



Uppdatering EVA-kalkylen

Nya emissionsfaktorer beräknade med PHEM

Sara Janhäll
Annelie Carlson
Pontus Larsson

Uppdatering EVA-kalkylen

Nya emissionsfaktorer beräknade med PHEM

Sara Janhäll

Annelie Carlson

Pontus Larsson

Diarienummer: 2014/0170-72
Omslagsbilder: VTI/Katja Kircher
Tryck: VTI, Linköping 2017

Referat

Den nuvarande Europagemensamma HBEFA-modellen anger emissionsfaktorer för olika körmonster och fordonstyper. Med den modellen kan man dock inte studera till exempel enskilda korsningar. Denna studie utnyttjar samma grundmodell, PHEM (www.tugraz.at), som HBEFA för att beräkna även korsningseffekter och grundemissioner för länkar utan korsningar. Med PHEM har utsläpp för fyra fordonstyper (personbil med diesel och bensindrift samt lastbil med och utan släp) beräknats för ett antal olika typvägar enligt den uppdelning som fortfarande används i effektmodellerna EVA och CAPCAL. För att illustrera utsläppen i korsningar presenteras även beräkningar för emissioner vid ett snabbt stopp till stillastående och sen återtagande av den ursprungliga hastigheten.

Förutom en metodbeskrivning om hur de nya grundutsläppen och stopptilläggen har beräknats, ges också i rapporten förslag på en mer grundlig framtida uppdatering av modellen. Dessutom redovisas ingående olika tester och jämförelser för att underlätta en övergång från den nuvarande grundmodellen VETO till PHEM. Beräkningarna visar att tidigare antaganden om kraftigt minskade emissioner för fordon inte har infriats, samt att fordonshastighetens påverkan på utsläppen har förändrats. Vi föreslår bland annat att fler fordonstyper ska ingå i modellen vid nästa uppdatering.

Modellen som vi använder simulerar CO₂, SO₂, bränsleförbrukning, HC/VOC, CO, NO_x, NO₂ och avgaspartiklar, men i rapporten presenteras endast bränsleförbrukningen men övriga parametrar kan erhållas av författarna. Rapporten ger först en kort beskrivning av olika emissionsmodeller, hur beräkningarna skett fram till nu och sedan hur våra anpassningar och uppdateringar lett fram till de resulterande emissionsfaktorerna.

Titel:	Uppdatering EVA-kalkylen - Nya emissionsfaktorer beräknade med PHEM
Författare:	Sara Janhäll, VTI (www.orcid.org/0000-0002-2679-2611) Annelie Carlson, VTI (www.orcid.org/0000-0002-8957-8727) Pontus Larsson, VTI
Utgivare:	VTI, Statens väg och transportforskningsinstitut www.vti.se
Serie och nr:	VTI rapport 918
Utgivningsår:	2016
VTI:s diarienummer:	2014/0170-72
ISSN:	0347-6030
Projektnamn:	Ny emissionsmodell till EVA och CAPCAL
Uppdragsgivare:	Trafikverket
Nyckelord:	Bränsleförbrukning, emissionsfaktorer, emissioner, avgaser, emissionsmodell, PHEM, EVA, CAPCAL, HBEFA
Språk:	Svenska
Antal sidor:	51 sidor

Abstract

The current European emission model, HBEFA, specifies emission factors for different driving patterns and vehicle types. This model does not study the example of individual intersections. This study utilizes the same microscopic model, PHEM (www.tugraz.at), as HBEFA to calculate also intersection emissions and emissions of links without intersections. With PHEM the release of four vehicle types (cars fueled by diesel or petrol and trucks with and without trailers) calculated for several different road classes according to the division still used in the models EVA and CAPCAL. To illustrate the emissions of intersections calculations for emissions for a quick stop to rest and then the withdrawal of the original speed is also presented.

In addition to a description of the method of how the new emissions have been calculated in the new tables also include suggestions of future updating of the model. In addition, reported the conclusion of tests and comparisons to facilitate the transition from the current basic model VETO to PHEM. The calculations show that previous assumptions about the significantly lower emissions of vehicles have not been met, and that the vehicle speed impact on emissions has changed., We suggest that more vehicle types will be included in the model at the next update.

The model simulates the CO₂, SO₂, fuel consumption, HC / VOC, CO, NO_x, NO₂ and exhaust particles, but the report only presents fuel consumption. However, all other parameters can be obtained directly from the authors. The report first provides a brief description of the different emission models, how the calculations are done up to now and then how adaptations and updates led to the resulting emission factors.

Title:	Update of the EVA model – Emission factors estimated using PHEM
Author:	Sara Janhäll, VTI (www.orcid.org/0000-0002-2679-2611) Annelie Carlson, VTI (www.orcid.org/0000-0002-8957-8727) Pontus Larsson, VTI
Publisher:	Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI) www.vti.se
Publication No.:	VTI rapport 918
Published:	2016
Reg. No., VTI:	2014/0170-72
ISSN:	0347-6030
Project:	New emission model for EVA and CAPCAL
Commissioned by:	Swedish Transport Administration
Keywords:	Fuel consumption, emission factors, emissions, exhaust, emission model, PHEM, EVA, CAPCAL, HBEFA
Language:	Swedish
No. of pages:	51 pages

Förord

I rapporten presenteras förutsättningar, beräkningsunderlag samt resultat av emissionsberäkningar avseende trafik på väg, samt vid hastigt stopp. Studien kan ligga till grund för en utveckling av emissionsunderlaget till modellerna EVA och CAPCAL som används för trafikberäkningar i Sverige. Uppdraget har genomförts av Sara Janhäll, Annelie Carlson, Helene Olofson och Pontus Larsson på uppdrag av Trafikverket genom Håkan Johansson och Peter Palholmen.

Författarna vill tacka Helene Olofson, som nu arbetar på Miljöförvaltningen i Göteborg, för hjälp med beräkningar inom projektet.

Göteborg, december 2016

Sara Janhäll
Projektledare

Kvalitetsgranskning

Intern peer review har genomförts 11 november 2016 av Olle Eriksson. Sara Janhäll har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus. Forskningschef Mikael Johannesson har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 16 december 2016. De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarens/författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning.

Quality review

Internal peer review was performed on 11 November 2016 by Olle Eriksson. Sara Janhäll has made alterations to the final manuscript of the report. The research director Mikael Johannesson examined and approved the report for publication on 16 December 2016. The conclusions and recommendations expressed are the author's/authors' and do not necessarily reflect VTI's opinion as an authority.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	9
Summary	11
1. Inledning	13
1.1. Bakgrund.....	13
1.2. Syfte	13
2. Emissionsmodeller och emissionskrav	14
2.1. PHEM	15
2.2. VETO.....	16
2.3. HBEFA	17
2.4. NEMO.....	18
2.5. COPERT	18
2.6. VERSIT+	19
2.7. Emissionsmodellen i EVA	19
2.8. Emissionskrav för Euro-klasser	19
3. Befintlig emissionsmodell i EVA	21
3.1. Fordon.....	21
3.2. Vägbeskrivningar.....	22
3.3. Körbeteende	22
3.4. Rullmotstånd	23
3.4.1. Hjälpustrustning och däckslitage.....	23
3.4.2. Korrektionsfaktorer.....	23
3.5. Befintliga emissionstabeller	24
4. Dagens modell.....	25
4.1. Beskrivning av nya emissionstabeller	25
4.2. Fordonsval.....	25
4.2.1. Personbilar	26
4.2.2. Lastbil utan släp	28
4.2.3. Lastbil med släp	29
4.3. Körmönster.....	30
4.3.1. Beräkningar av stopptillägg	32
5. Resultat.....	33
5.3.1. Grundemissionsfaktorer för bensindriven personbil.....	33
5.3.2. Grundemissionsfaktorer för dieseldriven personbil	35
5.3.3. Grundemissionsfaktorer för lastbil utan släp	37
5.3.4. Grundemissionsfaktorer för lastbilar med släp	39
5.4. Korsningstillägg, bränsleförbrukning	41
5.5. Emissioner av övriga ämnen	43
6. Slutsats och fortsatt arbete	44
6.1. Fortsatt arbete:.....	44
Litteratur och referenser	45
Bilaga 1 Vägtyper i HBEFA	49
Bilaga 2 Exempel på utdata från en beräkning med EVA-kalkylen.....	51

Sammanfattning

Uppdatering EVA-kalkylen – Nya emissionsfaktorer beräknade med PHEM

av Sara Janhäll (VTI), Annelie Carlson (VTI) och Pontus Larsson (VTI)

Nuvarande modellstrategi för emissionsmodeller som används i Sverige inom vägtrafiken är cirka 10 år gammal. Den baseras på den Europagemensamma HBEFA-modellen, som anger emissionsfaktorer för ett stort antal olika körmoder och fordonstyper. I och med att emissionerna presenteras som ett normalt körmoder för en vägtyp, där påverkan från korsningar och trafik redan ingår kan man med denna modell inte studera till exempel enskilda korsningar varför andra svenska modeller använts parallellt. De svenska modellerna har dock inte kunnat uppdateras i samma utsträckning då det krävs stora arbetsinsatser för att hålla dem uppdaterade med den snabba fordonsutvecklingen som sker. Denna studie utnyttjar därför samma grundmodell som HBEFA använder för att beräkna även korsningseffekter och grundemissioner för länkar utan korsningar. Modellen heter PHEM och har utvecklats vid Tekniska Universitetet i Graz (www.tugraz.at) och uppdateras kontinuerligt genom europasamarbeten. Med PHEM har utsläpp för fyra fordonstyper (personbil med diesel och bensindrift samt lastbil med och utan släp) beräknats för ett antal olika typvägar enligt den uppdelning som fortfarande används i effektmodellerna EVA och CAPCAL. För att illustrera utsläppen i korsningar presenteras även beräkningar för emissioner vid ett snabbt stopp till stillastående och sen återtagande av den ursprungliga hastigheten.

Modellen simulerar CO₂, SO₂, bränsleförbrukning, HC/VOC, CO, NO_x, NO₂ och avgaspartiklar, med varierande kvalitet beroende främst på datatillgänglighet, och har förberetts för att utökas både avseende fordonbeskrivningar och olika typer av korsningar. I rapporten presenteras dock endast bränsleförbrukningen medan övriga parametrar kan på begäran erhållas av författarna.

Förutom en metodbeskrivning om hur de nya grundutsläppen och stopptilläggen har beräknats, ges också förslag på en mer grundlig framtida uppdatering av modellen. Dessutom redovisas ingående olika tester och jämförelser för att underlätta en övergång från den nuvarande grundmodellen VETO till PHEM. De beräkningar som gjorts visar bland annat att tidigare antaganden om kraftigt minskade emissioner som följd av en introduktion av nya fordonsmodeller inte har infriats. Studien visar också på en del skillnader jämfört med hittillsvarande modellberäkningar när det gäller hur fordons-hastigheten påverkar utsläppen. Vi föreslår samtidigt att fler fordonstyper ska ingå i modellen vid nästa uppdatering för att säkerställa att resultatet inte beror på just den fordonstyp som har använts i dessa beräkningar.

Rapporten ger först en kort beskrivning av olika emissionsmodeller. Efter det redovisas hur beräkningarna skett fram till nu och sedan hur anpassningar och uppdateringar lett fram till de resulterande emissionsfaktorerna.

Summary

Updating the EVA-model – New emission factors calculated by the PHEM model

by Sara Janhäll (VTI), Annelie Carlson (VTI) and Pontus Larsson (VTI)

The current model approach to emission models used in road traffic is about 10 years old. It is based on the European HBEFA model, giving the emissions factors for a variety of driving patterns and vehicle types. With this model, studying for example individual intersections is not possible and thus other Swedish models have been used in parallel. However, these models have not been updated to the extent that is required due to the rapid vehicle development that occurs. This study therefore uses the same basic model that HBEFA uses to calculate also effects of intersections. The model name is PHEM and it is developed at the TU Graz, Austria (www.tugraz.at). With PHEM emissions from four vehicle types (cars fueled with diesel or petrol and trucks with and without trailers) are calculated for a number of different road types according to the division presently used in effect models like EVA and CAPCAL. To illustrate the emissions of intersection emissions during a quick stop to rest and then the withdrawal of the original speed is also presented.

The model simulates the CO₂, SO₂, fuel consumption, HC / VOC, CO, NO_x, NO₂ and exhaust particles, with varying quality depending mainly on the availability of data, and has been prepared to be expanded both in terms of vehicle descriptions and different types of intersections. The report presents only fuel consumption while the other parameters can be obtained directly from the authors.

In addition to a description of the method of how the new basic emissions and stopping the supplements have been calculated in the new tables that are also given suggestions for a more considered future update of the model. In addition, the tests and comparisons made in order to facilitate the transition from the current basic model VETO to PHEM is also reported. The estimates show that the previously assumed reductions in emissions with new vehicle models were not met. We also show some differences in the influence of vehicle speed on emissions, but suggest that more vehicle types should be included in the next update of the model, to ensure that the outcome does not depend on the particular type of vehicle that has been used in these calculations.

The report first provides a brief description of the different emission models. Then the details of the calculations done up to now and how adaptations and updates led to the resulting emission factors are presented followed by the fuel consumptions calculated.

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Nuvarande modellstrategi för emissionsmodeller som används inom svensk vägtrafik är ca 10 år gammal. Uppkomsten till modellstrategin var flera projekt som genomfördes i slutet av 1990-talet. Situationen då var att det fanns ett antal olika emissionsmodeller som byggde på olika nationella underlag. Förutsättningarna för att bygga vidare på de nationella emissionsmodellerna undersöktes. Detta visade sig dock inte vara en framkomlig väg. Det berodde dels på att man hade slutat göra mätningar på det sätt som krävdes för att uppdatera modellerna (gällde den nationella EMV-modellen), dels på att själva metoden inte var tillförlitlig (gällde genereringen av emissionsdata till EVA-modellen). Slutsatsen blev att söka efter en emissionsmodell som kunde användas på flera olika nivåer (lokalt till nationellt) och där uppdatering av modellen kunde delas med flera andra länder. Resultatet blev att gå över till ARTEMIS-modellen som senare bytt namn till HBEFA. Ett problem har varit att HBEFA-modellen inte är tillämplig på mikroskala t.ex. för korsningsanalyser. För korsningsanalyser summeras ett grundutsläpp för körningen utan korsning med de extra utsläpp som är resultatet av ett möjligt stopp i korsningen.

För att beräkna de extra utsläppen som sker i korsningar på grund av att fordonen stannar krävs en mikrosimuleringsmodell, som kan räkna fram utsläppen via detaljerad fordonshastighet. HBEFA baseras på just en sådan modell, precis som nuvarande svenska utsläppsmodell för korsningar. De svenska emissionerna beräknas i dagsläget med VETO medan HBEFA baseras på beräkningar med PHEM (Hausberger et al, 2009). Under 2012–13 genomförde VTI en förstudie för att titta på möjligheterna att använda PHEM-modellen för beräkningar av korsningstillägg, och utförde samtidigt ett byte från dagens mikrosimuleringsmodell VETO till den internationellt använda mikrosimuleringsmodellen PHEM.

I denna studie ingår alla de väg- och fordonstyper som ingår i dagens modell, samt dessutom en korsning beräknad med PHEM-modellen istället för med VETO. Ytterligare utveckling av angreppssättet har gjorts och beskrivs nedan i denna rapport.

1.2. Syfte

Syftet med detta projekt är att bygga upp en första version av en modell baserad på samma underlag som HBEFA som primärt kan användas som ny emissionsmodell i EVA och i t.ex. korsningsmodellen CAPCAL för att simulera olika korsningsutformning. I denna första version är korsningsbeskrivningen kraftigt förenklad och de fordon som emissionerna beräknats för endast ett typfordon för fyra olika fordonskategorier. Sammanställningen av emissionsfaktorer följer helt tidigare version av EVA:s emissionsmodell för korsning, med emissionstabeller för stopp kombinerat med emissionstabeller för körning utan stopp. Modellen simulerar CO₂, SO₂, bränsleförbrukning, HC/VOC, CO, NO_x, NO₂ och avgaspartiklar, med varierande kvalitet beroende främst på datatillgänglighet, men har förberetts för att utökas både avseende fordonsbeskrivningar och olika typer av korsningar.

