NO_2 fraktion har været stigende de seneste år og antages at være omkring 21 % i 2010. Dette er en af grundene til, at NO_2 koncentrationen i gader ikke falder selvom emissionen af NO_x er reduceret væsentligt. Stigningen i den direkte NO_2 fraktion skyldes stigningen i dieseldrevne person- og varebiler, som er udstyret med oxidative katalysatorer, som reducerer "diesellugten" fra udstødningen, men som samtidig oxiderer NO til NO_2 . Dermed bidrager visse typer af partikelfiltre til øget direkte NO_2 udslip. Den direkte NO_2 fraktion er implementeret i OSPM's emissionsmodul med separate værdier for de enkelte køretøjskategorier og emissionsklasser.

2.4 Usikkerhed på modelberegningerne

Usikkerheden i modelberegninger for NO_2 vurderes typisk at ligge på ca. 15 %, i enkelte tilfælde dog 20-30 %. Dette fordrer, at de indgående trafikdata er tilstrækkeligt nøjagtige og at trafikken udgør den dominerende kilde. Usikkerheden gælder for langtidsmiddel over perioder af mere end 4 ugers varighed. Usikkerheden er skønnet på baggrund af en række sammenligninger af modelresultater med målinger på de 5 gadestationer inden for Delprogram for luft under NOVANA.

3 Trin 1- Resultater med originale inputdata

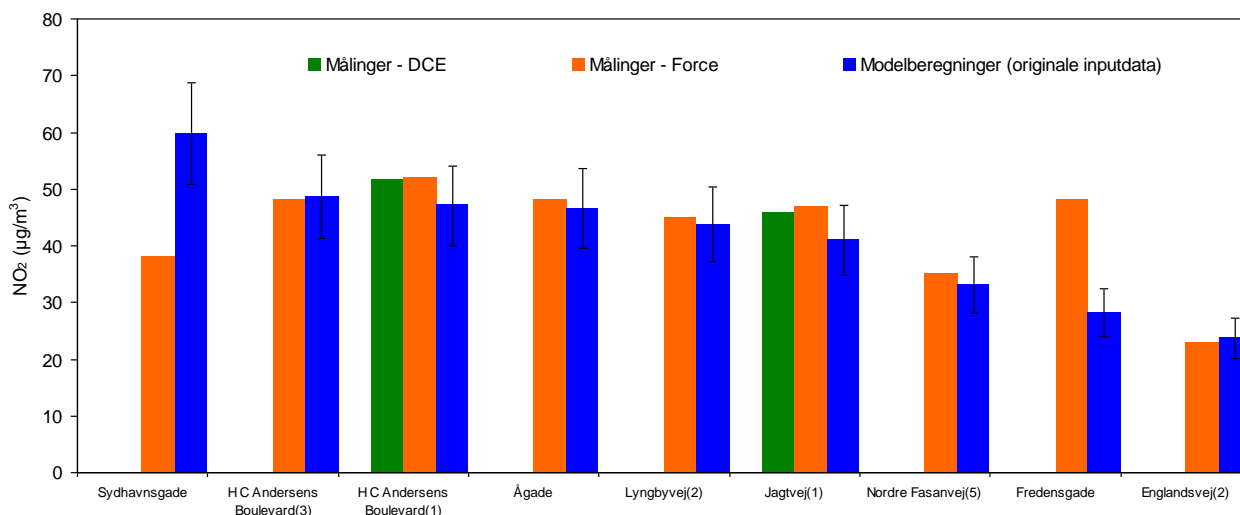
I dette afsnit præsenteres modelberegninger for opsamlingsperioden fra den 24. oktober til 28. november 2011. Fremgangsmåden ved modelberegningerne svarer til den anvendte i forbindelse med rapporterne fra 2011 (Ellermann et al., 2011; Jensen et al., 2011). Det vil sige, at der er blevet anvendt de samme versioner af modellerne, og at det er de samme inputdata vedrørende trafikintensitet, trafiksammensætning, emissionsfaktorer og gadekonfiguration. Dette sæt af inputdata betegnes i det følgende, som de originale inputdata.

Modelberegningerne på trin 1 med de originale inputdata blev gennemført inden DCE havde fået adgang til måleresultaterne fra Force Technology for de ni gadestrækninger. DCE havde dog kendskab til de målte koncentrationer af NO₂ fra målestationerne på H.C. Andersens Boulevard (HCAB) og Jagtvej. For de syv øvrige gadestrækninger var der derfor tale om en "blindtest" af modellens evne til at reproducere de målte koncentrationer med de givne inputdata.

Tabel 3.1 viser dels en række data, som beskriver de 10 udvalgte gadestrækninger og dels resultaterne fra måling og modelberegning af NO₂ med de originale inputdata. I Figur 3.1 afbildes resultaterne grafisk.

Tabel 3.1. Resultater fra måling og modelberegning (med originale inputdata) af NO₂ i perioden fra den 24. oktober til 28. november 2011 på ti udvalgte gadestrækninger (tal i parentes identificerer gadestrækningen i det tilfælde, hvor der er udvalgt flere gadestrækninger på den samme gade). Endvidere angives type af bebyggelse ved den udvalgte gadestrækning, trafikmængde som årsdøgntrafik ÅDT (2009/2010), andel af tung trafik (lastbiler og busser) og gadebredde, som anvendt i forbindelse med de tidligere modelberegninger. Nr. i 2010 angiver rangordningen af de 138 gadestrækninger med hensyn til NO₂ i 2010, hvor nr. 1 er gadestrækningen med den højeste koncentration.

