

Analyse af emissionsfaktorer og deres anvendelse ved beregning af luftforurening fra vejtrafik

Morten Winther, Systemanalyseafdelingen, Danmarks Miljøundersøgelser

Abstract

A comparative study was made on emission factors from different emission models focused on gasoline ECE 15/04 and catalyst cars with engine sizes between 1.4 and 2 litres. CO, VOC and NO_x emissions was evaluated from three models: COPERT II, German Workbook, the DTU model and Danish measurements. In addition, it was examined, if a reduced catalyst efficiency at high speeds in the DTU model, causing increased emissions, could be verified. The result of using the different models for macro-scale emission calculations was illustrated with an emission calculation example for the two vehicle types.

For catalyst cars at high speeds, the CO, VOC and NO_x emission factors in COPERT II indicated a reduced catalyst efficiency, but this tendency was not verified by the Danish measurements. Only in the case of NO_x, the German Workbook factors suggested a reduced catalyst efficiency. The emission factors varied between the models. Stemming from this difference, the computed total CO emissions were 50 to 75 % higher in the DTU model, compared with the other models. The Danish VOC and NO_x total emissions were about 40 and 50 % lower, respectively, than the emissions obtained with the other models.

Indledning

I stigende grad fokuseres på de gener som trafikken påfører mennesker og natur. Luftforureningen fra vejtrafikens køretøjer udgør i den forbindelse et alvorligt problem, der ønskes løst af miljø- og sundhedsmæssige grunde. I de seneste år er der gennemført mange emissionsmålinger både i Europa og i resten af verden. Målingerne udgør et solidt grundlag ved fastlæggelse af emissionsdirektiver og ved udviklingen af emissionsmodeller iøvrigt.

I Danmark er der et behov for konsistente og repræsentative emissionsmodeller, der kan give pålidelige emissionsresultater på forskellige niveauer. Nationale totalemissioner skal beregnes i henhold til vedtagne konventioner og desuden er der brug for modeller til VVM redegørelser og i forskellige trafikforskningsprojekter.

Den europæiske emissionsmodel COPERT II (Computer Programme to calculate Emissions from Road Traffic), bliver i Danmark brugt til at beregne de totale emissioner på årsbasis (Ahlvik et al., 1997). Emissionsfaktorerne bag COPERT II bruges også på mindre skala i VVM redegørelser og ved beregningen af miljøbelastningen i trafikmodeller.

Med støtte fra UBA (UmweltBundesAmt) i Tyskland og BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) i Schweiz er yderligere en emissionsmodel udviklet. Modellen, German Workbook, er udformet som en emissionsdatabase for vejtrafikken, der kan beregne emissionsfaktorer i forskellige trafiksituationer (Keller et al., 1995). Hensigten med modellen er at fastlægge emissionsfaktorer til brug for lokale og regionale emissionsberegninger.

En dansk emissionsmodel er udviklet på DTU (Danmarks Tekniske Universitet) af Sorenson og Schramm (1992). Modellen benyttes mest i offentligt regi til at vurdere emissionsbelastningen ved trafikomlægninger. Også danske målinger af benzinpersonbilers emissioner er udført, jf. Hansen og Winther (1993) og Hansen et al. (1995).

I Zacharadis (1996) blev foretaget en sammenligning mellem emissionsfaktorer for varmstart, hentet fra henholdsvis COPERT 90, den tidligere version af COPERT II, og beregnet med WB ud fra dens trafiksituationer. De to modellers emissionsfaktorer blev optegnet på kurver for CO, VOC, NO_x og partikler. Kurverne blev vist for forskellige motorstørrelser for ECE 15/04 biler og katalysatorbiler samt dieslbiler. Samlet set var der en god overensstemmelse mellem de to modellers emissionsfaktorer.

Siden denne sammenligning blev udført, er en ny version af COPERT, COPERT II frigivet. En ændring i den nye modelversion er, at opdaterede emissionsfaktorer for katalysatorbiler er indbygget i modellen på et 1994 niveau. Arbejdet af Zacharadis (1996), de danske emissionsmålinger og brugen af DTU og COPERT modellen i Danmark gør det relevant at sammenligne emissionsfaktorer i nærværende arbejde.

I sammenligningen inddrages varme CO, VOC og NO_x emissionsfaktorer fra COPERT II, Workbook, DTU modellen og det danske måleprogram og eventuelle forskelle forklares, hvor det er muligt. Emissionsfaktorerne repræsenterer ECE 15/04 biler og katalysatorbiler med motorstørrelser mellem 1,4 og 2 l. Den første køretøjskategori indeholder nyere konventionelle benzinbiler med første registreringsdato i Danmark mellem 1. januar 1986 og 1. oktober 1990 og katalysatorbilerne er EURO I biler (registreret efter 1. oktober 1990).

Det undersøges også om en nedsat katalysatorvirkningsgrad ved høje hastigheder, som DTU modellen foreslår, kan eftervises af de andre modeller. Endeligt vurderes indflydelsen på de samlede emissioner når forskellige modeller bruges i en totalberegning. I eksemplet beregnes de fire modellers varme emissioner ved typiske hastigheder i by på land og motorvej.