Rapporten ger först en kort beskrivning av olika emissionsmodeller, sedan beskrivs hur de nya grundutsläppen och stopptilläggen har beräknats. Efter det redovisas ingående olika tester och jämförelser för att underlätta en övergång från VETO till PHEM, som är basen till emissionsmodellen HBEFA.

2. Emissionsmodeller och emissionskrav

För att beräkna emissioner från trafiken multipliceras aktivitetsdata med emissionsfaktorer. Aktivitetsdata beskriver trafikarbetet (t.ex. mängden och typen av trafik samt körd sträcka) medan emissionsfaktorerna anger mängden utsläpp per körd sträcka och trafiktyp. Emissionsfaktorerna kan aggregeras på olika nivå, alltifrån en detaljerad beskrivning av ett särskilt fordon som kör en specifik sträcka under angivna förhållanden till medelemissioner från t.ex. alla fordon i Sverige på alla de i Sverige förekommande sträckorna. Ofta används de emissionsfaktorer som finns i Trafikverkets ”Lufthandboken”^a uppdelat på landsbygdskörning eller stadstrafik, samt på sex olika fordonsslag och två olika bränslen. Dessa emissioner, precis som de flesta andra emissionsmodeller, anger endast avgasutsläpp, vilket innebär att slitagepartiklar från däck, bromsar och vägyta inte ingår. Slitagepartiklar utgör en stor del av de partiklar som släpps ut av vägtrafiken särskilt under torra förhållanden och, även om de har en annan beskaffenhet än avgaspartiklar, ingår de i de partikelhalter som hanteras i miljölagstiftningen, se t.ex. NORTRIP (Norman et al., 2016). I denna studie ingår endast avgasutsläpp.

Emissionsmodeller delas in i mikro- och makromodeller, där mikromodellerna beskriver de enskilda fordonens emissioner i varje sekund, medan makromodellerna är mer aggregerade, och används bland annat för att ta fram emissioner för trafiken på lokal, regional eller nationell nivå. Mikromodellerna beräknar emissioner och bränsleförbrukning för enskilda fordon och utifrån detaljerade beskrivningar av fordonens egenskaper, hur motorn arbetar i olika situationer samt för ett specifikt körmönster. Även vägens egenskaper kan ingå som del av dessa indata. Detta gör att båda modelltyperna främst är begränsade av tillgången på indata, och av vilken detaljeringsgrad indata kan hanteras i modellerna. En komplikation är att utsläppen inte bara påverkas av vilket fordon man kör utan också av hur man kör (hastighet och acceleration, inklusive trängseffekter), var man kör (t.ex. backar och vägtextur) samt även av väder och t.ex. kallstarter och vindförhållanden. Även förhistoria påverkar utsläppen, t.ex. genom temperaturen på avgasefterbehandlingsystemen.

Särskilt för makromodeller är detta ett problem då denna information naturligtvis inte finns för alla fordon i hela landet och för alla tidpunkter, varför man måste göra vissa förenklingar. Det är dessa förenklingar som gör att utsläppen beräknade med olika modeller kan variera så mycket. I makromodellerna har fördelningen av trafikarbetet över fordonskategorier eller över regioner en stor påverkan på medelvärdet av emissionerna. Om t.ex. andelen dieseldrivna fordon ökar kraftigt kommer medelutsläppen av exempelvis kväveoxider att öka i motsvarande grad. Då fordonsammansställningen är av stor vikt för emissionerna bör prognosen för hur teknikutvecklingen, teknikvalet och fordonsparken uppdateras kontinuerligt (Rexeis and Hausberger, 2009).

Modellerna kan antingen baseras på fysikaliska samband eller på statistiskt behandlat mätdata. Detta påverkar inte användningen av emissionsmodellerna och diskuteras därför inte här. Dock kan sägas att tillgången till de mätdata som modellen baseras på är den stora kvalitetsskillnaden mellan olika modeller och detaljnivån i beskrivningen av trafikarbetet ger stora effekter på resultatet från makromodellerna, medan fordonsbeskrivningen och valet av indata ger stora effekter på emissionsberäkningen för mikromodellerna.

Ett axplock av olika modeller beskrivs i detta kapitel mer ingående. I denna studie har mikromodellen PHEM använts för att ta fram emissioner enligt makromodellen i EVA där emissioner för vägar utan stopp (grundutsläpp) och ett tilläggsutsläpp för varje korsning presenteras. I Sverige används också HBEFA-modellen, som anger utsläppen baserat på valda körförlopp för olika typer av vägar.

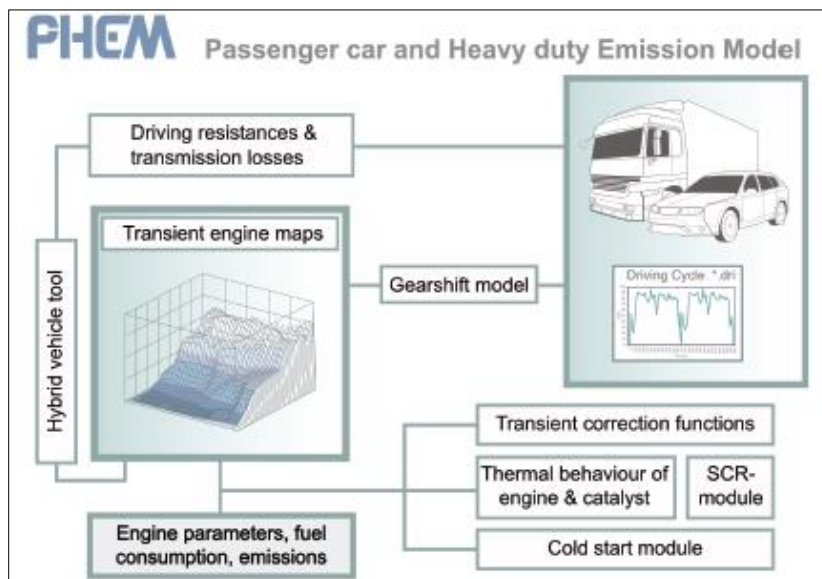
^a <http://www.trafikverket.se/om-oss/var-verksamhet/sa-har-jobbar-vi-med/miljo-och-halsa/halsa/luft/dokument-och-lankar-om-luft/handbok-for-vagtrafikens-luftfororening/>

Nedan beskrivs lite kort mikromodellerna PHEM och VETO, samt makromodellerna HBEFA, NEMO, COPERT, VERSIT+ och emissionsmodellen i EVA. Valet av presentade modeller är inte systematiskt.

2.1. PHEM

Mikromodellen PHEM är en fysikalisk modell som beräknar fordons emissioner och bränsleförbrukning baserat på detaljerade beskrivningar av energibehov samt den kraft som behövs för att övervinna det färdmotstånd (luft- och rullmotstånd) och de transmissionsförluster som uppkommer för ett givet körmönster. Detta ger kraft- och effektuttaget från motorn varje sekund under ett körförlopp. Utsläppen för olika behov av kraft och effekt har mätts upp för olika motorer och fordon och plockas fram för individuella situationer vilket ger emissionsfaktorer för respektive fordon och körmönster. Ett fåtal elfordon och el-hybrider beskrivs i modellen, men främst finns tunga fordon och personbilar som drivs med vanliga bränslen.

PHEM är en förkortning av ”Passenger car and Heavy duty Emission Model” och är framtagen vid Tekniska Universitetet i Graz (TUG), Österrike. PHEM är uppbyggd på ett sätt som innebär att i stort sett vilket körmönster och fordonskonfiguration som helst kan simuleras, genom att beräkna energibehovet via en växlingsmodell och en beskrivning av energiförluster. Dessa beräkningar tillsammans med en transient motormapp ger utsläppen efter vissa korrekationer (Figur 1). Modellen började utvecklas år 2000 och har vidareutvecklats inom FP7-projekten ARTEMIS (Hausberger et al., 2003), COST 346 och HBEFA (www.hbefa.net). Ursprungligen utvecklades metoden för emissionsberäkningar för tunga fordon men den har sedan kompletterats med personbilar och lätta lastbilar.



Figur 1. Översiktlig beskrivning av PHEM (källa: PHEM User Guide).

För att göra beräkningarna används data om fordonen tillsammans med körmönster och motormappar. Motormappen beskriver utsläppen som en funktion av motorns vridmoment och varvtal. Motorkraften beräknas bland annat utifrån hjulens diameter, slutväxel och utväxlingsförhållande och den växlingsmodell som används. Emissioner och bränsleförbrukning interpoleras sedan från de motormappar som finns i en normaliserad form och utifrån den motorkraft och hastighet som gäller.

PHEM innehåller databaser med genomsnittliga motormappar för ett flertal fordon och fordonstyper. Dessa motormappar baseras på mätningar som genomförts i ett antal nationella och internationella studier. Följande kategorier finns att tillgå:

- Personbilar (diesel och bensin, Euro 0 till Euro 6)
- Lätta lastbilar (diesel och bensin, Euro 0 till Euro 6)
- Tunga fordon (diesel, Euro I till Euro IV, indelade i viktkategorier)
- Bussar (landsvägs- och stadsbussar, diesel)

Mest mätdata finns tillgängligt för tunga fordon för Euro I till Euro IV. För personbilar finns flest observationer för Euro 4 (diesel och bensin). För att få motormappar för fordonskategorier och emissionsklasser där mängden tillgänglig mätdata är begränsad har motormappar för tidigare emissionsklasser alternativt andra fordonskategorier använts. Med hjälp av reduceringsfaktorer och kalibrering med de mätvärden som finns för dessa fordon har nya motormappar tagits fram.

Förutom motormappar, som redan finns tillgängliga, behöver övrig indata för fordonen definieras. Det som ska anges är till exempel vikt, last, tvärsnittsarea (för beräkning av luftmotståndet), däckens diameter och vikt, samt motoregenskaper som effekt, maximalt motorvarv, motorvarv vid frikoppling samt tröghet. Även rullmotståndsfaktorer och egenskaper för växling ska anges. Denna information finns redan tillgänglig i de databaser över fordon som finns i PHEM, men möjlighet att definiera egna fordon finns. De fordon som finns i databasen har parametersatts oberoende av varandra mot genomsnittliga EU-fordon, i de fall där det finns statistiska data. En nackdel är att sådana värden endast finns tillgängliga för vanliga parametrar som olastad vikt och effekt och ofta för fordon som inte är äldre än 2000. Övriga värden anges utifrån uppmätta värden. I de fall där inte tillräcklig stor mängd data finns, som till exempel angående äldre fordon, har data extrapolerats från nyare fordonsmodeller.

Man uppdaterar hela tiden prognosen för hur teknikutvecklingen, teknikvalet och fordonsparken utvecklas med tiden, vilket har stor påverkan på de prognosticerade emissionsfaktorerna (Rexeis and Hausberger, 2009). Samtidigt ökar andelen NO₂ i NO_x-utsläppen (på grund av katalysatorerna) vilket ger högre halter av NO₂ i urbanmiljö. Detta gäller i ännu högre grad vid höga halter av NO_x då ozonet som behövs vid omvandlingen från NO till NO₂ förut tog slut, så att nedbrytningshastigheten för NO minskade till nästan noll vid höga NO_x-halter. Emissionsfaktorer beräknade med PHEM-modellen ligger till grund för de flesta makroskopiska emissionsmodeller som används i Europa.

2.2. VETO

VETO är en mikrosimuleringsmodell för fordon som har utvecklats vid VTI. Den var ursprungligen gjord för att beräkna fordonskostnader för slitage av däck och bromsar samt för reparations- och kapitalkostnader (Hammarström och Karlsson, 1987). På senare tid har den dock främst använts för att beräkna bränsleförbrukning samt till viss del emissioner med avseende på olika utformningar av vägar, vägytans egenskaper samt förarbeteende (IERD 2006, ECRPD 2010, Nilsson m fl 2005). VETO baseras på fysikaliska samband, där ett fordon åt gången simuleras utan interaktion med andra fordon. VETO-modellen beräknar utifrån en detaljerad beskrivning av vägen och körbeteendet fram ett körmönster med fordons-hastigheten angiven varje sekund. Det är möjligt att på stor detaljnivå beskriva såväl fordon som vägsektioner.

De data som kan beskrivas och varieras i VETO kan indelas i följande huvuddelar:

- Fordon: fordonstyp, luftmotstånd, vikter, axlar, egenskaper hos däck, motor och växellåda samt motormapp.

- Väg: geometri (horisontell och vertikal kurvatur), längd, bredd, hastighetsgräns, vägytans egenskaper (IRI^b, MPD^c).
- Förarbete: beskriver vilken hastighet förarna väljer att hålla med avseende på hastighetsgräns och vägbredd samt hur de väljer att växla.
- Väder: inkluderar lufttryck, utetemperatur, vindhastighet, snödjup alternativt vattendjup på vägytan.

VETO:s beräkning av körmönstret utifrån den vägbeskrivning som anges tillsammans med förarbete finns inte representerad i PHEM-modellen där körmönstret måste anges som indata till modellen. Körmönstret ger sedan det energibehov (eller bränslebehov) som används för motordrift, motorbroms samt inbromsning. Det är en aspekt som väsentligen skiljer sig från andra mikrosimuleringsprogram för trafik där man i förväg behöver definiera det körmönster för vilken bränsleförbrukning och emissioner ska beräknas. En fördel med VETO är att koden är öppen samt att den baseras på mätningar främst utförda i Sverige och att VTI, som offentligt institut, har och ger tillgång till mätdata. Det gör att modellen kan utvecklas med nya mätdata och nya samband, men det krävs ett stort arbete att hålla alla delar av modellen aktuella. VTI har därför i samarbete med Trafikverket valt att utveckla ett samarbete med det tekniska universitetet i Graz, Österrike (TUG) där styrkorna i PHEM-modellen och VETO-modellen kan kombineras.

2.3. HBEFA

HBEFA är en makroskopisk emissionsmodell som används av ett antal länder^d i Europa och utgör i princip en databas av emissionsfaktorer för olika typer av fordonskategorier, vägar och trafiksituationer. Fordonssammansättningen anpassas till respektive lands fordonsflotta och uppdateras i Sverige varje år med aktuella fordonsantal och körda sträckor på olika vägar.

Med HBEFA kan man beräkna avgasutsläpp och bränsleförbrukning för såväl enskilda vägar som regionala och nationella trafiksystem. I beskrivningen av körmönster för de olika vägtyperna inkluderas hela för vägtypen normala körförlopp inklusive förekomsten av korsningar och för vägtypen normala stopp. De emissionsfaktorer som finns i HBEFA-modellen baseras på beräkningar med den mikroskopiska och detaljerade emissionsmodellen PHEM, med valda körmönster för varje vägtyp, hastighetsgräns, kapacitetsförhållande och fordonsklass. Modellen kan också beräkna kallstarteffekter och tillägg för användande av extrautrustning såsom luftkonditionering.

Fördelningen av körsträcka på olika emissionsfaktorer inom HBEFA kan göras direkt genom att den totala körsträckan fördelas jämt över antalet fordon av varje fordonstyp eller via genomsnittlig körsträcka för respektive fordonstypen. Skillnaden är cirka 5 % av motorkraften i de flesta storlekskategorier (Hammarström och Yahya, 2013).