Nr. i 2010	Gadestrækning	Bebyggelse	ÅDT køretøjer/- dag	Andel af tung trafik %	Gadebredde m	Målinger Force µg/m ³	Målinger DCE µg/m ³	Modelberegninger OSPM µg/m ³
1	Sydhavngade	Ensidig	48700	4,7	22	38		60
2	H C Andersens Boulevard(3)	Tosidig	52600	3,9	49	48		49
3	H C Andersens Boulevard(1)	Ensidig	58050	3,9	68	52	52	47
4	Nørre Søgade	Ensidig	28800	2,3	20			48
6	Ågade	Ensidig	57000	4,7	32	48		47
7	Lyngbyvej(2)	Tosidig	66900	2,5	28	45		44
29	Jagtvej(1)	Tosidig	23500	4,4	25	47	46	41
62	Nordre Fasanvej(5)	Tosidig	15600	6,4	18	35		33
127	Fredensgade	Ensidig	48300	3,8	65	48		28
137	Englandsvej(2)	Tosidig	15100	6,4	38	23		24



Figur 3.1. Resultater af måling og modelberegning (med originale inputdata) af NO₂ i perioden fra den 24. oktober til 28. november 2011 på de udvalgte gadestækninger. Usikkerhedsintervallet angiver den estimerede usikkerhed på 15 %. Da der ikke er målinger fra Nørre Søgade er den ikke inkluderet i figuren. DCE udfører målinger ved H.C. Andersens Boulevard (1) og Jagtvej (1).

Målingerne fra H.C. Andersens Boulevard (HCAB (1)) og Jagtvej er foretaget ved DCE's målestationer med monitører i henhold til EU's referencemetode. Af Tabel 3.1 og Figur 3.1 fremgår, at der er god overensstemmelse mellem referencemålinger udført af DCE og målingerne med passiv opsamling udført af Force Technology.

Tabel 3.1 og Figur 1.1 viser god overensstemmelse mellem måle- og modelresultater ved syv ud af ni gadestækninger. Kun for to gadestækninger er der større afvigelser. Ved Sydhavnsgade resulterer modellen i koncentrationer af NO₂, som er ca. 60 % højere end de målte koncentrationer. Hvorimod modelresultaterne for Fredensgade kun er omkring 60 % af de målte koncentrationer.

De to gader med store afvigelser mellem model- og måleresultater har begge ensidig bebyggelse. Der er dog også to gadestækninger med ensidig bebyggelse, for hvilke modellen giver resultater i god overensstemmelse med de målte koncentrationer (Ågade og H.C. Andersens Boulevard (1)). Det er derfor ikke entydigt, at det er gadestækninger med ensidig bebyggelse, som er dårligere beskrevet i modellen.

4 Trin 2 - Resultater med opdaterede inputdata

Kvaliteten af modelresultaterne for NO₂ afhænger i høj grad af kvaliteten af inputdata til modelberegningerne. Modellen er i god overensstemmelse med målingerne på syv ud af ni gadestækninger, hvilket peger på, at emissionsfaktorerne generelt er i orden, når det drejer sig om NO₂.

Forskellen mellem model og målinger for Sydhavns- og Fredensgade kunne derfor potentielt set ligge i inputdata vedrørende gadekonfiguration, trafikmængde og køretøjssammensætning for disse to gadestrækninger. Disse inputdata har generelt stor indflydelse på den beregnede koncentration af NO₂.

For at vurdere om det er fejl i inputdata for gadekonfiguration, trafikmængde og/eller trafiksammensætning, som er skyld i afvigelserne for Sydhavns- og Fredensgade, har DCE lavet en revurdering af disse inputdata og foretaget en ny serie modelberegninger med disse opdaterede inputdata for alle ti udvalgte gadestrækninger. Resultaterne heraf beskrives i dette afsnit. Først beskrives effekten af at opdatere gadekonfigurationen, og derefter tilsvarende effekten af at opdatere trafikmængder og køretøjssammensætning.

Tabel 4.1 viser originale samt opdaterede gadebredder og bygningshøjder. De originale data er bestemt ved algoritmerne i AirGIS, mens de opdaterede data er bestemt manuelt ud fra luftfoto samt foto taget under besigtigelse af de 10 gadestrækninger. For langt de fleste af de ti gadestrækninger er der ingen eller kun meget små ændringer. De mest betydningsfulde ændringer i inputdata optræder for de ensidigt bebyggede gader HCAB (1) og Fredensgade, hvor gadebredderne var for store i de oprindelige inputdata baseret på AirGIS. Forklaringen er, at det ved gader med ensidig bebyggelse ikke altid er entydigt, hvortil gaden går i den side, hvor der ikke er huse. Derfor er der usikkerhed ved de algoritmer, som automatisk beregner gadebredde i AirGIS for denne type gadegeometri.