I forbindelse med arbejdet rettes en tak til Zissis Samaras, Leonidas Ntziachristos og Theodoros Zachariadis fra LAT (Laboratory of Applied Thermodynamics) ved Aristotle University Thessaloniki og Spencer Sorenson ved Institut for Energiteknik på Danmarks Tekniske Universitet for fremsendelsen af data fra hhv. COPERT og Workbook samt DTU modellen.

Modeller

Måleprogrammet bag German Workbook indeholder emissionsmålinger på 69 katalysatorbiler og 14 ECE 15/04 biler med motorstørrelser mellem 1,4 og 2 l. Emissionerne bliver målt kontinuert ud fra Den nye europæiske kørecyklus, US FTP 75, "Highway cycle" og "Autobahn cycle". Samtidig registreres de øjeblikkelige hastigheder og accelerationer.

Ud fra de øjeblikkelige emissioner og sammenhørende hastigheder/accelerationer opstilles emissionsfunktioner. Emissionsfaktorer kan herefter beregnes for givne køremønstre. Trafiksituationer er herefter defineret som dele af køremønstre og emissionsfaktorer for disse beregnes som en vægtet sum af køremønstrenes emissionsfaktorer.

Emissionsfaktorerne bag COPERT II modellen stammer fra en omfattende mængde posemålinger af emissioner fra varierende køremønstre udført på forskellige testlaboratorier i Europa. Målingerne er udført på rullefelt med realistiske testcykler og emissionerne er opsamlet i poser. Ud fra køremønstrets længde og den opsamlede emission bliver emissionsfaktoren beregnet og henført til køremønstrets rejsehastighed.

En anden ofte anvendt emissionsmodel i Danmark er en computermodel udviklet af Sorenson og Schramm på DTU (1992) til beregning af emissionsfaktorer for køremønstre

opsamlet i den danske trafik. Målinger på svenske benzinbiler fortrinsvist med motorstørrelser mellem 1,4 og 2 liter ligger til grund for modellen. I alt er emissionsdata for 10 katalysatorbiler og 59 nyere konventionelle benzinbiler (svarende til ECE 15/04) benyttet. I modellen er de svenske målinger på konventionelle benzinbiler opskrevet med 7, 16 og 40 pct. for VOC, CO og NO_x som tilpasning til danske forhold, der især vedrører emissionsnormer og vedligehold.

Beregningsprincippet for modellen er at benytte den øjeblikkelige emission ved sammenhørende værdier for hastighed og acceleration fra testcyklerne US FTP 75, Highway fuel economy test og European urban driving cycle. Emissionselementerne kombineres med de sammenhørende værdier for hastighed og acceleration fra de danske køremønstre og emissionsfaktorer summeres op over hele køremønstret. Over 1000 køremønstre er benyttet i modellen opsamlet ved by-, landevejs- og motorvejskørsel i Danmark.

DTU modellens emissionsfaktorer for katalysatorbiler beregnes separat i to situationer ved store rejsehastigheder. I det første tilfælde virker katalysatoren efter hensigten, mens den i det andet tilfælde ikke virker optimalt. Den ovenfor nævnte katalysatorvirkning er undersøgt for tre biler i et selvstændigt måleprogram (Sorenson, 1992). Målingerne tydede dog ikke på en forringet katalysatorvirkningsgrad.

Et dansk emissionsmåleprogram blev i 1993 gennemført for personbiler (Hansen og Winther, 1993). I måleprogrammet er emissionsfaktorer målt på rullefelt for 11 katalysatorbiler og 10 konventionelle benzinbiler (fortrinsvist ECE 15/04) hovedsageligt med motorstørrelser mellem 1,4 og 2 liter. Testen er udført ved gennemkørsel af køremønstre opsamlet i den danske trafik og har blandt andet haft til formål at eftervise DTU modellens simulerede emissionsfaktorer. Hver emissionsfaktor for de to benzinbiltyper er en midling af mindst fire forskellige bilers emissionsfaktorer opsamlet ved samme køremønster.