I HBEFA ingår ett stort antal körmönster som är olika för tätort och för landsbygd. De olika vägtyperna finns beskrivna i Bilaga 1. Flera av de faktiska körmönstren är desamma för olika vägtyper och totalt finns i HBEFA ett stort antal olika körmönster beskrivna. Körmönstren i HBEFA bygger på mätningar i verklig trafik och genom att analysera dessa har man tagit fram ett antal typiska

^b IRI (International Roughness Index) är ett mått på variationen i vägytan i längsled som relaterar till fordonsdynamik och åkkvalitet (Freitas m.fl. 2013 *The analysis of variability of pavement indicators: MPD, SMTD and IRI. A case study of Portugal roads*, doi: 10.1080/10298436.2013.807343)

^c MPD (Mean Profile Depth) är ett geometriskt mått som beskriver vägytans skrovlighet i våglängdsområdet 0,5 mm till 50 mm. Måttet mättes först 2005 i Sverige då det ersatte de tidigare rmsvärdena fine rms och rough rms (Sjögren, 2013).

^d Tyskland, Österrike, Schweiz, Sverige, Norge och Frankrike.

körmonster som därmed ska representera hur fordon körs i ”verkligheten”. Modellen är framtagen baserat från körmonsterdata från flera länder, bland annat Sverige.

Det svenska vägnätet finns beskrivet i den nationella vägdatabasen (NVDB)^e, där klassningen av vägar har fått översättas till det system som används i HBEFA (WSP, 2008 och 2015). Efter den preliminära klassningen av NVDB:s väglänkar till HBEFA:s vägtypindelningarna på landsbygd respektive i tätort gjordes en jämförelse med svenska körmonsterdata för de aktuella vägtyperna. För några av vägkategorierna kunde konstateras att den preliminära klassningen var kopplad till ett körmonster med en för låg eller för hög medelhastighet jämfört med vad svenska mätningar ger. I de fall då det fanns svenska körmonsterdata för en aktuell vägtyp som överensstämde bättre med någon annan av HBEFA:s trafiksituationer så ändrades den preliminära klassningen.

I ytterligare ett steg gjordes uppskattningar av hur trafiken på samtliga väglänkar i Sverige fördelas på olika trafikflödesklasser. Kombinationen av typ av väg, på landsbygd eller i tätort och trafikflödessituation utgör trafiksituationen i HBEFA.

2.4. NEMO

NEMO är ett verktyg utvecklat av TUGraz för att simulera trafikrelaterade emissioner i vägnätverk (Dippold m. fl., 2012) och är ett alternativ till HBEFA (www.hbefa.net). Typiska applikationer är att inventera emissioner i städer, regioner och länder, men det går också att beräkna effekter på emissioner för miljözoner samt vid främjande av alternativa framdrivningssystem. Verktöget kombinerar en detaljerad beskrivning av fordonsflottan med simuleringar av emissionsfaktorer för ett enskilt fordon. NEMO använder ett nytt urbant körmonster, uppmätt i Österrike med en mer aggressiv körstil än i det tidigare urbana körmonstret som används i HBEFA. Detta innebär att NEMO ger klart högre utsläpp än HBEFA (Rexeis and Hausberger, 2009).

2.5. COPERT

Många länder^f i Europa använder COPERT, eller en COPERT-baserad variant, i den officiella rapporteringen av nationella utsläppsinventeringar. COPERT anger emissionerna direkt mot hastighet, vilket kan underlätta användandet av modellen. Emissionsfaktorerna är även i denna modell baserade på beräkningar med PHEM där variationen av hastighet ingår i de grundläggande beräkningarna. Utsläppen beräknas för olika fordonskategorier som personbilar, lätta lastbilar, tunga lastbilar, bussar samt motorcyklar och mopeder. COPERT är den huvudsakliga emissionsmodellen för vägtransport i EMEP/EEA Atmospheric Emissions Inventory Guidebook^g.

I och med att hastighetsförändringar har en stor betydelse för bränsleförbrukning och emissioner, kan emissionsberäkningar som baseras på en genomsnittlig hastighet för en vägsträcka, undervärdera (eller övervärdera) bränsleförbrukning och utsläpp (Ding and Rakha, 2002). Detta kan dock i viss mån hanteras med korrektionsfaktorer, även om dessa sannolikt varierar stort över olika vägtyper.

Utsläpp anges av ämnena; CO, NO_x, VOC, PM, NH₃, SO₂ och tungmetaller, samt även för växthusgaserna CO₂, N₂O och CH₄.

^e <https://nvdb2012.trafikverket.se/>

^f Irland, Portugal, Spanien, Frankrike, Belgien, Italien, Danmark, Estland, Lettland, Litauen, Polen, Tjeckien, Slovakien, Ungern, Slovenien, Kroatien, Bulgarien, Grekland, Makedonien.

^g <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013,2016-11-24>

2.6. VERSIT+

VERSIT+ är utvecklat av TNO i Holland och används för att estimeras emissionsfaktorer och bränsleförbrukning som är representativa för fordonsflottor i olika länder^h). Emissionsfaktorerna är uppdelade för olika fordonstyper och trafiksituationer, och tar hänsyn till verkliga körcykler. VERSIT+ anger utsläpp av reglerade emissioner, samt CO₂, NO₂, PM_{2.5}, EC, PAH och slitagepartiklar från däck, bromsar och vägyta. Verktöget kan användas för att beräkna effekten av nationella strategier för att minska utsläpp av klimatgaser men passar också till att undersöka luftkvalitet på lokal nivå. VERSIT+ baseras på en databas med cirka 12 000 uppmätta körcykler, från körning i verklig trafik. Genom att använda statistisk modellering hittas den emissionsfaktor som bäst passar ett givet körmönster. VERSIT+ kan, liksom PHEM, kopplas till trafiksimuleringsmodeller för att på så vis direkt kunna få en utvärdering av olika åtgärder i trafikmiljön, t ex grön väg.

2.7. Emissionsmodellen i EVA

EVA är ett verktyg som Trafikverket använder för att beräkna samhällsekonomiska effekter av olika trafikprojekt där emissioner är en delⁱ. Den hanterar endast förändringar av ruttval och inte systemeffekter. I EVA beräknas det ekonomiska måttet nettonuvärdeskvot^j (NNK) och inkluderar faktorer som restidvinster, fordonskostnader, godskostnader, trafiksäkerhetseffekter, utsläpp till luft, komfort samt drift och underhåll. Buller, exploateringseffekter och barriäreffekter är exempel på aspekter som inte tas i beaktande. Effektberäkningarna i EVA görs för ett basår och för två prognosår. För de mellanliggande åren interpoleras effekterna. För de år som följer efter sista prognosår så extrapoleras effekterna och utifrån ett antagande om att dessa följer trafiktillväxten (WSP, 2008 och 2015). Ett exempel på hur utdata från en beräkning med EVA kan se ut visas i Bilaga 2. I denna studie hanteras dock endast emissionsdelen av EVA-modellen.

I EVA:s emissionsmodell beräknas utsläppen för väglänk utan korsningar (grundutsläpp) och korsning var för sig, och dessa utsläpp summeras sedan. På vilket sätt fordonen stannar påverkar utsläppen en hel del (se t.ex. Carlson m fl., 2014), och ett begränsat antal olika stopptillägg finns tillgängliga i EVAs emissionsmodell i dagsläget. I och med att EVAs emissionsmodell är den makroemissionsmodell som uppdateras i denna studie kommer mer detaljerad information om modellen att behandlas i kommande kapitel.

2.8. Emissionskrav för Euro-klasser

I de följande två tabellerna finns en sammanställning av de emissionskrav som finns för de olika Euro-klasserna. I Tabell 1 presenteras emissionskraven för personbilar och i Tabell 2 presenteras kraven för lastbilar. För personbilar mäts emissionerna i g/km och för lastbilar i g/kWh. Att kraven anges i olika enheter innebär att Euroklasserna för personbil och lastbil inte är direkt jämförbara.

^h <http://www.tno.nl/>

ⁱ www.trafikverket.se

^j Nettonuvärdeskvot (NNK) är en beräkning av hur mycket en investering ger tillbaka per satsad krona.

Tabell 1. Emissionskravd för personbilar. Tomma rutor innebär att det inte finns några emissionskrav för föroreningen i den fordonsklass raden gäller.

Fordonsklass	Typgodkännande av nya modeller	CO (g/km)	THC (g/km)	NMHC (g/km)	NOx (g/km)	HC+NOx (g/km)	partiklar (g/km)	partiklar (#/km)
Diesel								
Euro 1	Juli 1992	2,72				0,97	0,14	
Euro 2	Januari 1996	1,0				0,7	0,08	
Euro 3	Januari 2000	0,64			0,50	0,56	0,05	
Euro 4	Januari 2005	0,50			0,25	0,30	0,025	
Euro 5a	September 2009	0,50			0,180	0,230	0,005	
Euro 5b	September 2011	0,50			0,180	0,230	0,005	6×10 ¹¹
Euro 6	September 2014	0,50			0,080	0,170	0,005	6×10 ¹¹
Bensin								
Euro 1	Juli 1992	2,72				0,97		
Euro 2	Januari 1996	2,2				0,5		
Euro 3	Januari 2000	2,3	0,20		0,15			
Euro 4	Januari 2005	1,0	0,10		0,08			
Euro 5	September 2009	1,0	0,10	0,068	0,060		0,005 **	
Euro 6	September 2014	1,0	0,10	0,068	0,060		0,005 **	6×10 ¹¹

** Tillämpas bara för fordon med bränsleinsprutning.

Källa: EG (1993) EU (1994), EU (1996), EU (1998), EU (2002), EU (2007)

Tabell 2. Emissionskrav för lastbilar. Tomma rutor innebär att det inte finns några emissionskrav för föroreningen i den emissionsklass raden gäller.

Fordonsklass	Typgodkännande av nya modeller	Testcykel	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	PM (g/kWh)	Rök (m ⁻¹)	
Euro I	1992, < 85 kW	ECE R-49	4,5	1,1	8,0	0,612		
	1992, > 85 kW		4,5	1,1	8,0	0,36		
Euro II	Oktober 1996		4,0	1,1	7,0	0,25		
	Oktober 1998		4,0	1,1	7,0	0,15		
Euro III	Oktober 1999 (EEV)		ESC & ELR	1,0	0,25	2,0	0,02	0,15
	Oktober 2000		ESC & ELR	2,1	0,66	5,0	0,10	0,8
Euro IV	Oktober 2005		1,5	0,46	3,5	0,02	0,5	
Euro V	Oktober 2008		1,5	0,46	2,0	0,02	0,5	
Euro VI	31 december 2013		1,5	0,13	0,4	0,01		

Källor: EG (1988), EG (1991), EU (2000), EU (2009).

3. Befintlig emissionsmodell i EVA

Inom detta projekt har emissionsmodellen EVA uppdaterats. Hittills har bränsleberäkningen baserats på VETO-modellen och avgasutsläppen på dessa bränsleberäkningar tillsammans med relationen mellan olika utsläpp och bränsleförbrukningen från HBEFA-modellen. Avgasutsläppen är en relativt liten del av EVA-modellen, och detaljnivån har därför begränsats.

I EVA:s emissionsmodell beräknas utsläppen för väglänk och korsning var för sig, och dessa utsläpp summeras sedan genom att till grundutsläppet utan korsningar (EmissionsFaktor – grundutsläpp, EF_{grund}) som beräknas i gram per kilometer läggs ett extra utsläpp i gram per korsning (EF_{stopp}). Utsläppet för en vägsträcka blir då $EF_{grund} * [längd] + EF_{stopp} * [antal korsningar] * [sannolikheten att fordonet stoppar helt]$. Både EF_{grund} och EF_{stopp} finns tillgängliga för ett antal olika hastigheter och fordon (Carlsson m fl. 2008). Stoptillägget påverkas starkt av på vilket sätt fordonen stannar (se t.ex. Carlson m fl. 2014), och ett begränsat antal olika stoptillägg finns tillgängliga i EVA-modellen i dagsläget.

Länkutsläppet finns för fem olika situationer; ett urbant körmönster och fyra olika siktklasser för landsbygd. För landsbygd finns det länkutsläpp för 7 olika hastigheter, mellan 60 och 120 km/h och steg om 10 km/h. För tätort finns det länkutsläpp för 8 olika medelhastigheter som återfinns inom ett intervall mellan 30 och 55 km/h, i steg om 5 km/h.

3.1. Fordon

Sex olika fordonstyper ingick i uppdateringen av EVA-modellen. Dessa är lätta fordon (personbil, lätt lastbil, MC), tunga fordon och tunga fordon med släp, urbanbuss respektive långfärdsbuss. Alla fordon är dieseldrivna utom den sjätte fordonstypen; bensindrivna lätta fordon. Utsläppsdata för lätta fordon i EVA beräknas för personbilar, medan lätt lastbil och MC hanteras med korrektionsfaktorer. Fordonen är också indelade i åtta kategorier som representerar olika miljöklasser^k. Den äldsta miljöklassen är A och sedan har upp till H definierats i gällande EVA-modell. Dock har inte alla beräknats direkt, utan vissa har beräknats med hjälp av korrektionsfaktorer. De som har beräknats direkt är:

- Personbil bensin (A, B, C)
- Personbil diesel (A, B, C)
- Lastbil utan släp (A, B)
- Lastbil med släp (A, B)
- Stadsbuss (A, B)
- Landsvägsbuss (A, B)

Fordonen beskrivs i detalj utifrån motormappar, den totala arbetsvolymen av motorns cylindrar, tröghetsmoment för motorn, inre friktion, hjälputrustning, transmission, fordonsvikter, data om däck och luftmotstånd.

VETO har dock endast beräknat CO₂-emissioner efter fordonskategori B (för lastbilar), respektive fordonskategori C (för personbilar). För att ändå få fram emissioner för fordonskategorier som kommer efter B för lastbilar, respektive C för personbilar, har man använt korrektionsfaktorer. Korrektionsfaktorerna togs fram genom att använda ARTEMIS/HBEFA där en relation beskriver hur CO₂-emissionerna från två EURO-klasser förhåller sig till varandra. Emissioner för de nyare fordonskategorierna motsvarar då den senast VETO-modellerade fordonskategorin multiplicerat med relationen tagen från ARTEMIS/HBEFA.

^k A – Pre-Euro 1; B – Euro 1; C – Euro 2; D – Euro 3; E – Euro 4; F – Euro 5; G – Euro 6; H – 2050.

3.2. Vägbeskrivningar

Vägbeskrivningarna är i huvudsak indelade i landsväg och väg i tätort. För att beräkna grundutsläppen i uppdateringen har man för landsväg utgått från de olika siktklasserna, 1 till 4. För tätort används en rak och horisontell väg utan korsningar. För dessa typvägar beräknas grundlänkeffekter (i tidigare rapportering kallad GLEF). På grund av förekomst av korsningar, snö, väta mm tillkommer det grundmereffekter (i tidigare rapportering kallad GMEF). Korsningar har hanterats med ett stopptillägg kombinerat med sannolikheten att fordonet stannar i korsningen.

Tabell 3. Sammanställning av vägbeskrivningar för landsväg i uppdateringen av T150.

Typvägar	Längd	Siktklass	ADC [^]	RF*
LF_typ11	22 989	1	1,53	5,49
LF_typ12	22 009	2 (rak, kuperad)	9,80	15,36
LF_typ21	20 893	2 (kurvig, plan)	29,8	5,00
LF_typ22	21 477	3 (kurvig, kuperad)	17,47	17,56
LF_typ3x	25 149	4 (krokig, kuperad)	85,63	18,28
LF_typx3	24 575	4 (kurvig, backig)	42,43	28,98

[^]ADC = Average degree of curvature, beskriver kurvaturen på vägen (°/km)

* RF = Rise and fall, beskriver lutningen på vägen (m/km)

I samtliga fall för landsbygd och tätort används standardvärden på tvärfall på 2,5 % för en rak landsväg samt för tätort i enlighet med Trafikverkets anvisningar (Vägverket 2004). För landsväg användes ytterligare två tvärfall vid kurvor, 4,0 % respektive 5,5 %, beroende på skyltad hastighet och kurvradie. Vägytan har antagits vara torr och med en makrotextur enligt måttet MPD = 0,5.