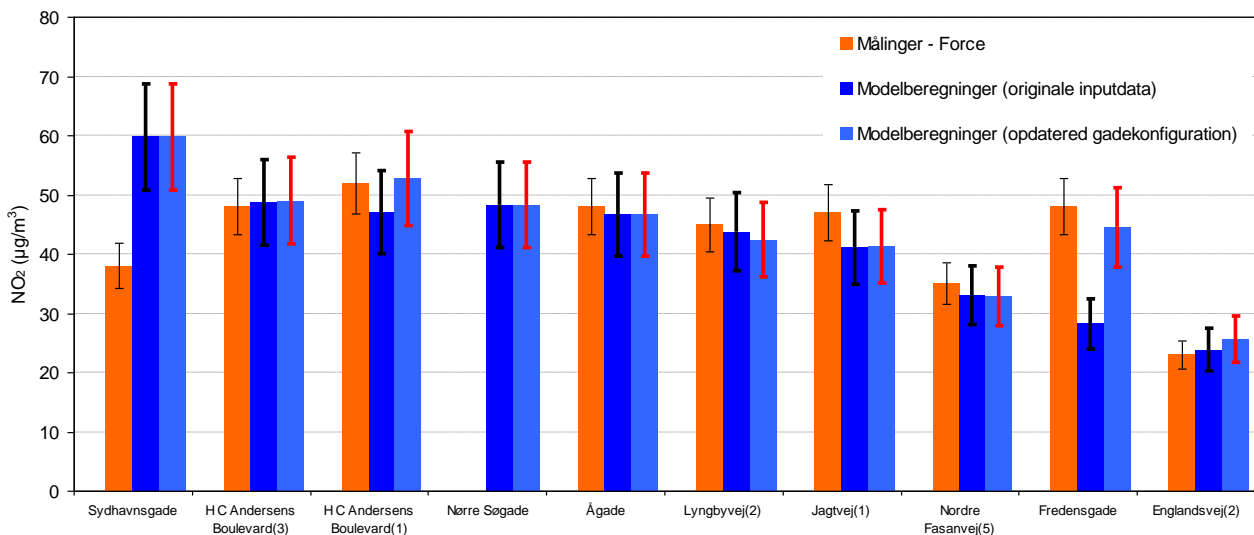
Desuden er der ændringer i bygningshøjder på HCAB (1+3), Lyngbyvej, Englandsvej og Fredensgade, mens opdateringen ikke gav anledning til ændringer på de øvrige gadestrækninger. Størst forskel er der for Fredensgade, hvor den generelle højde fejlagtigt var sat til 0 meter, og hvor den mere korrekt burde have været sat til 14 meter. Den generelle højde beskriver den gennemsnitlige højde af husene i gadestrækningen, mens afvigelser fra den gennemsnitlige højde beskrives via en række undtagelser fra den generelle højde, som i modellen beskriver varierende højder eller "huller" mellem husene på gadestrækningen. Sådan som OSPM er konstrueret er den generelle bygningshøjde imidlertid bestemmende for opholdstiden i gaden, og det er således ikke uden betydning om bygningskonfigurationen er bestemt ved undtagelser og den generelle bygningshøjde er dårligt fastlagt.

Figur 4.1 viser resultaterne fra modelberegningerne med de opdaterede inputdata. Den største ændring (stigning på omkring 70 %) ses for Fredensgade, hvor der blev to større ændringer i gadekonfiguration (gadebredde og generelle bygningshøjde). For de andre gadestrækninger med ændringer er der maks. omkring 12 % stigning i koncentration, som følge af de opdaterede inputdata for gadekonfigurationen.

Tabel 4.1. Gadebredde og den generelle bygningshøjde i meter, både de originale inputdata bestemt med AirGIS og opdaterede inputdata baseret på luftfoto og foto taget under besigtigelse af de 10 gadestrækninger. Nr. i 2010 angiver rangordningen af de 138 gadestrækninger med hensyn til NO₂ i 2010, hvor nr. 1 er gadestrækningen med den højeste koncentration.

*Den generelle bygningshøjde var defineret med 0 og bygninger som undtagelser herfra

Nr. i 2010	Gadestrækning	Bebyggelse	Gadebredde		Højde fra AirGIS	Højde fra Foto
			Gadebredde fra AirGIS	fra Luftfoto / kort		
1	Sydhavnsgade	Ensidig	22	22	17,4	17
2	H C Andersens Boulevard(3)	Tosidig	49	44	21,9	17
3	H C Andersens Boulevard(1)	Ensidig	68	50	21,8	30
4	Nørre Søgade	Ensidig	20	20	18,9	19
6	Ågade	Ensidig	32	32	15,1	15
7	Lyngbyvej(2)	Tosidig	28	28	10,9	13
29	Jagtvej(1)	Tosidig	25	25	21,9	22
62	Nordre Fasanvej(5)	Tosidig	18	18	16	16
127	Fredensgade	Ensidig	65	30	0 (13,9)*	14
137	Englandsvej(2)	Tosidig	38	38	5,7	10



Figur 4.1. Resultater af målinger og modelberegninger (med originale inputdata og med opdateret gadekonfiguration) af NO₂ i perioden fra den 24. oktober til 28. november 2011 på de udvalgte gadestrækninger. Usikkerhedsintervallet angiver den estimerede usikkerhed på 15 %.