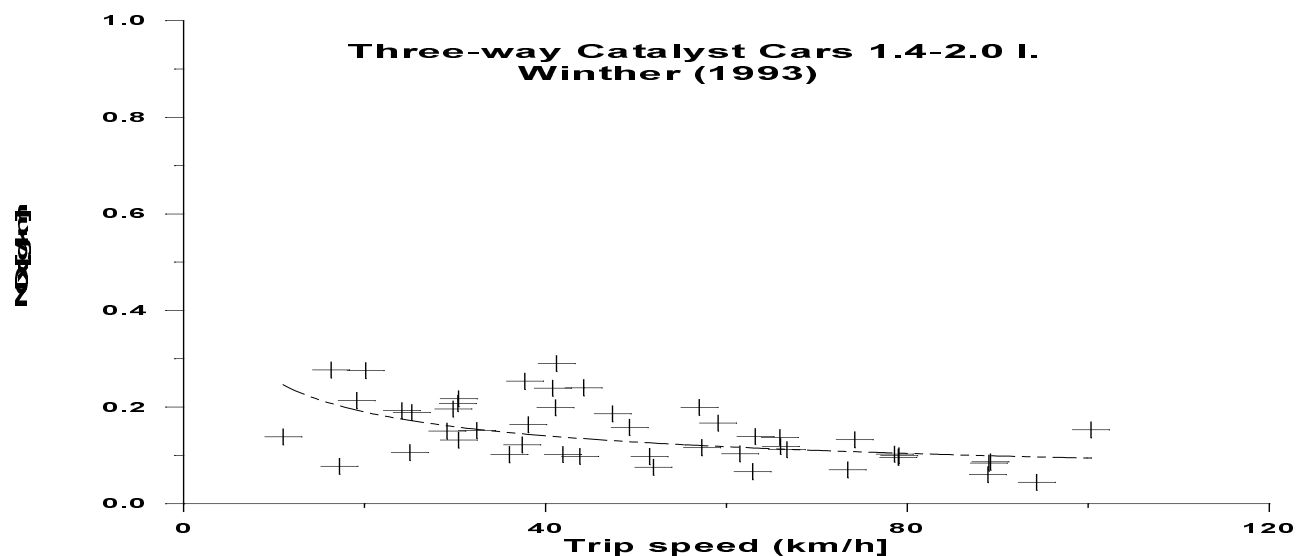
Metode og resultater

COPERT II's emissionsfaktorer gælder for køretøjer i trafikken i 1994, hvor katalysatorbilerne har kørt 50.000 km i gennemsnit. For at benytte samme udgangspunkt i sammenligningerne er en justering af emissionsfaktorerne for katalysatorbilerne i WB gjort til samme kilometertal. Testbilerne i DTU modellen og de danske målinger havde omtrent kørt samme antal km i gennemsnit og derfor blev ingen justering gjort. De danske emissionsmålinger blev udført ved en lav forsøgsmodstand på rullefeltet som kan have haft indflydelse på måleresultaterne.

Alle kurverne, der vises i det følgende, er optegnet ved brug af en matematisk approksimation mellem emissionsfaktorerne og deres køremønstres gennemsnitshastigheder. De diskrete værdier for emissionsfaktorerne er med denne metode tilnærmet en kurve, hvor rejsehastigheden for de korresponderende køremønstre er parameter.

Før emissionsfaktorerne sammenlignes på kurver, er det nødvendigt at gøre en bemærkning. Det gælder, at den matematiske approksimation til et kurveforløb sker ud fra en visuel vurdering, der samtidig er et subjektivt skøn. I visse tilfælde er kurvetilnærmelsen indlysende, men ofte kan randeffekter give problemer ved afbildningen. Her tænkes især på forløbet af kurverne ved helt små og meget store rejsehastigheder. Figur 1 illustrerer dette fænomen. På figuren ses, at emissionsfaktorerne ligger meget spredt omkring den tilnærmede kurve. Ved lave rejsehastigheder stiger kurven, men et mere vandret kurveforløb kan også forsvares.

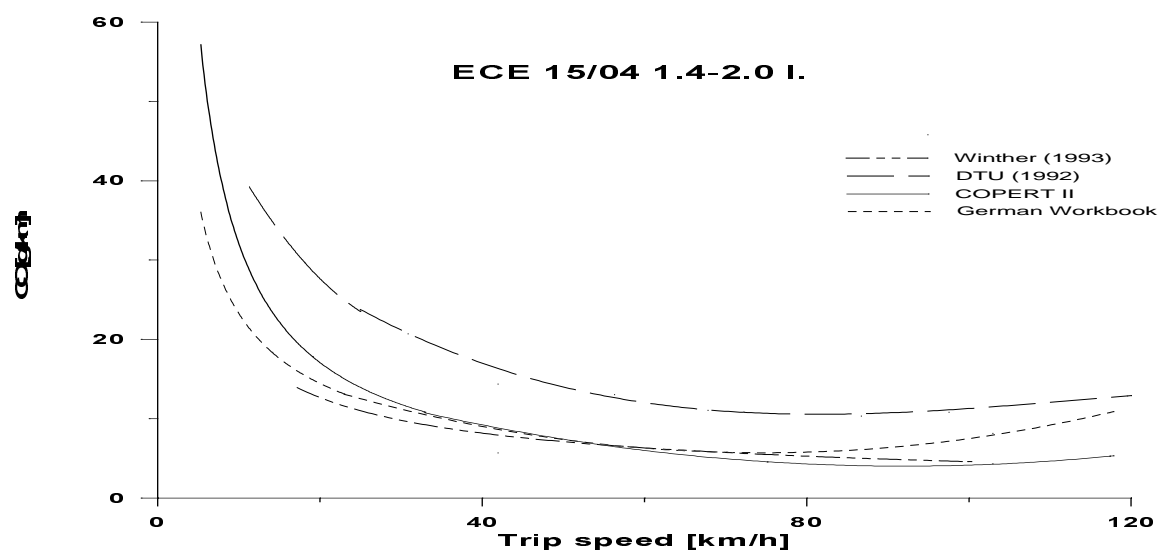
Figur 1 Illustration af emissionsfaktorerens beliggenhed omkring en tilnærmet kurve



Konventionelle benzinbiler

CO emissionsfaktorerne er vist på figur 2 for de fire forskellige kilder.