Vägbeskrivningen har inte varierats i de beräkningar som presenteras i denna studie.

3.3. Körbeteende

Körbeteende för landsväg för fritt flöde har tagits fram med hjälp av VETO, som beräknar hastighet utifrån vägens utformning. Här används funktioner baserade på Brodin m fl. (1986) som ger en uppskattning av fordonshastighet i en horisontalkurva som funktion av hastigheten före kurvan och av radien. Med dessa fås via VETO hastigheter, acceleration och retardation utifrån vägens utformning. Andra studier som ligger till grund är Lindqvist (1991) där hastighetsmätning utförts före, i och efter en horisontalkurva, backstudier (Sörensen & Carlsson 1997) och accelerationsstudier (Hammarström & Karlsson 2004).

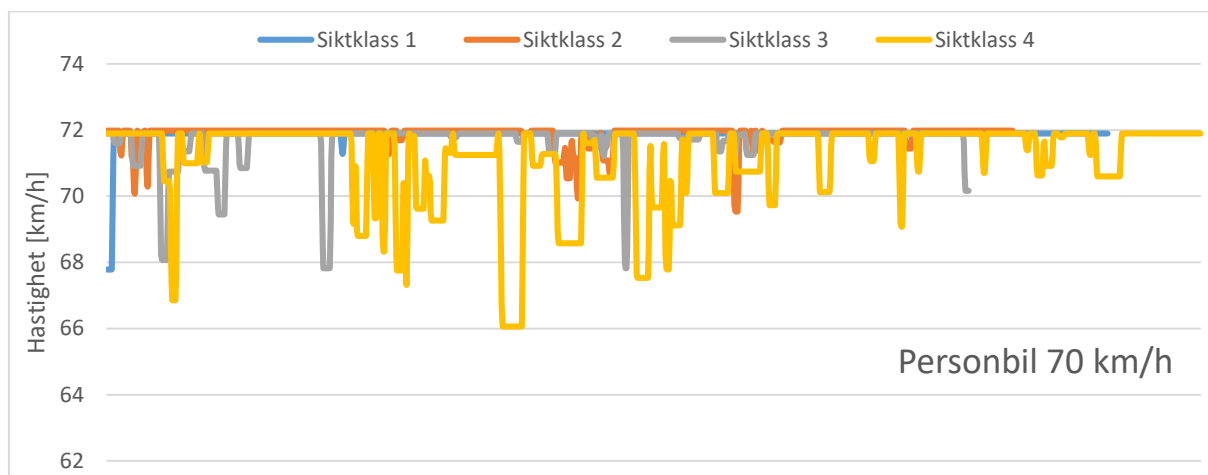
Funktionen som användes i VETO är:

$$v(v_0, r) = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{v_0^2} + 0,15 \left(\frac{1}{r} - 0,001\right)}}$$

v : Eftersträvad hastighet i kurva, som funktion av vägens radie.

v_0 : Eftersträvad hastighet på rak väg före kurva (m/s).

r : Horisontalradie (m)



Figur 2. Resultande körmonster från VETO för en personbil som färdas på vägar av olika siktklass. Rådande hastighetsbegränsning är 70 km/h.

Körmonster för tätort bygger på mätningar gjorda på Essingeleden i Stockholm. Totalt togs 13 körförlopp fram varav 6 stycken användes till beräkningarna. Det eftersträvade körmonstret inom hastighetsintervallet 20 km/h till hastighetsnivån vid kapacitetsgränsen (VC) är lika för alla fordonstyper (Carlsson & Hammarström 2008).

3.4. Rullmotstånd

Rullmotståndet som beror på interaktionen mellan vägyta och fordon inkluderades i VETO-beräkningarna och uppdaterades för personbil samt för lastbil med och utan släp och inkluderar nu även IRI (Hammarström m fl. 2012). Uppdateringen baseras på mätningar från tre tidigare projekt; ECRPD; 60 t och produktionsmätningar samt trummätningar. En generell rullmotståndsfunktion har tagits fram och gäller för en omgivningstemperatur på 8° C och de resulterande koefficienterna presenteras i tabellen.

3.4.1. Hjälpustrustning och däckslitage

Effektbehovet för extrautrustning som kylfläkt och servoaggregat ingår inte i genomförda simuleringar. För tunga fordon ingår hjälpustrustning som en fast medeleffekt medan det inte ingår för personbilar. I Carlsson m fl. (2008) ingår beräkningar av däckslitage där modellen är baserad på beräkning av slipenergi, vilket i sin tur beräknas som funktion av bl.a. slip- och avdriftsvinkelkoefficient.

3.4.2. Korrektionsfaktorer

Korrektionsfaktorer beräknades för trängsel, vägytans egenskaper, väglag, kallstart och tomgång. För trängsel beräknades korrektionsfaktorer som funktion av belastningsgraden i aktuell riktning enligt:

$$\alpha = 1 + a(\beta - \beta^2)$$

a : En konstant beroende på siktklass.

β^l : Belastningsgraden i trafikflödet för en riktning.

¹ Belastningsgraden anges som bg i originaltexten.

Korrektionsfaktor används bara för personbil och är samma för bensin och diesel. Ingen korrektion görs för flerfältiga vägar.

För vägyta och väglag görs korrektion för följande förhållanden:

- Snö; 5 och 7 cm
- Väta
- Ojämnhet; IRI = 5 och 7
- Maktotextur; TD (MPD) = 1,8 och 3

För kallstart togs värden från ARTEMIS.

Tomgångsförbrukning har beräknats med och utan användning av ”hjälpustning” som t ex luftkonditionering. Effektbehovet för hjälpustningen beskrivs som ett konstant uttag utöver framdrivningseffekten. Tomgångsförlusterna beräknades med VETO.

3.5. Befintliga emissionstabeller

De emissionstabeller som i dagsläget används av EVA-modellen listar bränsleförbrukningen för bensindriven personbil samt dieseldriven personbil, lastbil utan släp samt för lastbil med släp.

4. Dagens modell

I detta projekt har emissionsfaktorer för grundutsläpp och stopptillägg uppdaterats och omarbetats en del för att kunna övergå från mikrosimuleringsmodellen VETO till PHEM. Bidragande orsaker till valet att byta modell är att de grundläggande mätdata som PHEM baseras på kontinuerligt uppdateras inom det europeiska samarbetet ERMES. De senaste Euroklasserna finns därmed tillgängliga för beräkningar av såväl bränsleförbrukning som emissioner. VETO fungerar fortfarande för att beräkna bränsleförbrukning, men behöver uppdateras för att nå samma standard som PHEM för övriga emissioner. Under senare år har relationer mellan emissioner av avgaser och bränsleförbrukning beräknats med HBEFA (som är baserad på PHEM) för att sedan användas tillsammans med den bränsleförbrukning som beräknats med VETO. HBEFA används också redan idag för att beräkna trafikens årliga emissioner och bränsleförbrukning för det svenska vägnätet. Att använda PHEM som grund även till EVA-kalkylen kommer att ge större samstämmighet mellan de olika beräkningsverktyg som Trafikverket använder.

Projektet har beräknat bränsleförbrukning och emissionsfaktorer för Bränsle/CO₂, NO_x, CO, HC, PM, PN (partikelantal) och NO, uteslutande baserat på PHEM istället för de tidigare använda VETO-körningarna. För att underlätta uppdatering även av de delar som beräknats här har ansträngningar gjorts för att utnyttja större delar av de beräkningar som kontinuerligt uppdateras i HBEFA. Trängseffekter har inte hanterats i denna uppdatering, utan alla körmonster baseras på fritt flöde. Dock underlättas en inkludering av olika trängselnivåer genom att alla de körcykler som har använts från HBEFA också finns tillgängliga för de fyra olika trängselnivåer som behandlas i HBEFA. Dessa kan därför direkt beräknas antingen för de typfordon som använts i denna studie eller migreras till de fordonskombinationer som används i HBEFA idag.

Hur fordonen stannar påverkar utsläppen en hel del (se t.ex. Carlson m fl., 2014), men i de föreslagna emissionsfaktorerna har endast en typ av stopp hanterats. Detta stopp är ett relativt abrupt stopp till stillastående och snabb acceleration upp till ursprungshastigheten igen.

Nedan beskrivs de anpassningar och antaganden som har gjorts för att utveckla emissionsmodellen i EVA i riktning mot större samstämmighet med de andra emissionsdata som används i Sverige och resten av Europa. Bränsleförbrukningsfaktorerna som har beräknats avslutar detta kapitel. Mer detaljer kan erhållas från författarna.

4.1. Beskrivning av nya emissionstabeller

De nya emissionstabellerna redovisas i kapitel 4.4 för bränsleförbrukningen och i bilaga 3 och 4 för övriga utsläpp. Fler tabeller kan rekvireras direkt från författarna.

Emissionerna har nu beräknats för de sju olika Euro-klasserna, och för diesel respektive bensindriven personbil samt dieseldrivna lastbilar med och utan släp. Grundemissionerna har beräknats för fyra siktclasser och sju olika hastigheter mellan 60 och 120 km/h, samt för en urbanmiljö i fyra olika hastigheter. Stopptilläggen har beräknats för samma fordonslag och för stopp från 20–90 km/h i åtta olika klasser.

För att få fram emissionerna på en väg används grundemissionerna med ett tillägg för varje korsning. Tillägget viktas med sannolikheten att man stannar helt i korsningen, enligt nedan.

$$EF_{\text{väg}} = EF_{\text{grund}} + EF_{\text{tillägg}} * [\text{antal korsningar}] * [\text{sannolikheten att fordonen stannar}]$$

4.2. Fordonsval

Valet av personbil är helt baserat på de två fordonsbeskrivningarna som anges som grundmodeller i PHEM (bensin respektive dieseldrift) och beskrivs nedan. Att övergå till sammanvägning av hela den svenska fordonsflottan har funnits med som en naturlig fortsättning av detta arbete och har därför

underlättas redan på detta stadiet. Dessa beräkningar avseende endast ett typfordon innebär att bilarna nu istället för att kategoriseras via årtalsammanvägningar (kategori A-H), kategoriseras efter respektive euroklass. Typfordonen är också viktade efter det europeiska vägnätet och inte enbart det svenska, vilket leder till en del skillnader.

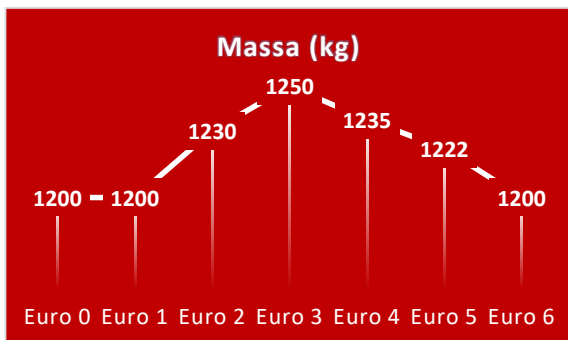
Fordonsparametrarna för lastbil med och utan släp finns i många utföranden i PHEM, men har här baserats på tidigare trafikundersökningar och det svenska fordonsregistret i och med att det inte finns någon tillgänglig och tillräckligt detaljerad beskrivning av hur motorn har förändrats mellan kategorierna A och H^m som kunde ha utnyttjats här. Formfaktorn för en lastbil förblir i princip oförändrad, varför de enda parametrarna som förändras med de olika euroklasserna är de som beskriver motorn. Till sist har vi använt de typmodeller som redan finns i PHEM för de parametrarna som saknades – hur kugghjulen i växellådan förhåller sig till varandra och även motormappar.

I styckena 4.2.1 till 4.2.3 beskrivs egenskaper hos fordonen och hur de förändrats mellan euroklasserna.

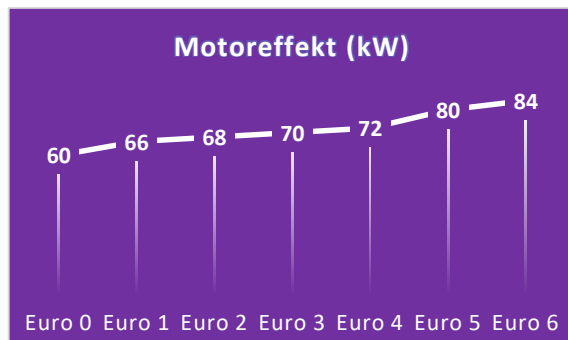
4.2.1. Personbilar

De fordonsparametrarna som har använts för personbilar i de olika euro-klasserna presenteras här. Samma parametrarna har använts för både bensin och dieselfordon. De parametrarna som har använts är fordonets vikt (Massa), motoreffekten, det nominella (eller maximala) varvtalet, varvtalet vid tomgångskörning, fordonets tvärsnittsarea mot färdriktningen samt luftmotståndskoefficienten C_d .

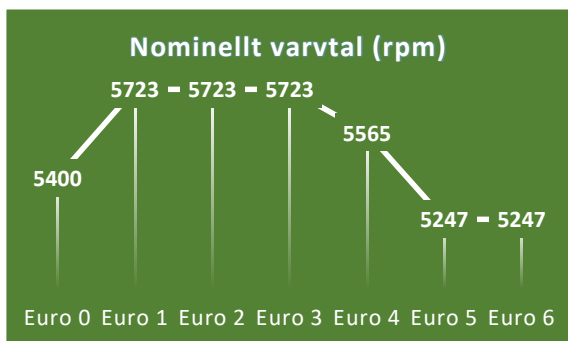
^m Som nämnt i 3.1 så är enbart fordonskategori A-B modellerade för lastbilar.



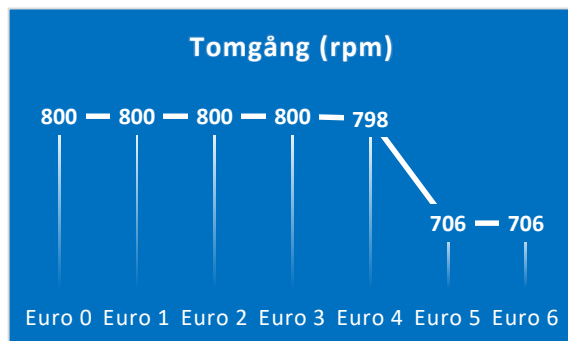
Figur 3. Massvariation (kg) för den genomsnittliga bensindrivna personbilen av olika euroklasser



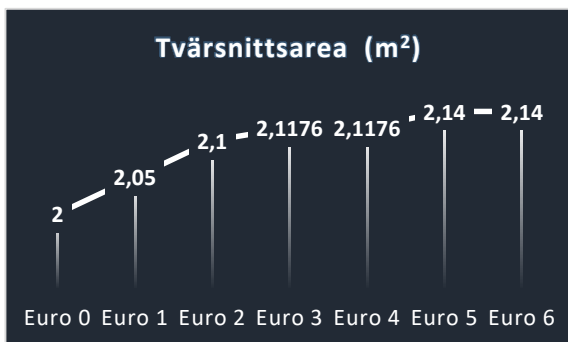
Figur 4. Motoreffektsvariation (kW) för den genomsnittliga bensindrivna personbilen av olika euroklasser.



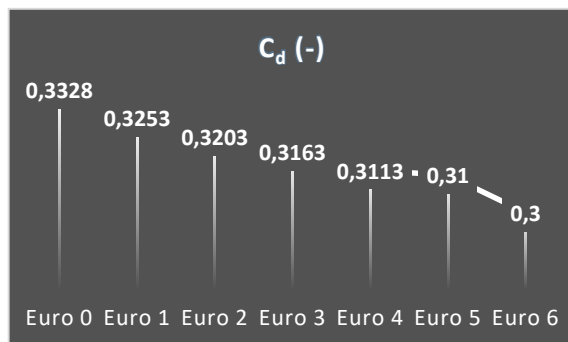
Figur 5. Variation av det nominella varvtalet (rpm) för den genomsnittliga bensindrivna personbilen av olika euroklasser.