Tabel 4.2 viser trafikdata, som tidligere leveret af Københavns Kommune i forbindelse med Miljøzoneprojektet (Jensen et al. 2011) samt opdateringer og nyere tal for 2011. De nye tal er baseret på de mest repræsentative tællestationer, som Københavns Kommune har for de udvalgte gadestrækninger. Trafiktællingerne er baseret på manuelle tællinger. Der er en generel tendens til fald i trafikintensiteten i 2011 set i forhold til de tidligere anvendte tal. Med hensyn til tungtrafikandelen ses et lidt mere blandet billede, hvor andelen er faldet på syv af gaderne og steget på to af gaderne.

Den største ændring er fundet for Sydhavnsgade, hvor inputdata for trafikmængder og sammensætning i de originale inputdata stammer fra et ikke repræsentativt trafikmålested, som har tydeligt mere trafik end der forventes på målestedet. I de originale inputdata er der blevet anvendt en ÅDT på 48.700, mens DCE's bedste skøn ligger på en ÅDT på 20.000-30.000 køretøjer per dag. Dette skøn er foretaget på basis af trafiktællingerne fra Københavns Kommune.



Figur 4.2. Modelberegningspunkt og målepunkt ved Sydhavnsgade er angivet med den røde cirkel, mens placering af originalt trafiktællested er angivet med lyseblå cirkel.

Der er en vis usikkerhed omkring trafikmængder og sammensætning, da tællinger kun er foretaget i tolv timer (kl. 7-19) på en enkelt dag, men til gengæld varierer trafik relativt forudsigeligt, så det er muligt at opnå relativt sikre skøn af ÅDT selv ud fra korte målinger. Også placering af trafiktællested er ikke altid repræsentativt for de udvalgte gadestrækninger. Det ville have været mere optimalt med trafikmålinger på præcis de steder, hvor der måles NO_2 . Samtidigt hermed skulle trafiktællingerne foretages over en længere periode for at minimere usikkerheden. Dette er desværre omkostningsfuldt og har derfor ikke været muligt indenfor rammerne af dette projekt.

På HCAB (1) og Jagtvej blev der i slutning af 2003 foretaget detaljerede trafiktællinger (24 timer på hverdag samt 12 timer i weekenden) i forbindelse med tidligere projekter. Tællingerne blev foretaget tæt ved de permanente luftmålesteder, hvilket er med til at gøre disse trafikdata mere pålidelige. Til brug for modelberegningerne for 2011 er der derfor lavet en fremskrivning af tallene fra 2003 til 2011.

Hastighed har også betydning for udledningerne fra trafikken, men det har ikke været muligt at revurdere inputdata for hastigheden i forbindelse med det nuværende projekt.

Tabel 4.3 og Figur 4.3 viser resultater fra modelberegninger med ændrede trafikdata. Den største ændring findes på Sydhavnsgade på grund af den store reduktion i trafikmængder for denne gade. Også på HCAB (3), Ågade og Fredensgade reduceres NO_2 koncentrationen, men dog kun i mindre omfang.

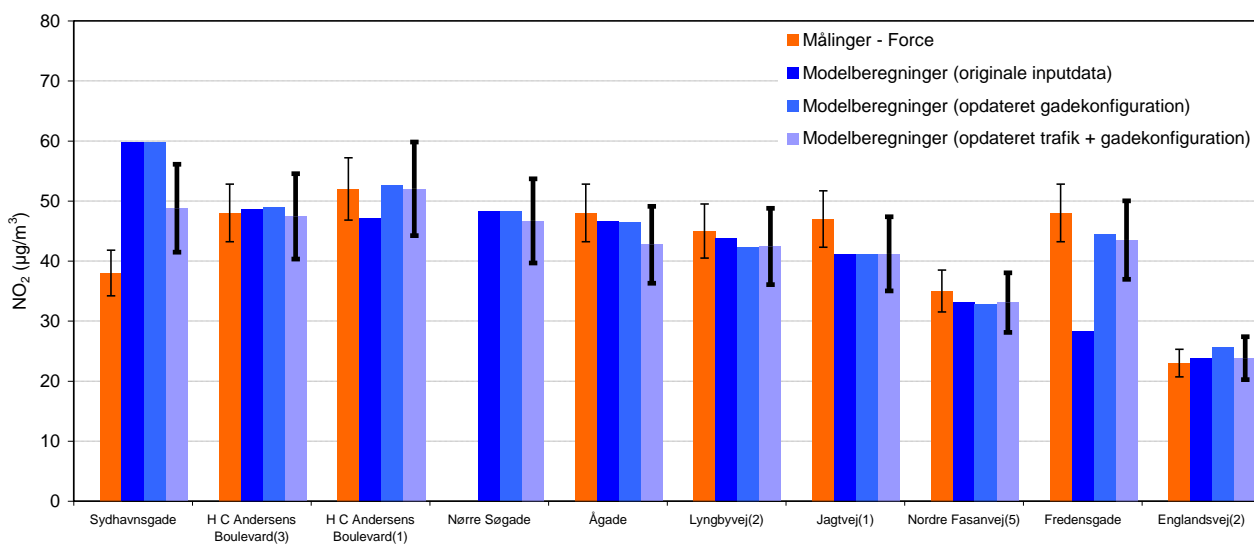
Tabel 4.2. Årsdøgntrafik (ÅDT), tungtrafikandel i % og gennemsnitlig rejsehastighed. Værdier fra 2009er baseret på information fra Københavns Kommune i forbindelse med miljøzonestrategiprojektet og gælder generelt for 2009/2010. Værdier for 2011 er baseret på de seneste trafiktællinger fra kommunen i 2011, undtagen for Jagtvej og HCAB, hvor data er baseret på en fremskrivning af manuelle tællinger fra 2003. I de tilfælde, hvor trafiktallene er af ældre dato angives årstallet i parentes. Nummer for trafikmålested er givet i sidste kolonne. Nr. i 2010 angiver rangordningen af de 138 gadestrækningerne med hensyn til NO₂ i 2010, hvor nr. 1 er gadestrækningen med den højeste koncentration.