Figur 2 CO kurver for ECE 15/04 biler (1,4-2,0 l.) i COPERT II, WB, DTU og Winther

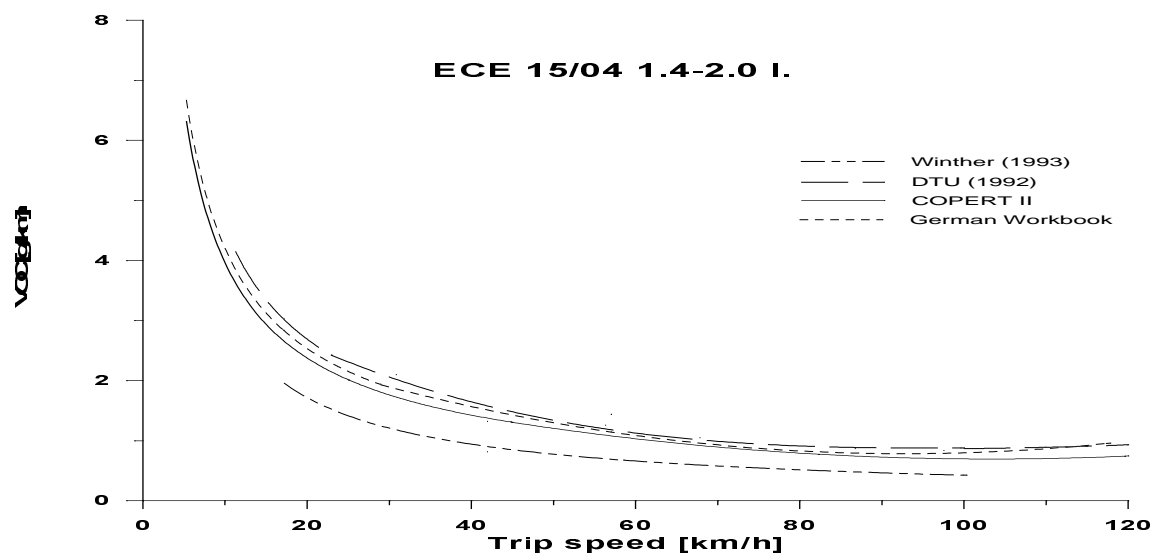


Ved helt lave rejsehastigheder er COPERT faktorerne for CO noget større end faktorerne fra WB. Grunden til forskellen er, at få men store emissionsfaktorer trækker COPERT kurven op ved lave hastigheder. Ved lidt højere hastigheder nærmer de to kurver sig samme niveau, når hastigheden stiger frem 60 km/h. For øgede rejsehastigheder stiger WB faktorerne markant i forhold til COPERT kurverne, igen tydeligst for den mindste motorstørrelse. De fleste COPERT målinger ligger lavt ved de største rejsehastigheder i disse tilfælde.

Faktorer fra DTU modellen og det danske måleprogram er også indtegnet på figur 2. DTU modellens faktorer ligger meget højt ved alle rejsehastigheder, højere end hvad den oprindelige opskrivning på 7 pct. berettiger til. Kurvens forløb er dog mere flad end COPERT og WB ved lave rejsehastigheder og især WB kurven for de højeste

rejsehastigheder. De danske CO måleværdier er lave ved alle rejsehastigheder omtrent på niveau med WB's og COPERT's emissionsfaktorer.

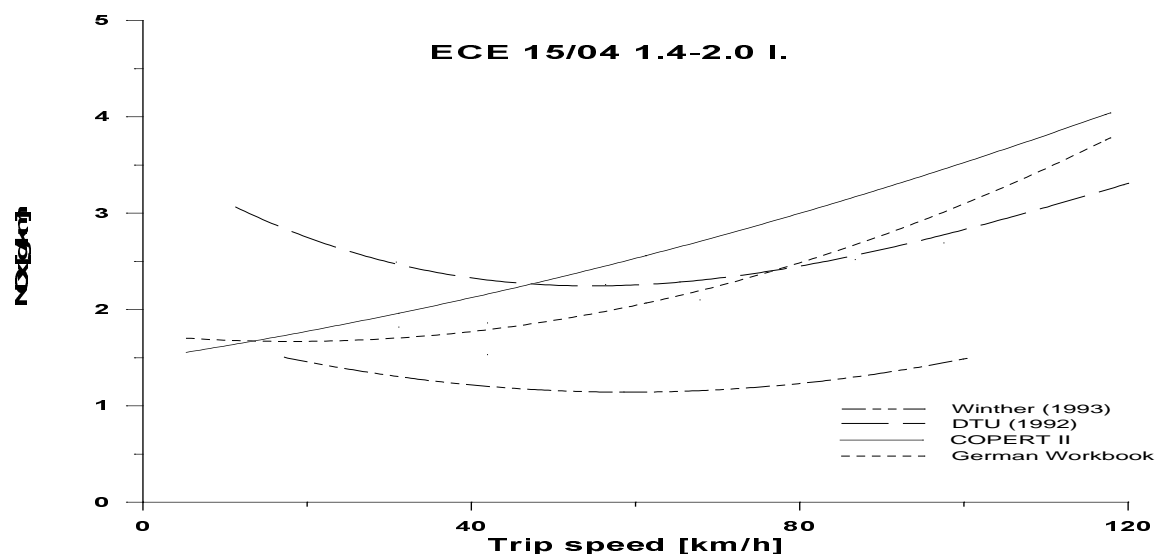
Figur 3 VOC kurver for ECE 15/04 biler (1,4-2,0 l.) i COPERT II, WB, DTU og Winther



NO_x emissionsfaktorerne er vist for ECE 15/04 bilerne på figur 4. Forløbet af kurverne for WB og COPERT viser pæne overensstemmelser. Generelt er COPERT faktorerne en anelse højere end WB. DTU modellens faktorer er omtrent dobbelt så høje som WB og COPERT niveauet ved de laveste rejsehastigheder. DTU faktorerne falder dog markant med stigende rejsehastighed frem til omtrent 60 km/h. På trods af at modellens faktorer herefter igen stiger, er de lavere end WB og COPERT værdierne ved rejsehastigheder over 80 km/h. Tages opskrivningen af NO_x emissionerne med 40 pct. i betragtning, nærmer DTU modellens faktorer sig WB og COPERT kurverne ved lave hastigheder, men vil ligge meget under disse ved store rejsehastigheder.