Figur 6. Variation av varvtal i tomgångskörning (rpm) för den genomsnittliga bensindrivna personbilen av olika euroklasser.



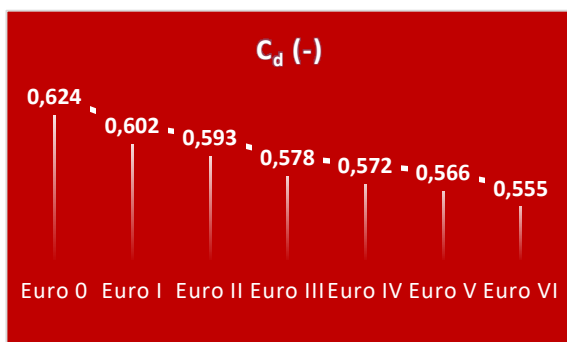
Figur 7. Variation i tvärsnittsarea (m²) för den genomsnittliga bensindrivna personbilen av olika euroklasser.



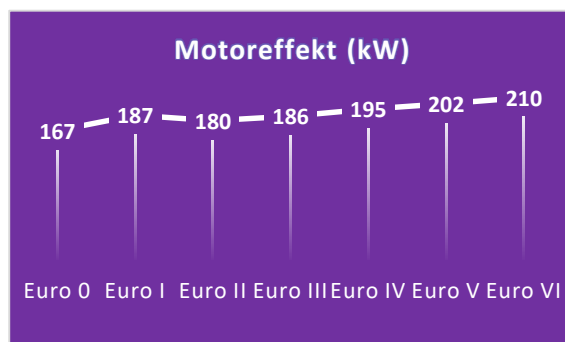
Figur 8. Variation av luftmotståndskoefficienten för den genomsnittliga bensindrivna personbilen av olika euroklasser.

4.2.2. Lastbil utan släp

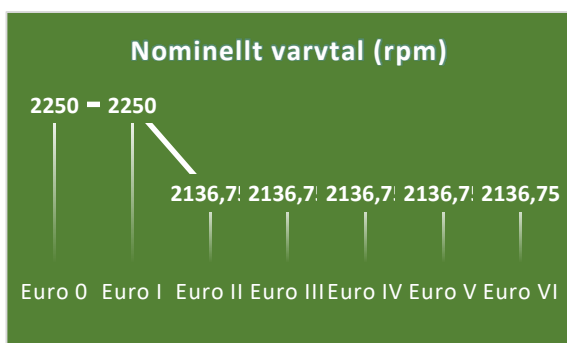
De fordonsp parametrar som beskriver den modellerade lastbilen utan släp presenteras i figurerna nedan för de olika EURO-klasserna.



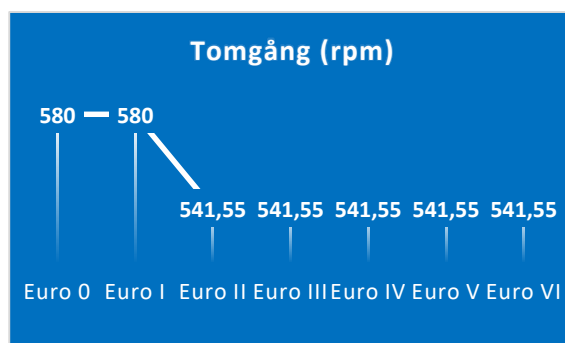
Figur 9. Variation av luftmotståndskoefficienten för den genomsnittliga lastbilen utan släp av olika euroklasser.



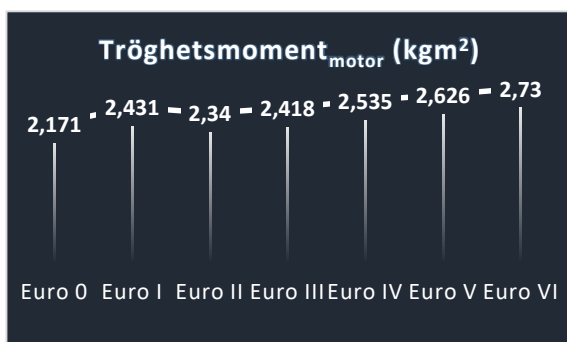
Figur 10. Motoreffektsvariation (kW) för den genomsnittliga lastbilen utan släp av olika euroklasser.



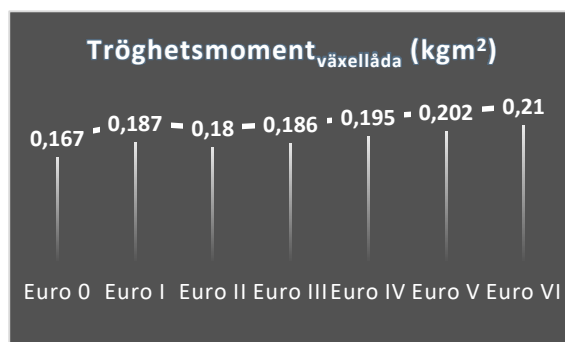
Figur 11. Variation av det nominella varvtalet (rpm) för den genomsnittliga lastbilen utan släp av olika euroklasser.



Figur 12. Variation av varvtal i tomgångskörning (rpm) för den genomsnittliga lastbilen utan släp av olika euroklasser.



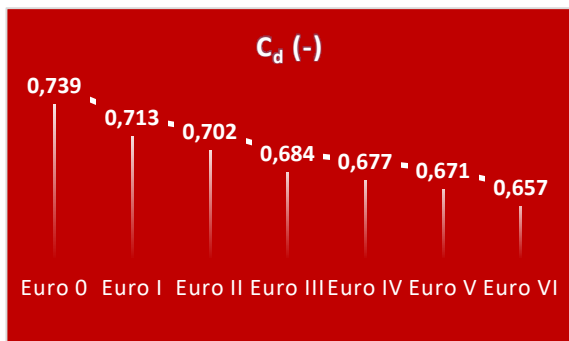
Figur 13. Variation i motorns tröghetsmoment (kgm²) för den genomsnittliga lastbilen utan släp av olika euroklasser.



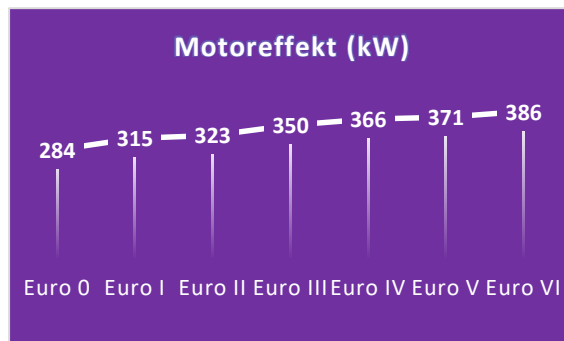
Figur 14. Variation i växellådans tröghetsmoment (kgm²) för den genomsnittliga lastbilen utan släp av olika euroklasser.

4.2.3. Lastbil med släp

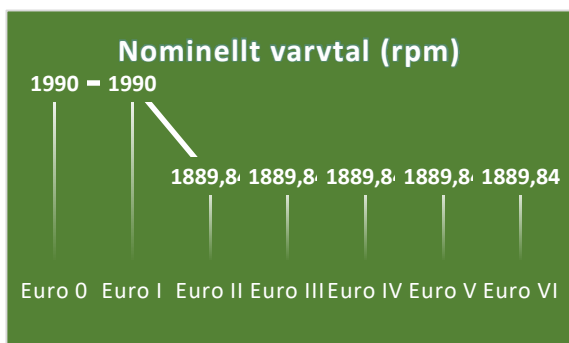
De fordonsp parametrar som beskriver den modellerade lastbilen utan släp presenteras i figurerna nedan för de olika EURO-klasserna, där skillnader mellan dessa fordon och de något mindre och motorsvagare modellerna för lastbilar utan släp kan ses.



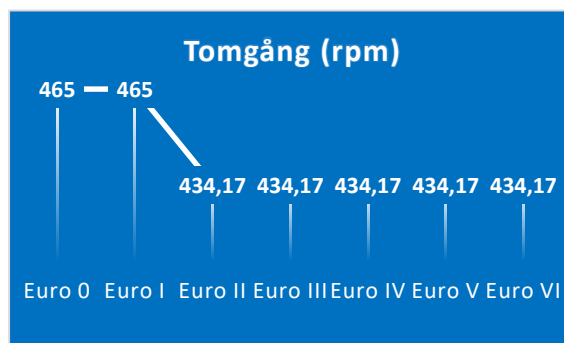
Figur 15. Variation av luftmotståndskoefficienten för den genomsnittliga lastbilen med släp av olika euroklasser.



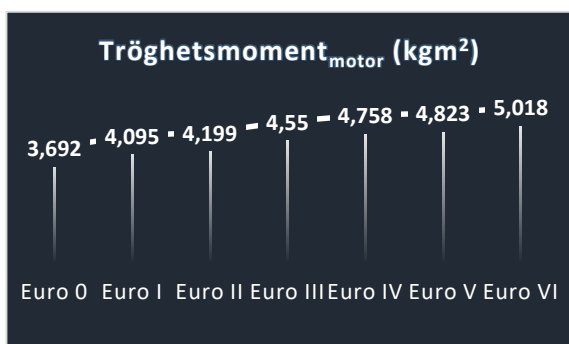
Figur 16. Motoreffektsvariation (kW) för den genomsnittliga lastbilen med släp av olika euroklasser.



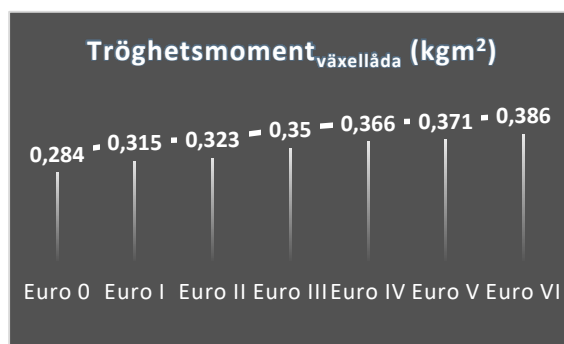
Figur 17. Variation av det nominella varvtalet (rpm) för den genomsnittliga lastbilen med släp av olika euroklasser.



Figur 18. Variation av varvtal i tomgångskörning (rpm) för den genomsnittliga lastbilen med släp av olika euroklasser.



Figur 19. Variation i motorns tröghetsmoment (kgm²) för den genomsnittliga lastbilen med släp av olika euroklasser.



Figur 20. Variation i växellådans tröghetsmoment (kgm²) för den genomsnittliga lastbilen med släp av olika euroklasser.

4.3. Körmönster

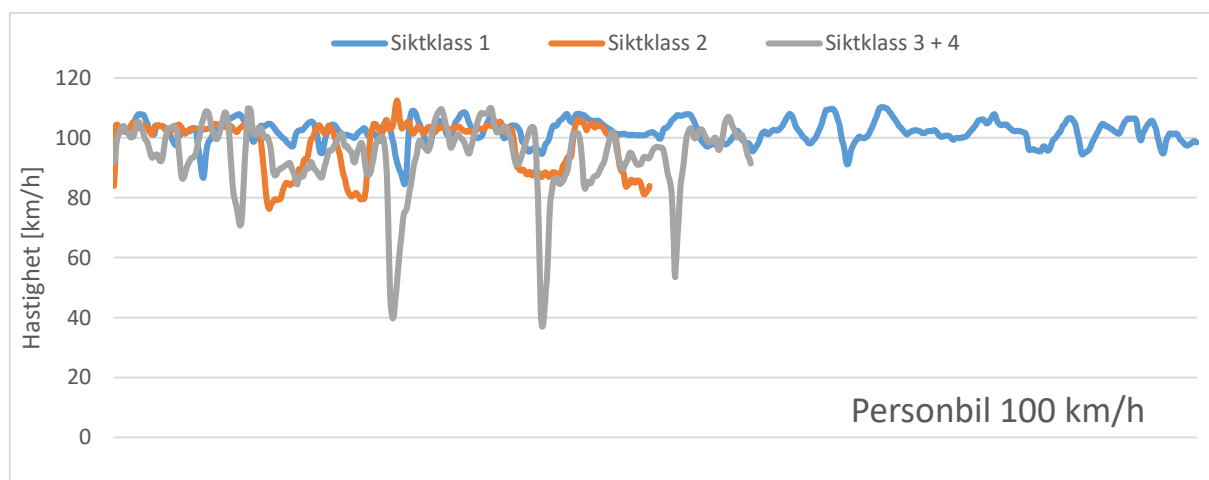
Vägbeskrivningarna för beräkning av grundemissioner kategoriseras som tidigare efter fyra olika siktklasser. Ju lägre siktklass desto mindre är vägens kurvatur och/eller lutning, se kapitel 3.2. Här kan dock sägas att enligt flera verbala källor sker en allt större andel av det svenska trafikarbetet på vägar av lägre siktklass och detta system kan behöva uppdateras. I PHEM ingår ingen beskrivning av vägens kurvatur i och med att PHEM inte kan räkna ut körmönstren utifrån vägens beskaffenhet. Förändringar i vägens kurvatur motsvaras därför endast av hastighetsförändringar i det körmönster som har varit indata till PHEM. Siktklass 4 är den enda siktklass som har utökats med lutning i vägbanan, enligt en tidigare beskrivning av lutningen i VETO:s typ_3x (Carlsson m fl. 2008).

För att underlätta beräkningsarbetet och istället utnyttja att emissionsfaktorer för de flesta fordon som trafikerar svenska vägar beräknas inom HBEFA-arbetet varje år har körmönster från HBEFA valts för att motsvara de olika siktklasserna. Detta har skett i relation till WSP:s rapporter (WSP, 2008 och 2015), samt genom att låta lägre siktklasser motsvara jämnare hastigheter. När lämpliga körmönster inte har funnits tillgängliga via HBEFA har körmönster från andra hastigheter translaterats och använts. Alla val av körmönster redovisas i Tabell 4.

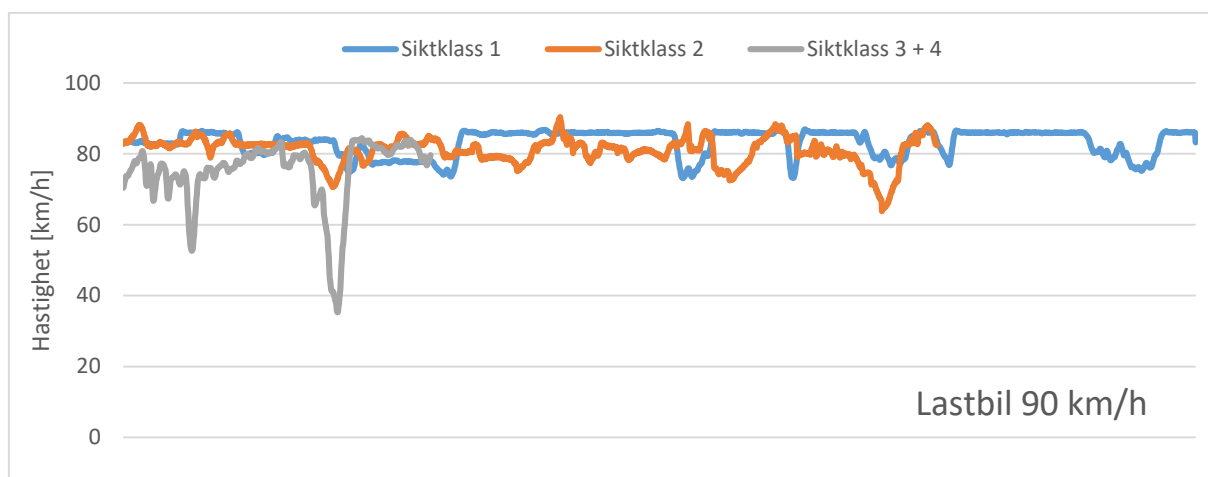
Sammanfattningsvis gäller:

- Motorväg (Motorway) – Siktklass 1
- Stamväg (Trunk road) – Siktklass 2
- Landsväg (Distributor road) – Siktklass 3
- Landsväg + lutning från Carlsson m fl. (2008) – Siktklass 4
- Bostadsområde (access-residential) – Tätort

Förskjutning av körmönstren till andra hastigheter görs då det saknas körmönster i HBEFA, vilket gäller fem av de 25 körcykler som används (se tabell 4). Alla körmönster som har använts visas i figurer, med en figur för varje hastighet och fordonsklass (personbil respektive lastbil). I Figur 21 visas körmönstren för siktklass 1–4 för personbilar, vilka baseras på hur hastighetsförändringar sker under körningens gång. Figur 22 visar körmönstren som utgör siktklass 1–4 för lastbil med och utan släp, baserat på hur hastighetsförändringar sker under körningens gång. För båda figurerna gäller att en mindre förändring i hastighet motsvarar en lägre siktklass i och med att en lägre siktklass beräknas ha bättre sikt och färre kurvor som påverkar hastigheten.