Nr. i 2010	Gadestrækning	Hastighed (km/h)	Tungandel		ÅDT (veh/d) 2011	Tungandel (%) 2011	Nr. trafik tælling
			ÅDT (veh/d) 2009	(%) 2009			
1	Sydhavnsgade	41	48.700	4,7	25.000 (45.700)*	4,4	(37)*
2	H C Andersens Boulevard(3)	41	52.600	3,9	48.200	3,5	1
3	H C Andersens Boulevard(1)	45	58.050	3,9	51.500	4,7	
4	Nørre Søgade	41	28.800	2,9	27.000	2,3	170
6	Ågade	51	57.000 (2007)	4,7	47.000	2,9	515
7	Lyngbyvej(2)	51	66.900 (2008)	2,5	65.600 (2010)	2,9	31
29	Jagtvej(1)	43	23.500	3,1	23.500	3,1	
62	Nordre Fasanvej(5)	40	15.600 (2007)	6,4	17.100 (2010)	5,1	912
127	Fredensgade	51	48.300	3,8	45.000	3,7	69
137	Englandsvej(2)	51	15.100 (2008)	6,4	13.200	2,5	8

*For Sydhavnsgade er trafikmålested Nr.37 på Sjællandsbroen ikke repræsentative (45.700 køretøjer per dag), der blev derfor lavet en skøn på en mere realistisk trafikmængde.

Tabel 4.3. Resultater fra måling og modelberegning med originale inputdata og med opdaterede gadekonfiguration, samt med opdaterede trafikmængder af NO₂ i perioden fra den 24. oktober til 28. november 2011 på de udvalgte gadestrækninger (tal i parentes identificerer gadestrækningen i det tilfælde, hvor der er udvalgt flere gadestrækninger på den samme gade). På HCAB (1) og Jagtvej (1) foretages der ikke beregninger med ændret trafik, da der foreligger trafiktællinger tæt ved målestedet. Nr. i 2010 angiver rangordningen af de 138 gadestrækningerne med hensyn til NO₂ i 2010, hvor nr. 1 er gadestrækningen med den højeste koncentration.

Nr. i 2010	Gadenavn	Målinger FORCE	Modelberegning		
			Modelberegning Originale Input	Modelberegning med ændret Geometri	Modelberegning med ændret Trafik + Geometri
1	Sydhavnsgade	38	59,7	59,7	48,8
2	H C Andersens Boulevard(3)	48	48,7	48,9	47,4
3	H C Andersens Boulevard(1)	52	47,1	52,7	52,0
4	Nørre Søgade		48,2	48,2	46,7
6	Ågade	48	46,5	46,5	42,7
7	Lyngbyvej(2)	45	43,8	42,4	42,4
29	Jagtvej(1)	47	41,1	41,2	41,2
62	Nordre Fasanvej(5)	35	33,1	32,8	33,1
127	Fredensgade	48	28,2	44,5	43,5
137	Englandsvej(2)	23	23,8	25,6	23,8



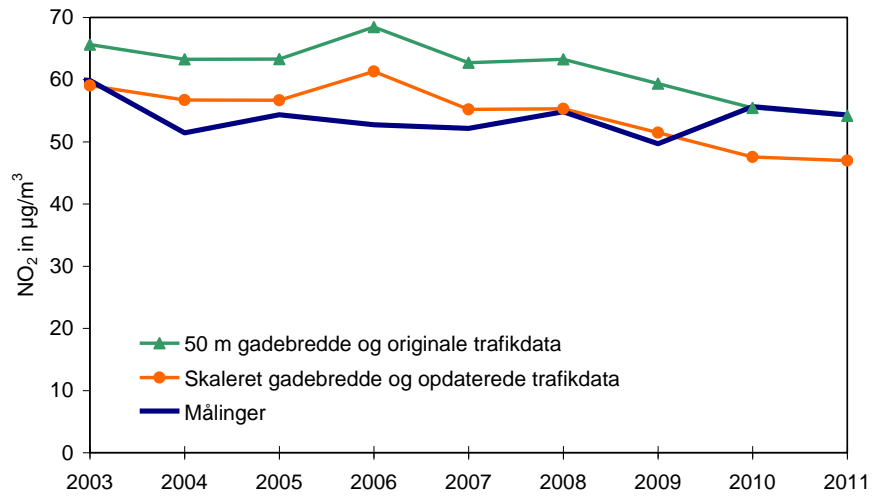
Figur 4.3. Resultater fra måling og modelberegning (med originale inputdata og med opdaterede gadekonfiguration, samt med opdaterede trafikmængder) af NO₂ i perioden fra den 24. oktober til 28. november 2011 på de udvalgte gadestækninger. Usikkerhedsintervallet angiver den estimerede usikkerhed på 15 %.