De danske måleværdier ligger lavest ved alle rejsehastigheder. Grunden til forskellen er den lave rullemodstand ved forsøg. Den lave rullemodstand medfører en lav motortemperatur, der vil reducere NO_x emissionen. Det lille antal testede biler og deres stand i det danske måleprogram kan måske også forklare noget af forskellen.

Figur 4 NO_x kurver for ECE 15/04 biler (1,4-2,0 l.) i COPERT II, WB, DTU og Winther



For VOC er WB, COPERT og DTU kurverne omtrent sammenfaldende. Dette ses på figur 3. På samme figur ses, at de danske måleværdier for VOC ligger mellem 25 og 50 pct. lavere end de øvrige kurver. Dette kan skyldes det lave antal testbiler i måleprogrammet og deres stand. En lignende om end svagere tendens gør sig gældende for CO.

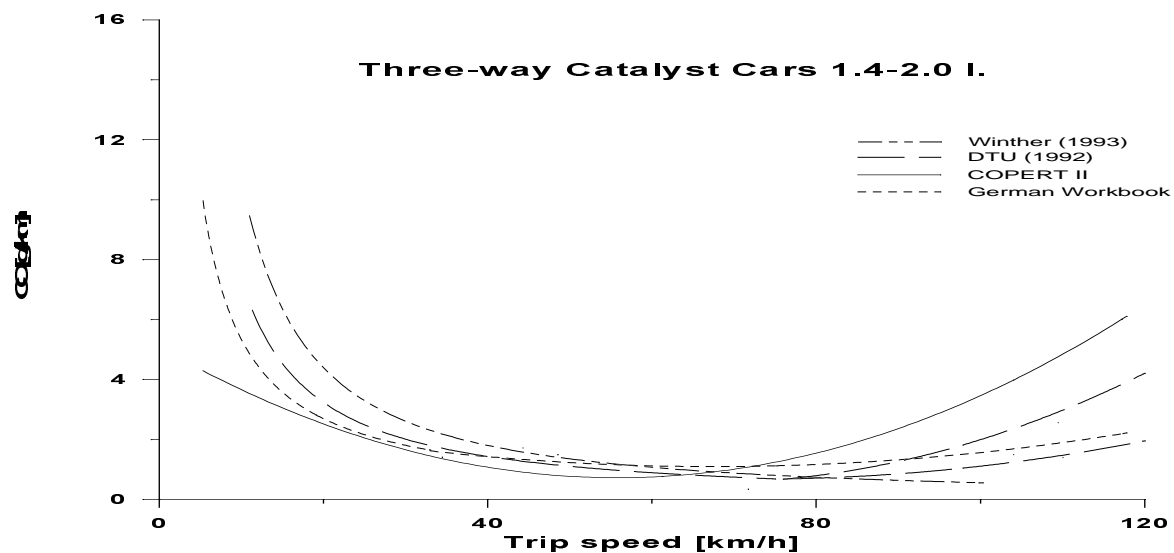
Katalysatorbiler

På figur 5 og 6 er de fire kilders emissionsfaktorkurver for CO og VOC indtegnet. På begge kurver ses, at faktorerne for WB stiger voldsomt ved de laveste rejsehastigheder sammenlignet med COPERT kurven. En årsag til forskellen kan være, at COPERT's emissionsfaktorer ved disse hastigheder er fremkommet ved ekstrapolation. En emissionsmåling ved knap 20 km/h repræsenterer emissionsfaktoren ved den laveste rejsehastighed på kurven.

Samtidigt gælder, at de tilnærmede kurver får forskelligt udseende afhængigt af, hvilken matematisk approksimering der bruges. For WB får den tegnede kurve derfor et meget stejlt forløb, hvis den resulterende kurve skal ligge tæt på de relativt få målepunkter, der eksisterer især ved lave rejsehastigheder.