Figur 21. HBEFAs körmönster för en personbil i 100 km/h.



Figur 22 – HBEFAs körmönster för en lastbil i 90 km/h.

Utifrån bilderna blir det tydligt att motorväg (*motorway*) är den vägtyp som är minst kurvig, följt av *trunk road* och till sist *distributor*, vilket har utnyttjats då samma förhållande finns mellan de olika siktclasserna.

De körmönster som används av HBEFA visas i Tabell 4 och har markerats med "X". De hastigheter som har förskjutits då de ursprungligen inte finns markeras med "T". Blåmarkerade hastigheter finns i nuvarande grundutsläppstabeller (GLEF), och färgmarkeringen av vägtyper visar de olika siktclasserna. För samtliga körmönster råder fritt flöde.

Tabell 4 – Körmönster i HBEFA och de som använts till uppdateringen.

Area	Vägtyp	Hastighetsbegränsning [km/h]											
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	>130
Rural	motorway (<i>sikt 1</i>)				T	T	X	X	X	X	X	X	X
	trunk road/primary road (<i>sikt 2</i>)				X	X	X	X	X	X	T		
	distributor/secondary (<i>sikt 3 + 4</i>)			X	X	X	X	X	X	T	T		
	distributor/secondary (sinuous)			X	X	X	X	X	X				
	local/collector			X	X	X	X						
	local/collector (sinuous)			X	X	X	X						
	access-residential	X	X	X									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	>130
Urban	motorway				X ^a	X ^a	X	X	X	X	X ^b	X ^b	
	trunk road/primary			X ^a	X ^a	X	X	X	X ^b	X ^b			
	distributor/secondary			X	X	X	X						
	local/collector			X	X								
	access-residential (<i>tätort</i>)	X	X	X									

a. Endast tätort; b. Endast nationell

4.3.1. Beräkningar av stopptillägg

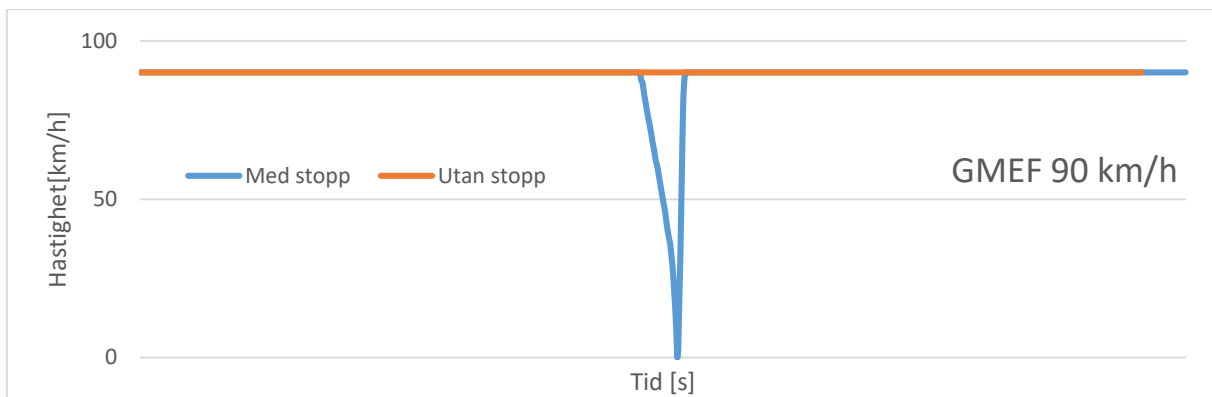
Beräkningarna av stopptillägg bygger som tidigare helt och hållet på körmonster med konstant hastighet, där man lägger in ett stopp. I Figur 23 beskrivs körmonster av den typen som utgör grunden för beräkningarna av stopptillägg. Stopptillägg har beräknats för hastigheter mellan 20 och 90 km/h. För högre hastigheter är det snabba stoppet allt mindre sannolikt.

$$Bt = S_{stopp} \times (Bf_{stopp} - Bf_{utan\ stopp})$$

Bt: Bränsletillägget, som funktion av skillnaden mellan respektive bränsleförbrukning (g).

S: Den totala körsträckan för körmonstret utan stopp (km).

Bf: Bränsleförbrukning (g/km).



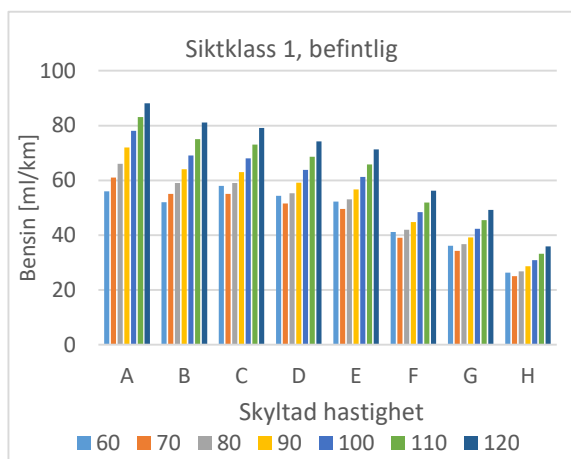
Figur 23 Körmonster med konstanta hastigheter; en utan stopp och en med stopp. Hastigheten skiljer sig från 90 km/h i 44 sekunder i detta fall.

5. Resultat

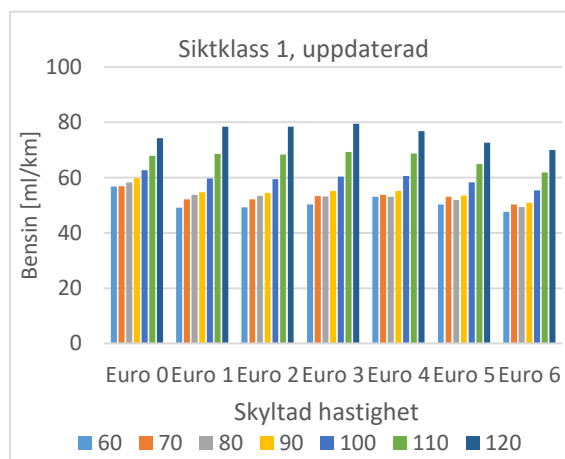
De nya beräknade bränsleförbrukningsfaktorerna i de fem olika siktclasserna (inkl. tätort) för personbil, lastbil och lastbil utan släp presenteras i figurerna nedan, medan stopptilläggen visas i nästa avsnitt. Alla nya bränsleförbrukningssiffror har jämförts och diskuterats i relation till de värden som används idag. Utsläppen av de olika luftföroeningarna har inte redovisats i denna rapport men finns, tillsammans med tabellerade värden för bränsleförbrukningen, tillgängliga efter kontakt med författarna. Resultatet visar att bränsleförbrukningen är den parameter som har fluktuerar minst, och därefter kommer NO_x, medan partiklar har en stor spridning i resultaten, vilket speglar osäkerheterna i de grundläggande emissionsmodellerna. Detta beror på flera faktorer och har inte diskuterats vidare i detta projekt. Resultaten här baseras helt på utdata från den befintliga modellen PHEM.

I och med att modellen tidigare angav emissionerna fördelade på olika fordonssammansättningar, medan den nya modellen hanterar euro-klasser blir jämförelsen något haltande. Dock är det tydligt att emissionerna i dessa beräkningar inte minskar lika snabbt med Euro-klasser som de gjort i tidigare beräkningar för utsläppsklasserna A till H. Detta stämmer med utvecklingen av alla emissionsmodeller i och med att modellerna har använt data från fordonstillverkarna som inte överensstämmer med verkligheten. Man har antagit att fordonen ska klara framtida euro-klasskrav, vilket de i själva verket inte gör. Emissionerna avtar därför inte heller lika snabbt med teknikutvecklingen i våra beräkningar som i den befintliga modellen.

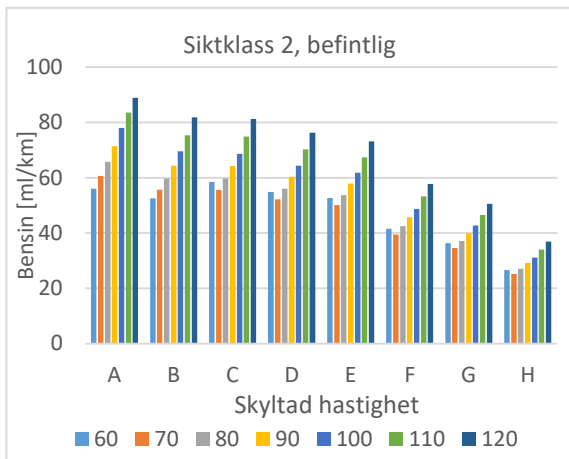
5.3.1. Grundemissionsfaktorer för bensindrivna personbil



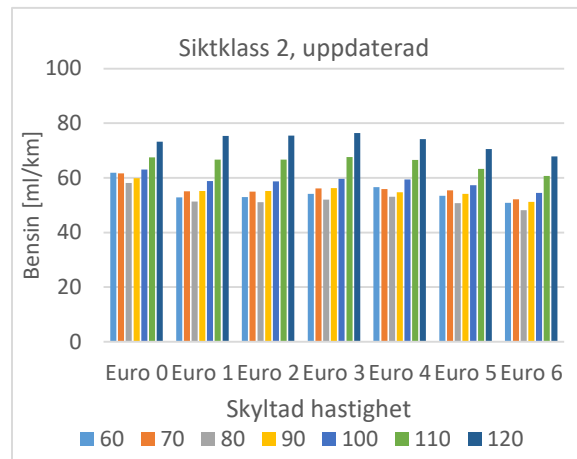
Figur 24. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för bensindrivna personbilar av olika åldersgrupper körandes på vägar av siktclass 1 med olika skyltad hastighet (Carlsson m.fl. 2008).



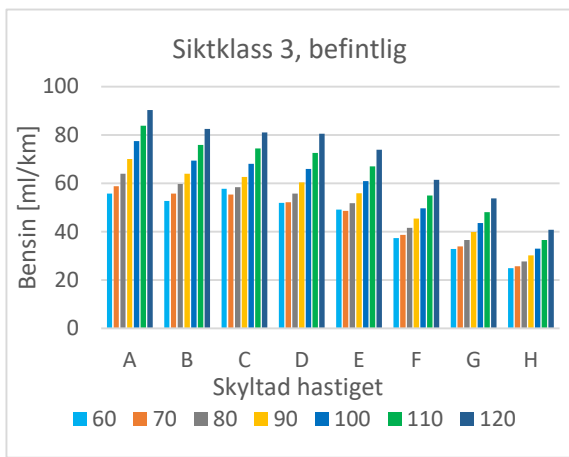
Figur 25. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för bensindrivna personbilar av olika euroklasser körandes på vägar av siktclass 1 med olika skyltad hastighet.



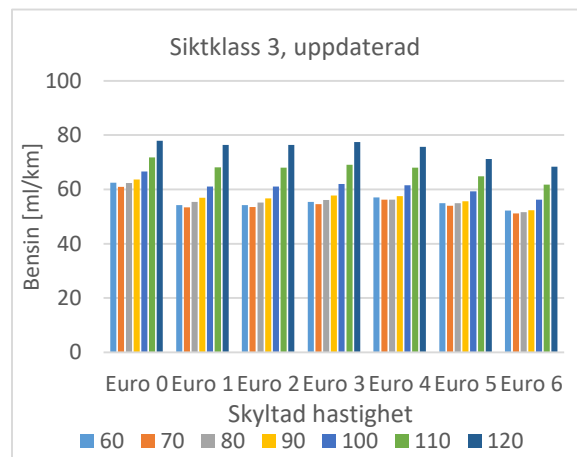
Figur 26. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för bensindrivna personbilar av olika åldersgrupper körandes på vägar av siktklass 2 med olika skyltad hastighet (Carlsson m.fl. 2008).



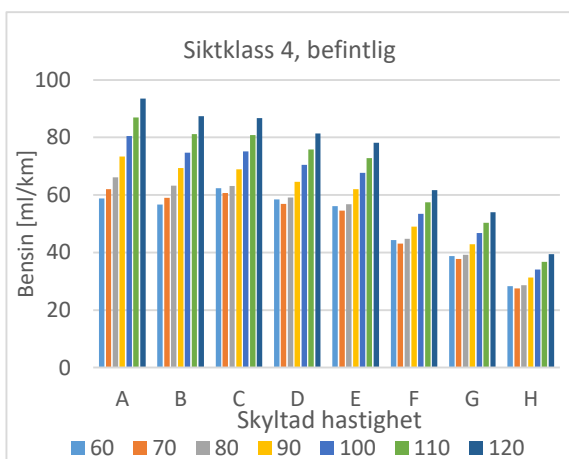
Figur 27. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för bensindrivna personbilar av olika euroklasser körandes på vägar av siktklass 2 med olika skyltad hastighet.



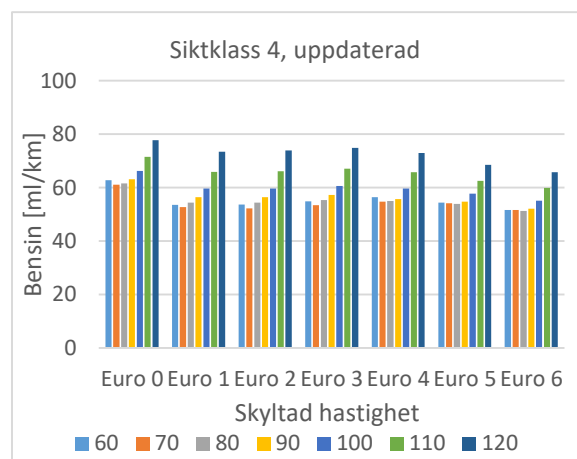
Figur 28. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för bensindrivna personbilar av olika åldersgrupper körandes på vägar av siktklass 3 med olika skyltad hastighet (Carlsson m.fl. 2008).



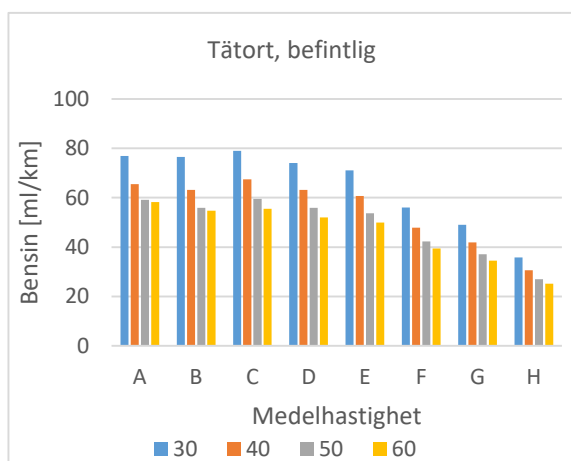
Figur 29. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för bensindrivna personbilar av olika euroklasser körandes på vägar av siktklass 3 med olika skyltad hastighet.