5 Sammenligning mellem måleresultater og modelberegninger for perioden 2003-2011 på H.C. Andersens Boulevard

I måleperioden fra den 24. oktober til 28. november 2011 har der formentlig været et ekstra bidrag til udledningerne af NO_x i området omkring HCAB som følge af byggerierne og vejoplæggningerne i nærheden af målestationen (Ellermann et al., 2011). Dette vil føre til forhøjede koncentrationer af NO_2 i måleperioden. Disse ekstra udledninger fra entreprenørmaskiner og ændret vejtrafik har det ikke været muligt at kvantificere og det har derfor heller ikke været muligt at inkludere de ekstra udledninger i de ovenfor præsenterede modelberegninger for HCAB.

Der er derfor lavet en sammenligning mellem måleresultater og modelberegninger for perioden fra 2003-2011 for at vurdere om de nye opdaterede inputdata (gadekonfiguration og vejtrafik) giver den bedst mulige sammenhæng mellem måleresultater og modelberegninger set over en længere tidsperiode. I Figur 5.1 sammenlignes de målte koncentrationer med modelberegninger udført med den modificerede gadekonfiguration (50 m gadebredde) og de originale trafikinputdata (58.050 køretøjer per døgn og 3,9 % tung trafik). I perioden fra 2003 til 2009 ligger de modelberegnete årsmiddelkoncentrationer 5-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ over de målte koncentrationer. I denne periode var der ikke problemer med ekstraordinære udledninger af NO_x grundet byggerier og omlægning af vejtrafik. Dette peger på, at den opdaterede gadekonfiguration giver anledning til en systematisk overestimering af de beregnede koncentrationer for HCAB når der laves en modevaluering baseret på en længere tidsperiode og ikke kun anvender måleresultater fra den fem ugers målekampagne.

For at opnå en bedre sammenhæng mellem målte og beregnede årsmiddelkoncentrationer set over hele perioden fra 2003 til 2011 er der derfor blevet lavet en simpel empirisk skalering af modelberegningerne for HCAB ved at benytte en modelgadebredde på 60 m i stedet for de faktiske 50 m. Figur 5.1 viser de beregnede årsmiddelkoncentrationer med gadebredde på 60 m, hvor der samtidigt er foretaget en mindre opdatering af trafikdata (51.500 køretøjer per døgn og 4,7 % tung trafik). Med gadebredde på 60 m og de nyeste trafikdata fås en god overensstemmelse mellem målinger og modelberegninger for perioden fra 2003 til 2009 og navnlig er der god overensstemmelse for 2008 og 2009, hvor trafikdata har en bedre kvalitet end for den første del af perioden. I 2010 og 2011 giver modellen for lave koncentrationer set i sammenligning med målingerne, hvilket formentlig skyldes de ekstraordinære udledninger fra byggerier og vejoplæggninger i nærheden af målestationen.



Figur 5.1. Sammenligning mellem målte og modelberegnete årsmiddelkoncentrationer for NO₂ for perioden fra 2003 til 2011 på HCAB.

6 Konklusioner

Ved AU/DCE's to målestationer er der god overensstemmelse mellem målinger med passiv opsamling fra Force Technology og målinger fra DCE ved anvendelse af EU-referencemetoden.

Måleresultaterne viste, at koncentrationen af NO₂ ved målestationen på HCAB ligger som den højeste blandt de udvalgte gadestrækninger. Seks ud af de ti gadestrækninger er blevet valgt, fordi modelberegningerne har vist, at de ligger blandt de ti danske gadestrækninger med de højeste koncentrationer af NO₂. Dette bekræfter at målestationen repræsenterer en af de gadestrækninger i Danmark, hvor der er de højeste koncentrationer af NO₂.

Konklusionerne fra "blindtesten" af OSPM med brug af originale inputdata (Trin 1) er følgende:

Modelberegningerne af NO₂ med OSPM er i god overensstemmelse med måleresultaterne for syv ud af ni udvalgte gadestrækninger når der anvendes originale inputdata. For to af gadestrækningerne er der relativt stor forskel mellem måle- og modelresultater.

Modelberegningerne giver gode resultater for alle de udvalgte gader med tosidig bebyggelse.

De to gader (Sydhavnsgade og Fredensgade), hvor der er stor forskel mellem model med originale inputdata og måleresultater, har ensidig bebyggelse. Der er dog også to gadestrækninger med ensidig bebyggelse, hvor modellens resultater i god overensstemmelse med de målte koncentrationer. Det er derfor ikke entydigt det er gadestrækninger med ensidig bebyggelse, som er dårligere beskrevet i modellen.

Efterfølgende blev der lavet en revurdering af inputdata til modellen for at kunne vurdere årsagerne til forskellene mellem målte og modelberegnete koncentrationer af NO₂ ved Sydhavnsgade og Fredensgade. Genberegninger af koncentrationen af NO₂ med de revurderede inputdata (Trin 2) gav følgende konklusioner:

Revurdering af inputdata for gadekonfiguration, trafikmængde og sammensætning viser, at der kan være betydelige fejl i inputdata, og at det vil være ønskeligt at skærpe procedurerne for bestemmelsen af inputdata.