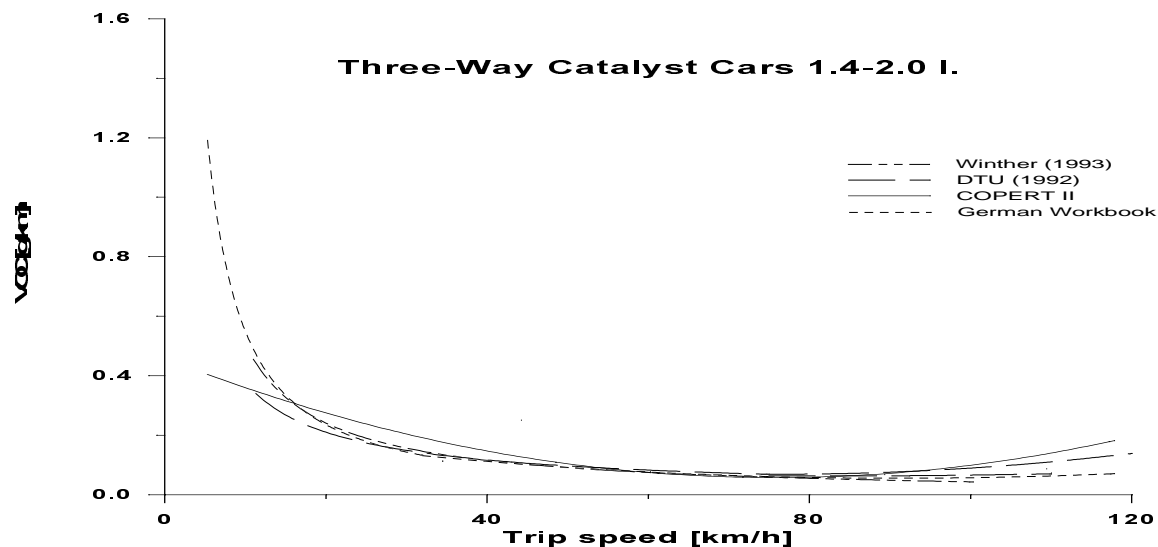
Omvendt bliver COPERT faktorerne 2-3 gange højere end WB faktorerne ved de største rejsehastigheder. Årsagen kan være, at katalysatorbilerne i COPERT bruger en federe brændstof:luft-blanding i disse situationer. En anden forklaring kan være, at der ikke er målinger bag COPERT kurven i hastighedsintervallet mellem 80 og 120 km/h. Dermed bliver emissionsfaktorerne ved meget store rejsehastigheder mere udslagsgivende for den resulterende kurves form.

Figur 5 COkurver for katalysatorbiler (1,4-2,0 l.) i COPERT II, WB, DTU og Winther



DTU modellens faktorer og de danske emissionsfaktorer er også indtegnet for CO og VOC på figurene 5 og 6. For hastigheder over 80 km/h er der indtegnet to kurver for DTU faktorerne ved lav og høj katalysatorvirkningsgrad. For CO har DTU modellens kurve omtrent samme form som kurven for WB. For lave rejsehastigheder ligger den en anelse højere, men falder til et lavere niveau for rejsehastigheder over 40 km/h. Ved 90 km/h stiger kurven for situationen med lav katalysatorvirkningsgrad (der afstedkommer høje emissionsfaktorer) over WB kurven, men ligger dog stadig under kurven for COPERT.

Figur 6 VOC kurver for katalysatorbiler (1,4-2,0 l.) i COPERT II, WB, DTU og Winther



CO kurven for den høje katalysatorvirkningsgrad (der giver lave emissionsfaktorer) ligger under WB kurven, men nærmer sig dennes niveau ved de største rejsehastigheder. Det er ikke entydigt om den lave katalysatorvirkningsgrad er berettiget at inddrage i DTU modellen. COPERT kurven indikerer en forringet virkningsgrad ved høje hastigheder, der ikke kan eftervises af Workbook kurven. De danske måleværdier fremstiller dette problem yderligere.

For de mindste rejsehastigheder ligger denne kurve højest. Ved 60 km/h kryber kurven under WB kurven. Faldet fortsætter med stigende rejsehastigheder frem til sluthastigheden 100 km/h, hvor kurven ligger lavest af alle.

I VOC's tilfælde har DTU modellens kurve også omtrent samme form som kurven for WB. Ved lave hastigheder ligger DTU kurven en anelse lavere. Omvendt ligger DTU kurven lidt højere end WB kurven ved store rejsehastigheder både i situationen med lav og høj katalysatorvirkningsgrad. De danske måleværdier er sammenfaldende med kurven for WB, men ligger en smule lavere ved de største rejsehastigheder.

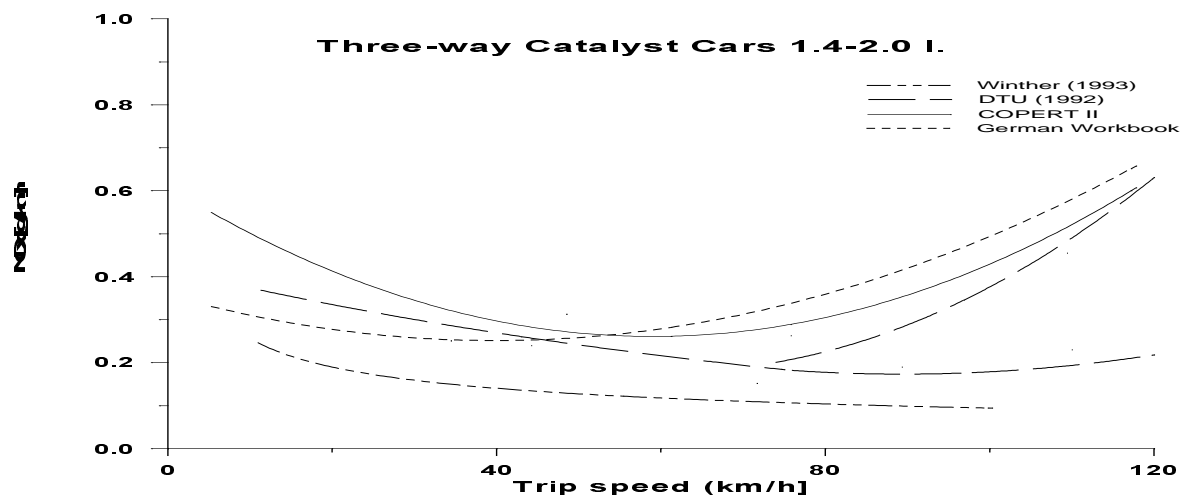
For VOC's tilfælde er der, som for CO, ifølge de danske målinger og Workbook modellen ikke noget, der tyder på en specielt forringet katalysatorvirkningsgrad ved store hastigheder som tilfældet er for COPERT kurven.