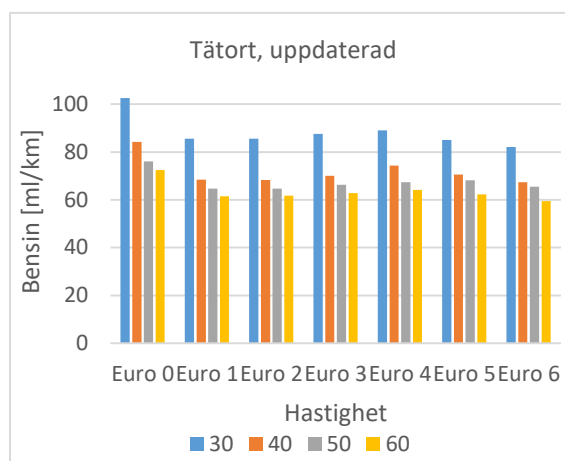
Figur 30. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för bensindrivna personbilar av olika åldersgrupper körandes på vägar av siktklass 4 med olika skyltad hastighet (Carlsson m.fl. 2008).



Figur 31. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för bensindrivna personbilar av olika euroklasser körandes på vägar av siktklass 4 med olika skyltad hastighet.



Figur 32. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för bensindrivna personbilar av olika åldersgrupper körandes inom tätort med olika medelhastigheter (Carlsson m fl. 2008).



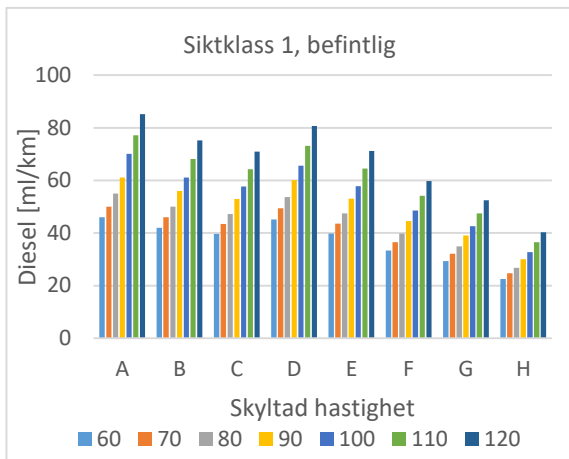
Figur 33. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för bensindrivna personbilar av olika euroklasser körandes inom tätort med olika skyltad hastighet.

Både den befintliga och den uppdaterade modellen visar att det finns en utveckling mot lägre emissioner med en högre miljöklass. Det finns dock en skillnad dem emellan i och med att den befintliga modellen visar på en emissionsminskning som är betydligt större. Detta beror sannolikt på att beräkningar med den befintliga modellen har skett innan utvecklingen av nyare miljöklasser trätt ikraft varför man har utgått ifrån en uppskattad förbättring och inte uppmätta data. Den uppdaterade modellens beräkningar baseras däremot i stor utsträckning på uppmätta data. Det går också att se att för de flesta siktclasser minskar grundemissionerna med hastigheter som närmar sig ett minimum vid 70 till 80 km/h och att ju större skillnaden blir mellan aktuella hastigheter och 70–80 km/h desto mer ökar emissionerna. I övrigt är det relativt små skillnader mellan respektive emissionsklass i de olika siktclasserna om man ser till den uppdaterade modellen.

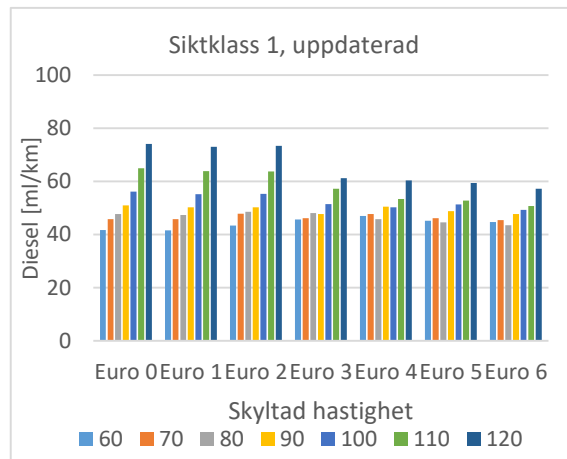
Tätortsberäkningen har i den uppdaterade versionen gett högre emissionsfaktorer än den nuvarande, särskilt avseende den lägsta hastigheten 30 km/h, vilket kan bero på att körmonstret nu är anpassat till HBEFA och därför kan innehålla fler hastighetsförändringar. Hur bränsleförbrukningen i tätort påverkas av hastigheten inom respektive euroklass har inte förändrats mycket, och vissa av dessa förändringar kan ha påverkats av att den uppdaterade modellen av beräkningstekniska skäl endast beskriver ett fordon per fordonsklass. I och med att grundemissionerna följer samma körmonster som finns beräknat i HBEFA kan detta dock enkelt förändras då grundemissionerna finns tillgängliga ur HBEFA för alla de fordon som finns representerade i HBEFA. Dock bör i så fall stopptilläggen beräknas för alla de ingående fordonen för att den här presenterade uppdateringen av EVA-modellen ska hållas samman.

5.3.2. Grundemissionsfaktorer för dieseldriven personbil

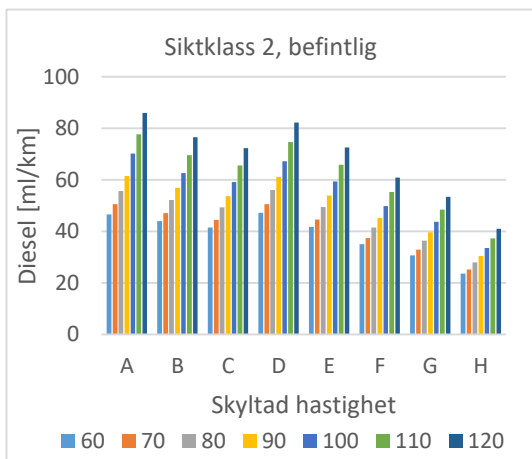
Även för dieseldrivna personbilar visar den uppdaterade modellen en svagare positiv effekt av de nyare euroklasserna än den befintliga modellen. Skillnaden mellan bränsleförbrukning i olika hastigheter är klart mindre i den uppdaterade modellen, vilket även detta kan ha påverkats av valet av modellerad personbil. Bränsleförbrukningen för 30 km/h i den uppdaterade modellen är mycket hög i förhållande till övriga hastigheter.



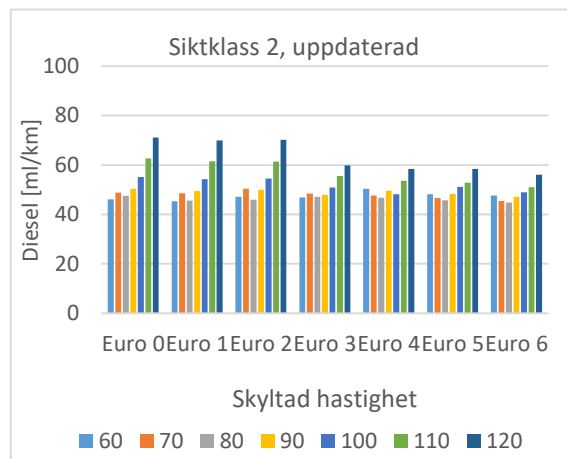
Figur 34. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för dieseldrivna personbilar av olika åldersgrupper körandes på vägar av siktklass 1 med olika skyltad hastighet (Carlsson m.fl. 2008).



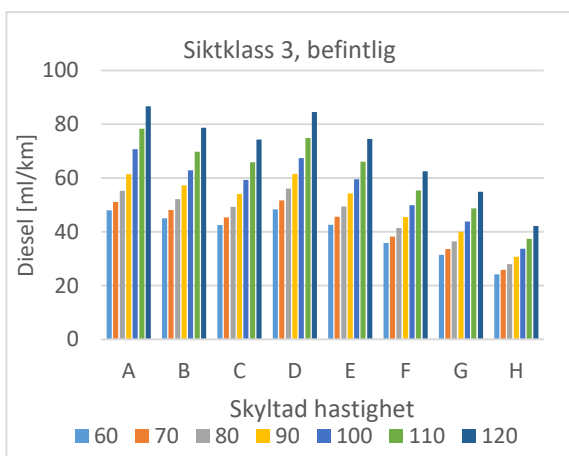
Figur 35. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för dieseldrivna personbilar av olika euroklasser körandes på vägar av siktklass 1 med olika skyltad hastighet.



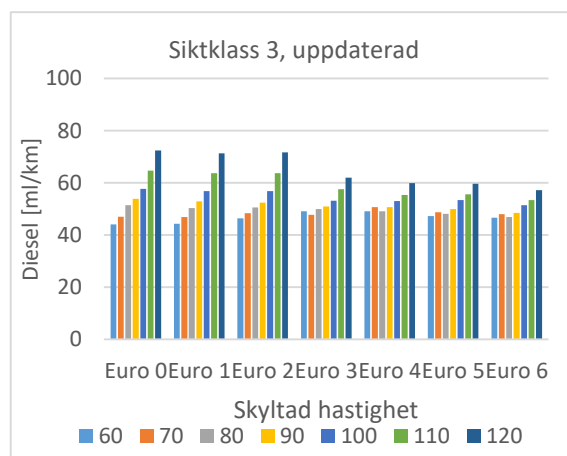
Figur 36. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för dieseldrivna personbilar av olika åldersgrupper körandes på vägar av siktklass 2 med olika skyltad hastighet (Carlsson m.fl. 2008).



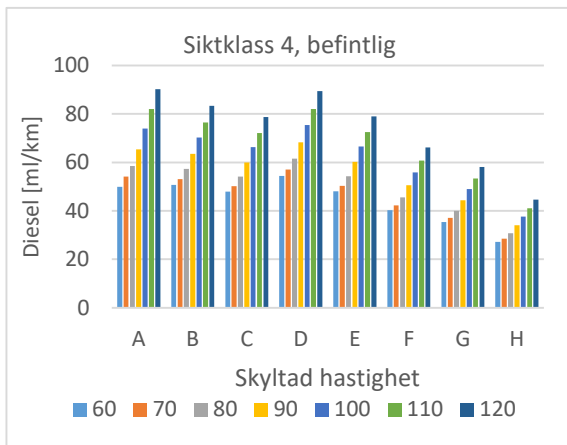
Figur 37. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för dieseldrivna personbilar av olika euroklasser körandes på vägar av siktklass 2 med olika skyltad hastighet.



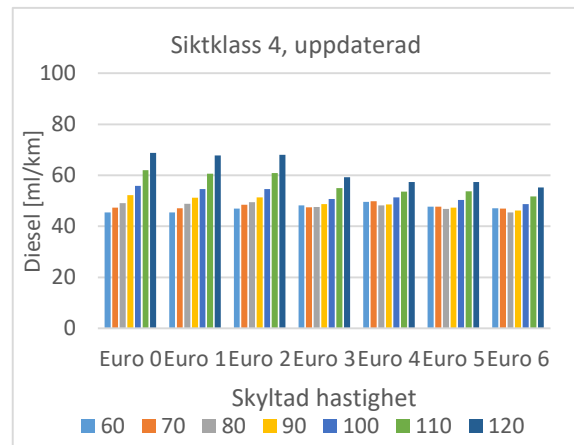
Figur 38. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för dieseldrivna personbilar av olika åldersgrupper körandes på vägar av siktklass 3 med olika skyltad hastighet (Carlsson m.fl. 2008).



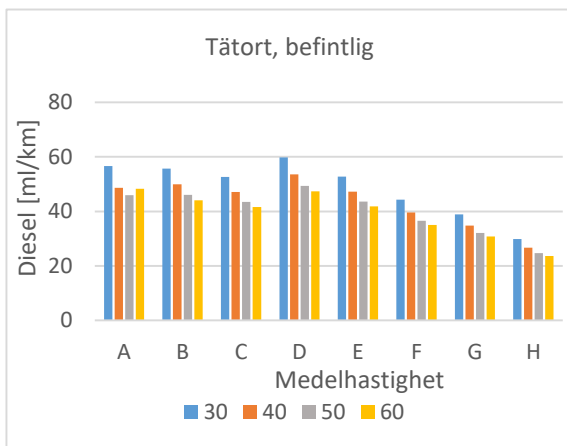
Figur 39. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för dieseldrivna personbilar av olika euroklasser körandes på vägar av siktklass 3 med olika skyltad hastighet.



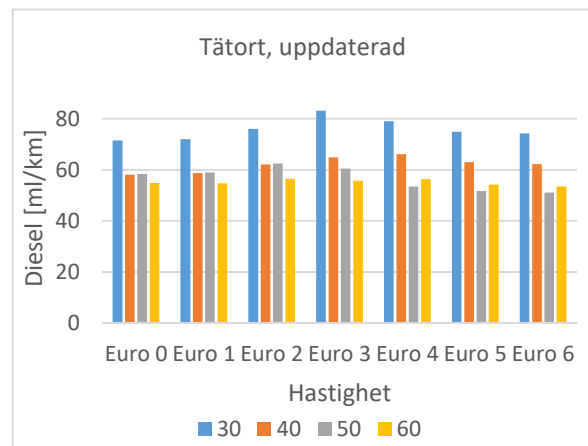
Figur 40. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för dieseldrivna personbilar av olika åldersgrupper körandes på vägar av siktklass 4 med olika skyltad hastighet (Carlsson m.fl. 2008).



Figur 41. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för dieseldrivna personbilar av olika euroklasser körandes på vägar av siktklass 4 med olika skyltad hastighet.



Figur 42. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för dieseldrivna personbilar av olika åldersgrupper körandes inom tätort med olika medelhastighet (Carlsson m.fl. 2008).



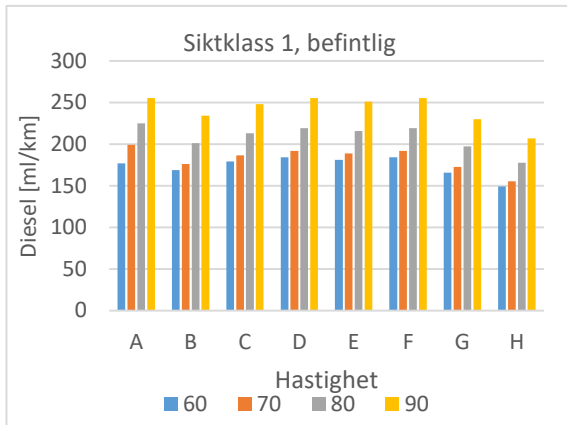
Figur 43. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för dieseldrivna personbilar av olika euroklasser körandes inom tätort med olika skyltad hastighet.

5.3.3. Grundemissionsfaktorer för lastbil utan släp

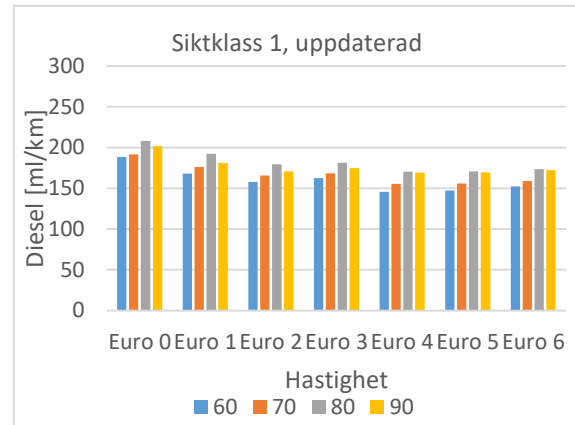
Då en lastbil maximalt får hålla en hastighet av 90 km/h, respektive 80 km/h, har inte hastigheter högre än dessa beaktats.