Revurdering af inputdata for gadekonfiguration, trafikmængde og sammensætning gav for seks ud af de 10 gader kun anledning til ubetydelige ændringer i den modelberegnete koncentration af NO₂. For HCAB (1) og Ågade gav revurdering af inputdata henholdsvis 10 % højere og 6 % lavere koncentration. For Sydhavnsgade og Fredensgade gav revurderingen betydeligt større ændringer, hvilket er i overensstemmelse med, at det netop er for disse gader, at der er størst forskel mellem model resultater og målinger.

Med de revurderede inputdata giver modellen resultater, som er i overensstemmelse med de målte koncentrationer for syv ud af de ni gadestrækninger, hvor der er foretaget målinger. For Sydhavnsgade giver modellen en omkring 20 % overestimering i forhold til den målte koncentration. Over-

ordnet set vurderes modellens performance til at være særdeles tilfredsstillende, når blot inputdata har en tilstrækkelig høj kvalitet.

På Fredensgade gav OSPM resultater, som kun var 60 % af den målte koncentration med originale inputdata. Revurdering af inputdata viste, at der er anvendt en for stor gadebredde i de originale beregninger, og at den generelle bygningshøjde er forkert fastlagt i input data til modelberegningerne. Med de revurderede inputdata blev der opnået en god overensstemmelse mellem målinger og modelberegninger for Fredensgade.

På Sydhavnsgade gav OSPM koncentrationer, som er omkring 60 % højere end den målte koncentration med de originale inputdata. Revurdering af inputdata for trafik viste, at der i trafikdata fra Københavns Kommune er angivet en for stor trafikmængde (48.700 køretøjer per dag) ved den valgte gadestrækning, hvor der er foretaget målinger og modelberegninger. DCE skønner, at trafikmængden burde være omkring 20.000-30.000 køretøjer pr. dag (25.000 er anvendt i beregningerne). Med de forbedrede trafikdata ses et markant fald i den modelberegnete koncentration af NO₂, således at modellen kun overestimerer NO₂ med omkring 20 %. Der er derfor sket en klar forbedring af overensstemmelsen mellem målinger og model for Sydhavnsgade, men der bør fortsat arbejdes på at forstå den resterende afvigelse mellem målinger og model resultater. Dette er navnlig vigtigt fordi modelberegningerne viser, at koncentrationen af NO₂ formentligt vil overskride grænseværdien, mens målingerne fra Force Technology indikerer, at grænseværdien formentligt ikke vil være overskredet.

Det vurderes, at for lav kvalitet på inputdata for trafikmængde, sammensætning og hastighed er blandt de vigtigste årsager til usikkerhed i modelresultaterne. Dette skydes dels, at der ikke er sammenfald mellem model- og målesteder og placeringerne af trafiktællestederne, og dels usikkerhed på trafiktællingerne.

For HCAB er der foretaget en udvidet modelsammenligning, hvor vi har sammenlignet målte og modelberegnete årsmiddelkoncentrationer for perioden fra 2003 til 2011. Denne sammenligning viser systematiske forskelle mellem målinger og model når de under trin 2 angivne inputdata for gadekonfiguration og trafik anvendes. For HCAB er der derfor foretaget en simpel skalering af inputdata vedrørende gadekonfiguration, således at der er god overensstemmelse mellem målinger og modelresultater for perioden fra 2003 til 2009. I 2010 og 2011 giver modellen for lave årsmiddelkoncentrationer sammenholdt målingerne ved HCAB, hvilket formentligt skyldes ekstraordinære udledninger i forbindelse med byggerierne og vejoplægningerne nær målestationen. Det er disse inputdata for trafik og gadekonfiguration for HCAB, som vil blive anvendt i forbindelse med den årlige rapportering under NOVANA og i projektet med scenarieberegninger af Ren luft zonerens betydning for koncentrationen af NO₂ (Jensen et al., 2012).

Afslutningsvis skal det bemærkes, at det er nødvendigt at tage et vist forbehold for, at byggerierne og trafikændringerne omkring Rådhuspladsen giver en øget usikkerhed i forbindelse med modelberegningerne for HCAB.

6.1 anbefalinger

På basis af resultaterne fra projektet vurderes det, at der er behov for mindre forbedringer af OSPM med hensyn til modelberegninger for gadestrækninger med ensidig bebyggelse. Dette drejer sig om forbedring af proceduren, som anvendes til at bestemme gadebredde for ensidige gader i AirGIS og forbedring af den måde, som hushøjderne beskrives i OSPM.

Det er ønskeligt med endnu en målekampagne, som inkluderer flere gader med ensidig bebyggelse, herunder Nørre Søgade, hvor målingen desværre gik tabt i forbindelse med den nuværende målekampagne. Målet med den opfølgende målekampagne er at skaffe den nødvendige målemæssige baggrund for at kunne forbedre OSPM i relation til den ensidige bebyggelse og for efterfølgende at kunne dokumentere effekten af forbedringerne.

Der bør arbejdes på at skaffe bedre inputdata for trafik:

I forbindelse med nye modelberegninger med OSPM bør modelpunkterne placeres, så der er sammenfald med trafiktællestederne eller trafiktællestederne bør flyttes, så der kommer sammenfald med modelpunkterne. I forbindelse med den kommende årlige rapportering under NOVANA vil AU/DCE vurdere mulighederne for at få bedre sammenfald mellem modelpunkterne og trafiktællestederne for de 138 københavnske gadestrækninger, som indgår i modelberegningerne under NOVANA.