På figur 7 er NO_x emissionsfaktorerne vist for katalysatorbiler med motorstørrelserne 1,4-2 l. COPERT kurven er væsentligt højere beliggende end Workbook kurven. Forskellen er op mod 75 pct. ved de laveste rejsehastigheder. Med stigende rejsehastigheder falder COPERT kurven kraftigt og når WB kurvens niveau ved omtrent 50 km/h. For øgede rejsehastigheder stiger begge kurver kraftigt i samme takt.

Ved rejsehastigheder op til 40 km/h ligger DTU modellens NO_x kurve mellem COPERT og Workbook. Kurven fortsætter med at falde for kurvedelen med høj katalysatorvirkningsgrad. Ved den maksimale rejsehastighed er denne kurve kun omtrent 40 pct. af niveauet for COPERT og WB kurverne. Kurven for lav katalysatorvirkningsgrad stiger derimod voldsomt og overgår tilmed COPERT og WB kurverne ved de største hastigheder. For alle rejsehastigheder har de danske måleværdier det laveste niveau.

Hovedårsagen er, at NO_x emissionen for katalysatorbiler i det danske måleprogram påvirkes af den lavere belastning på rullefeltet.

Figur 7 NO_x kurver for katalysatorbiler (1,4-2,0 l.) i COPERT II, WB, DTU og Winther



Ud fra NO_x kurvernes forløb er der ikke muligt entydigt at afgøre, om katalysatoren har en forringet virkningsgrad. COPERT og WB modellens emissioner stiger markant ved de største rejsehastigheder, mens de danske måleværdier forbliver på et lavt niveau. Effekten på totalemissionsberegninger, når de fire modeller bruges, kan illustreres med et regneeksempel for de tre emissionstyper. Eksemplet omfatter den danske bestand af ECE 15/04 biler og katalysatorbiler med motorstørrelser mellem 1,4 og 2 l.

I tabellerne 1-3 er emissionsfaktorerne for CO, VOC og NO_x opstillet for de fire modeller ved typiske hastigheder for kørsel i by, på land og motorvej. Emissionsfaktorerne er beregnet ved at bruge de matematiske funktioner, der danner basis for kurverne på figurerne 2-7.

Tabel 1 CO emissionsfaktorer for 1,4-2 l. ECE 15/04 biler og katalysatorbiler

Kategori	Hastighed [km/h]	DTU-høj [g/km]	DTU-lav [g/km]	Winther [g/km]	COPERT II [g/km]	Workbook [g/km]
ECE 15/04	40	16,99	16,99	8,17	9,23	9,02
	70	10,94	10,94	5,74	4,96	5,75
	100	11,28	11,28	4,58	4,15	7,49
Katalysator	40	1,43	1,43	1,80	1,07	1,43
	70	0,74	0,74	0,88	1,00	1,10
	100	1,99	1,11	0,55	3,46	1,56

Tabel 2 VOC emissionsfaktorer for 1,4-2 l. ECE 15/04 og katalysatorbiler

Kategori	Hastighed [km/h]	DTU-høj [g/km]	DTU-lav [g/km]	Winther [g/km]	COPERT II [g/km]	Workbook [g/km]
ECE 15/04	40	1,65	1,65	0,94	1,43	1,57
	70	0,99	0,99	0,58	0,90	0,93
	100	0,88	0,88	0,43	0,70	0,80
Katalysator	40	0,12	0,12	0,12	0,15	0,11
	70	0,07	0,07	0,06	0,06	0,07
	100	0,09	0,07	0,04	0,10	0,06

Tabel 3 NO_x emissionsfaktorer 1,4-2 l. for ECE 15/04 biler og katalysatorbiler

Kategori	Hastighed [km/h]	DTU-høj [g/km]	DTU-lav [g/km]	Winther [g/km]	COPERT II [g/km]	Workbook [g/km]
ECE 15/04	40	2,33	2,33	1,22	2,12	1,77
	70	2,32	2,32	1,17	2,76	2,24
	100	2,83	2,83	1,49	3,52	3,10
Katalysator	40	0,27	0,27	0,14	0,30	0,25
	70	0,19	0,19	0,11	0,27	0,31
	100	0,40	0,18	0,09	0,43	0,49

Oplysninger fra Vejdirektoratets årskørselsundersøgelse og 60-punkttællinger bruges til at fordele årskørslen ud på vejtyper for de to køretøjskategorier. Produktet af årskørslen og antallet af køretøjer giver de samlede varmstartsemissioner.