Der bør etableres trafiktællinger ud for målestationerne på Jagtvej og HCAB.

Trafiktællingerne bør dække en længere tidsperiode, så usikkerheden på trafiktællingerne nedsættes.

Det har ikke været muligt inden for dette projekt at foretage en revurdering af inputdata for køretøjernes hastighed. Dette bør gøres for at mindske usikkerheden på udledningerne fra køretøjerne.

7 Litteratur

Berkowicz, R. 2000a. A Simple Model for Urban Background Pollution. *Environmental Monitoring and Assessment* Vol. 65, Issue 1/2, pp. 259-267.

Berkowicz, R. 2000b. OSPM - A parameterised street pollution model, *Environmental Monitoring and Assessment*, Volume 65, Issue 1/2, pp. 323-331.

Brandt, J., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Palmgren, F., Berkowicz, R., Zlatev, Z. (2001): Operational air pollution forecasts from European to local scale. *Atmospheric Environment*, Vol. 35, Sup. No. 1, pp. S91-S98, 2001.

Christensen, J.H. (1997): The Danish Eulerian Hemispheric Model - a three-dimensional air pollution model used for the Arctic. *Atmospheric Environment.*, 31, 4169-4191.

EEA (2007): EMEP/CORINAIR Atmospheric Emissions Inventory Guidebook 2007. Methodology for the calculation of exhaust emissions. Road Transport. Version 6.0 August 2007. COPERT 4. European Environmental Agency. 105 p.

EEA (2009): EMEP/EEA emission inventory guidebook 2009. Passenger cars, light-duty trucks, heavy-duty vehicles including buses and motor cycles. 128p.

Ellermann, T., Nordstrøm, C., T., Brandt, J., Christensen, J., Ketzel, M. & Jensen, S.S. (2011): The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2010. National Environmental Research Institute, University of Aarhus. NERI Technical Report No. 836. <http://www.dmu.dk/Pub/FR836.pdf>.

Jensen, S. S., Berkowicz, R., Hansen, H. S. and 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* 6, 229-241.

Jensen, S. S., Larson, T., Deepti, K. C. and Kaufman, J. D. (2009a): Modeling traffic air pollution in street canyons in New York City for intra-urban exposure assessment in the US Multi-Ethnic Study of atherosclerosis and air pollution. *Atmospheric Environment* 43, 4544-4556.

Jensen, S.S., Hvidberg, M., Petersen, J., Storm, L., Stausgaard, L., Hertel, O. (2009b): GIS-baseret national vej- og trafikdatabase 1960-2005 (GIS-based National Road and Traffic Database 1960-2005). Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, Roskilde. 73 s. Faglig rapport nr. 678, 2009. <http://www2.dmu.dk/Pub/FR678.pdf>

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

Kakosimos K.E., Hertel O., Ketzel M. and Berkowicz R. (2010): Operational Street Pollution Model (OSPM) - a review of performed validation studies, and future prospects. *Environmental Chemistry*, 7, 485-503.

Ketzel, M., Berkowicz, R., Hvidberg, M., & Jensen, S. S. (2011): Evaluation of AirGIS: a GIS-based air pollution and human exposure modelling system. *International Journal of Environment and Pollution*, 47(1/2/3/4), 226-238.

Oxbøl, A. (2011): Luftkvalitetsmålinger for NO₂. Prøvningsrapport nr. 4944-01 udarbejdet af FORCE Technology, Brøndby, Denmark, November 2011.

Plejdstrup, M.S. & Gyldenkerne, S. 2011: Spatial distribution of emissions to air - the SPREAD model. National Environmental Research Institute, Aarhus University, Denmark. 72 pp. - NERI Technical Report no. FR823. <http://www.dmu.dk/Pub/FR823.pdf>

[Tom side]

SAMMENLIGNING AF NO₂ MÅLINGER OG OSPM BEREKNINGER FOR 10 GADESTRÆKNINGER I KØBENHAVN

Denne rapport præsenterer resultaterne af en sammenligning mellem målinger og modelberegninger af kvælstofdioxid (NO₂) ved ti udvalgte gadestrækninger i København. Force Technology har målt NO₂ i en fem ugers periode fra 24. oktober til 28. november 2011. Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet (AU/DCE) har foretaget modelberegningerne med Operational Street Pollution Model (OSPM) i to trin. På trin 1 er modelberegningerne foretaget uden kendskab til de målte koncentrationer og med den modelversion og de inputdata, som svarer til tidligere foretagne modelberegninger rapporteret i 2011. Sammenligningen viser, at modellen generelt giver resultater, som er i god overensstemmelse med målingerne. Undtagelsen er resultaterne for to gadestrækninger (Sydhavns-gade og Fredensgade). På trin 2 er inputdata opdateret med det formål at forstå afvigelserne mellem målte og modelberegnete koncentrationer under trin 1. Resultaterne af trin 2 viser, at afvigelserne for Sydhavns-gade hovedsageligt skyldes fejl i trafikdata, mens det for Fredensgade er unøjagtige data for gadekonfigurationen, som er årsag til afvigelserne mellem målinger og modelresultater.