Tabel 4 Bestand og kørselsfordeling for 1,4-2 l. ECE 15/04 biler og katalysatorbiler i Danmark i 1996

Kategori	Antal køretøjer	Hastighed [km/h]	Kørsel [%]	Kørsel [km/år]
ECE 15/04		40	35	6336
		70	46	8328
		100	19	3440
Total	172298		100	18104
Katalysator		40	35	8344
		70	46	10967
		100	19	4530
Total	322960		100	23841

Tabel 5 CO varmmissioner fra 1,4-2 l. ECE 15/04 biler og katalysatorbiler

Kategori	Hastighed [km/h]	DTU-høj [ktons]	DTU-lav [ktons]	Winther [ktons]	COPERT II [ktons]	Workbook [ktons]
ECE 15/04	40	18,5	18,5	8,9	10,1	9,8
	70	15,7	15,7	8,2	7,1	8,3
	100	6,7	6,7	2,7	2,5	4,4
Total		40,9	40,9	19,9	19,6	22,5
Katalysator	40	3,9	3,9	4,9	2,9	3,8
	70	2,6	2,6	3,1	3,6	3,9
	100	2,9	1,6	0,8	5,1	2,3
Total		9,4	8,1	8,8	11,5	10,0
Grand total		50,3	49,0	28,6	31,1	32,6

Tabel 6 VOC varmmissioner fra 1,4-2 l. ECE 15/04 biler og katalysatorbiler

Kategori	Hastighed [km/h]	DTU-høj [ktons]	DTU-lav [ktons]	Winther [ktons]	COPERT II [ktons]	Workbook [ktons]
ECE 15/04	40	1,80	1,80	1,03	1,56	1,71
	70	1,42	1,42	0,83	1,28	1,34
	100	0,52	0,52	0,25	0,41	0,47
Total		3,74	3,74	2,12	3,25	3,52
Katalysator	40	0,31	0,31	0,31	0,40	0,30
	70	0,26	0,26	0,22	0,21	0,23
	100	0,13	0,10	0,06	0,14	0,08
Total		0,70	0,67	0,60	0,75	0,61
Grand total		4,45	4,41	2,71	4,01	4,14

Tabel 7 NO_x varmemissioner fra 1,4-2 l. ECE 15/04 biler og katalysatorbiler

Kategori	Hastighed [km/h]	DTU-høj [ktons]	DTU-lav [ktons]	Winther [ktons]	COPERT II [ktons]	Workbook [ktons]
ECE 15/04	40	2,54	2,54	1,33	2,32	1,93
	70	3,33	3,33	1,67	3,96	3,22
	100	1,68	1,68	0,88	2,09	1,83
Total		7,55	7,55	3,88	8,36	6,98
Katalysator	40	0,72	0,72	0,38	0,80	0,68
	70	0,69	0,69	0,39	0,97	1,11
	100	0,59	0,26	0,14	0,63	0,72
Total		2,00	1,67	0,91	2,39	2,51
Grand total		9,55	9,23	4,79	10,76	9,49

Emissionsresultaterne afspejler brugen af forskellige emissionsfaktorer. Dette gælder for begge køretøjskategorier ved by-, land- og motorvejskørsel. De betragtelige forskelle i DTU emissionsfaktorer ved høje hastigheder påvirker også totalemissionerne på motorvej. Forskellene jævnes dog noget ud, når emissionerne for alle tre vejtyper summeres op.

DTU modellens store CO emissioner skyldes de høje emissionsfaktorer for ECE 15/04 biler. De beregnede emissioner er mellem 50 og 75 pct. højere end beregnet med de danske faktorer, COPERT II og Workbook. Disse tre modeller viser en god overensstemmelse for CO. Emissionen af VOC og NO_x er på omtrent samme niveau for DTU modellen, COPERT II og Workbook. Når de danske emissionsfaktorer bruges, bliver totalemissionerne noget lavere. Forskellen bliver omtrent 40 og 50 pct. for hhv. VOC og NO_x.

Referencer

Ahlvik, P. et al. (1997): COPERT II Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport - Methodology and Emission Factors - (Final Draft Report), Document EEA/???/97, Det Europæiske Miljøagentur, København.

Hansen, J. Q. and Winther, M. (1993): Kørecyklens indflydelse på emissionen, PE 93-10, Laboratoriet for Energiteknik, Lyngby.

Hansen, J. Q., Winther, M., Sorenson, S. C. (1995): The influence of driving patterns on petrol passenger car emissions, The Science of the Total Environment 169 129-139.

Keller, M., Evéquo R., Heldstab J., Kessler H. (1995): Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs 1950-2010, Schriftenreihe Umwelt Nr. 255 des BUWAL, Bern (også tilgængelig på fransk).

Samaras et al. (1997): Methodologies For Estimating Air Pollutant Emissions From Transport - Average Hot Emission Factors for Passenger Cars and Light Duty Trucks, Task 1.2/Deliverable 7, LAT Report No: 9716, Thessaloniki.

Sorenson, S. C. (1992): Emissions from three passenger cars at high speeds, Rapport RE 92-3, Laboratoriet for Energiteknik, Lyngby.

Sorenson, S. C. and Schramm, J. (1992): Individual and Public Transportation - Emissions and Energy Consumption Models, Rapport RE 91-5, Laboratoriet for Energiteknik, Lyngby.

Zacharadis, T. (1996): Review of Motor Vehicle Emission Models and their Application in a European Context: Accomplishments and Further Needs, LAT Report 9601, Laboratory of Applied Thermodynamics, Thessaloniki.