Den grundläggande bränsleförbrukningen för lastbil utan släp är i de flesta fall lägre i den uppdaterade versionen än i den befintliga. Huruvida detta är en faktisk skillnad mellan de båda modellerna VETO och PHEM eller om det helt enkelt är en effekt av att fordonsbeskrivningar och körmonster har ändrats är inte klarlagt. Dock kan sägas att den bränsleförbrukning som har beräknats för denna enda fordons-typ kan jämföras med HBEFA:s emissionsfaktor för hela den svenska fordonsflottan. Här finns emissionsfaktorer för alla olika fordonskombinationer som finns representerade i Sverige. En stor fördel med denna uppdatering är att de grundemissioner som finns i denna version beräknas varje år för alla fordonskombinationer som finns representerade i HBEFA. På så sätt kan större detaljgrad nås.

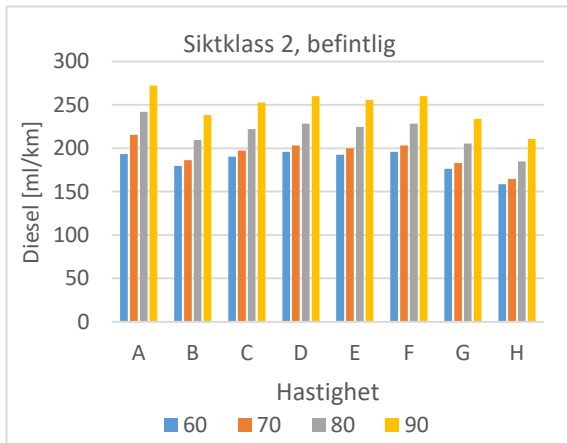
En tydlig skillnad mellan de gällande grundemissionerna och de uppdaterade är den mindre skillnaden mellan olika hastigheter i de nya emissionsfaktorerna. Det är dock ingen större skillnad mellan 30 och 40 km/h. Dessa effekter bör dock studeras för de olika lastbils kombinationer som finns i HBEFA för att underlätta jämförelserna med PHEM-modellen.



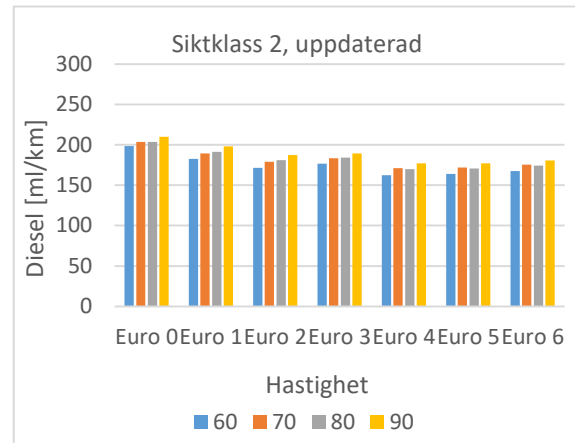
Figur 44. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för lastbilar utan släp av olika åldersgrupper körandes på vägar av siktclass 1 med olika skyltad hastighet (Carlsson m fl. 2008).



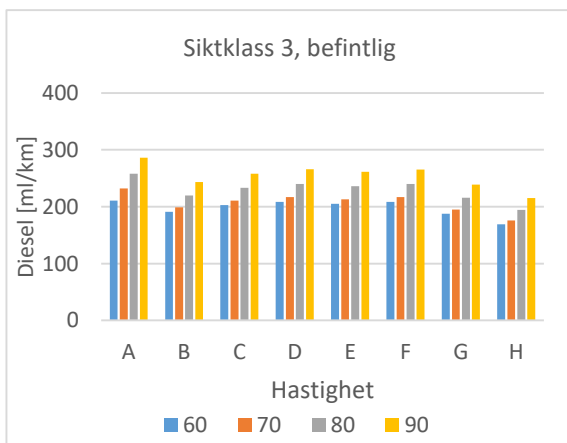
Figur 45. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för lastbilar utan släp av olika euroklasser körandes på vägar av siktclass 1 med olika skyltad hastighet.



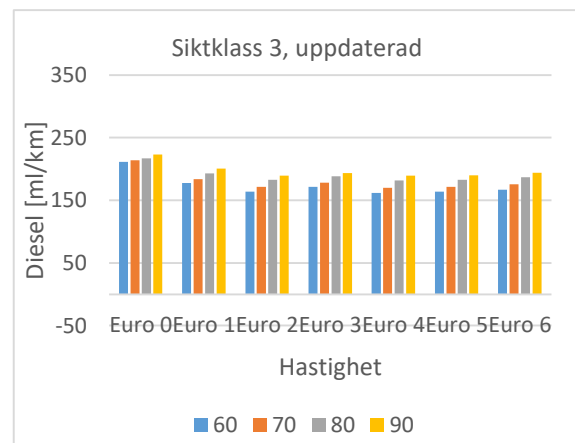
Figur 46. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för lastbilar utan släp av olika åldersgrupper körandes på vägar av siktclass 2 med olika skyltad hastighet (Carlsson m fl. 2008).



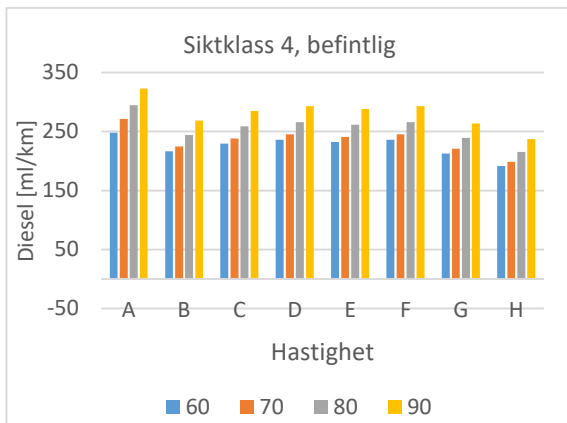
Figur 47. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för lastbilar utan släp av olika euroklasser körandes på vägar av siktclass 2 med olika skyltad hastighet.



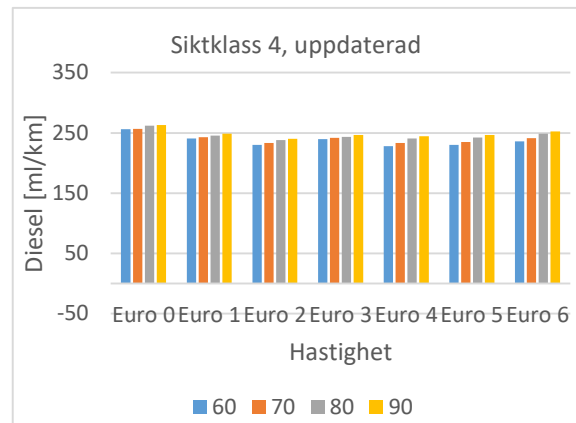
Figur 48. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för lastbilar utan släp av olika åldersgrupper körandes på vägar av siktclass 3 med olika skyltad hastighet (Carlsson m fl. 2008).



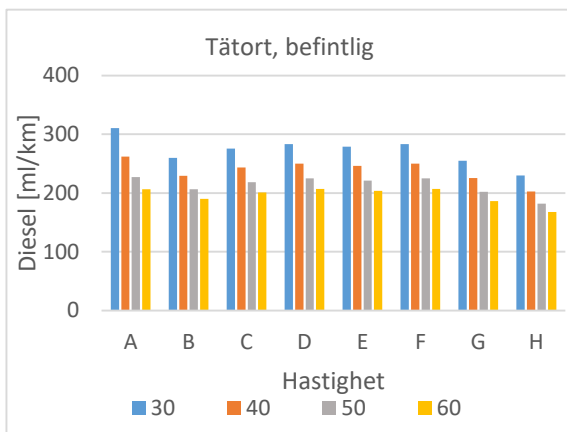
Figur 49. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för lastbilar utan släp av olika euroklasser körandes på vägar av siktclass 3 med olika skyltad hastighet.



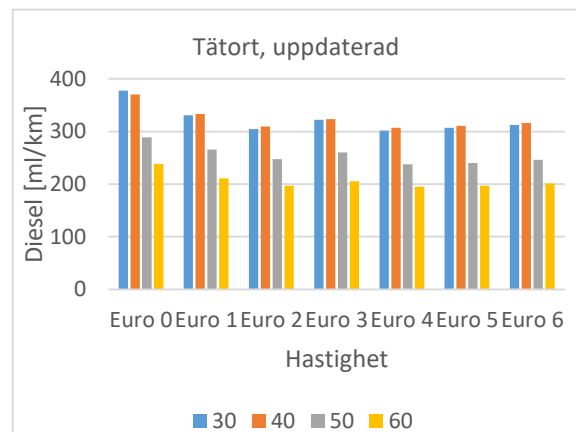
Figur 50. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för lastbilar utan släp av olika åldersgrupper körandes på vägar av siktklass 4 med olika skyltad hastighet (Carlsson m fl. 2008).



Figur 51. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för lastbilar utan släp av olika euroklasser körandes på vägar av siktklass 4 med olika skyltad hastighet.



Figur 52. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för lastbilar utan släp av olika åldersgrupper körandes på vägar inom tätort med olika skyltad hastighet (Carlsson m fl. 2008).



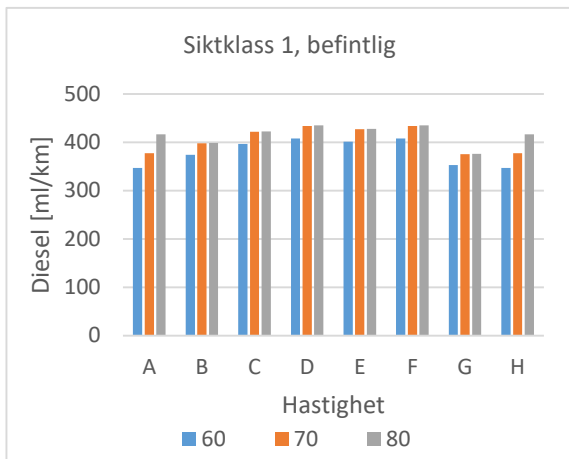
Figur 53. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för lastbilar utan släp av olika euroklasser körandes inom tätort med olika skyltad hastighet.

5.3.4. Grundemissionsfaktorer för lastbilar med släp

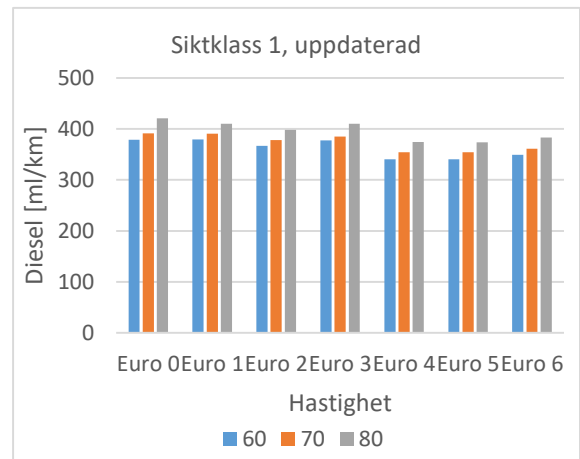
Lastbilar med släp följer inte det förväntade körmönstret, främst i Siktklass 4. I och med att fordonet vid acceleration inte hinner upp i hastighet innan det enligt körmönstret förväntas sänka hastigheten igen kommer hastigheten inte att variera lika mycket som för lättare fordon. Detta gör att bränsleförbrukningen blir lägre i verkligheten än den förväntade.

Den grundläggande bränsleförbrukningen för lastbilar med släp har förändrats mindre i denna uppdatering än lastbilar utan släp. Här ser vi att endast små detaljer skiljer mellan de beräknade bränsleförbrukningarna. Även här skiljer sig 30 km/h genom att bränsleförbrukningen till och med är lägre än för 40 km/h. Anledningen har tyvärr inte kunnat analyseras inom denna studie.

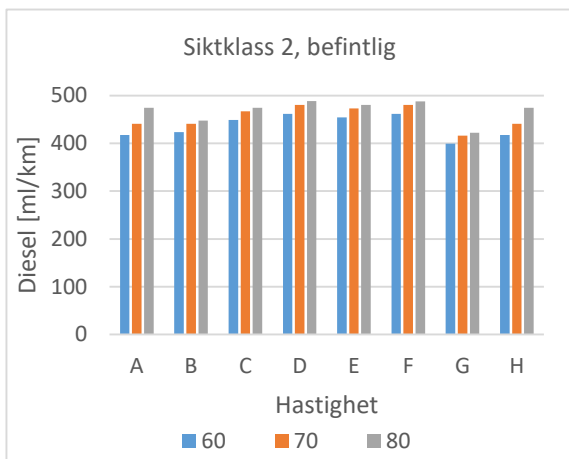
Avseende tätort är skillnaden mellan den befintliga modellen och den uppdaterade stor. Detta påverkar dock inte beräkningarna mycket i och med att de flesta tätorter främst består av korsningar och i ett normalt körbeteende i tätort påverkar inte grundutsläppet slutemissionerna mycket utan det är främst stopptillägget och antalet korsningar som ger effekt på slutresultatet.



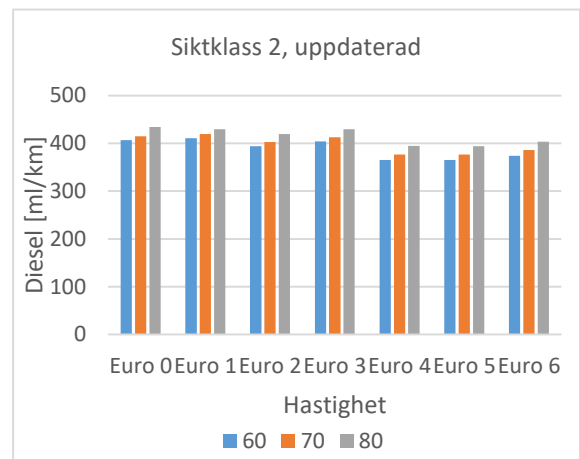
Figur 54. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för lastbilar med släp av olika åldersgrupper körandes på vägar av siktclass 1 med olika skyltad hastighet (Carlsson m.fl. 2008).



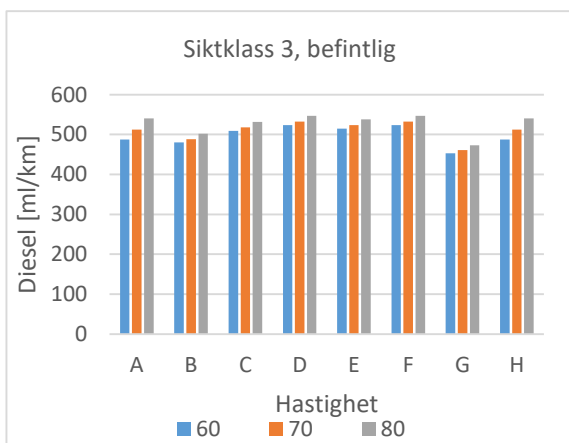
Figur 55. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för lastbilar med släp av olika euroklasser körandes på vägar av siktclass 1 med olika skyltad hastighet.



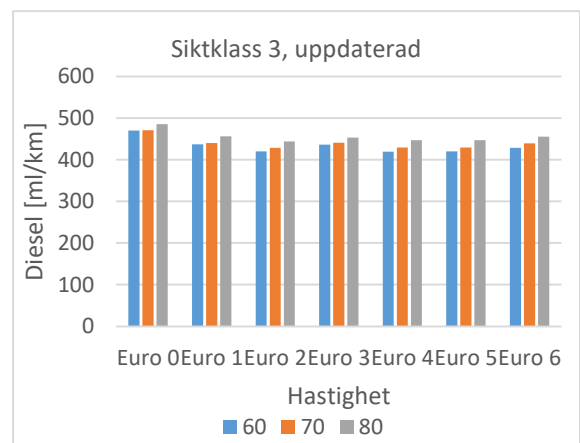
Figur 56. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för lastbilar med släp av olika åldersgrupper körandes på vägar av siktclass 2 med olika skyltad hastighet (Carlsson m.fl. 2008).



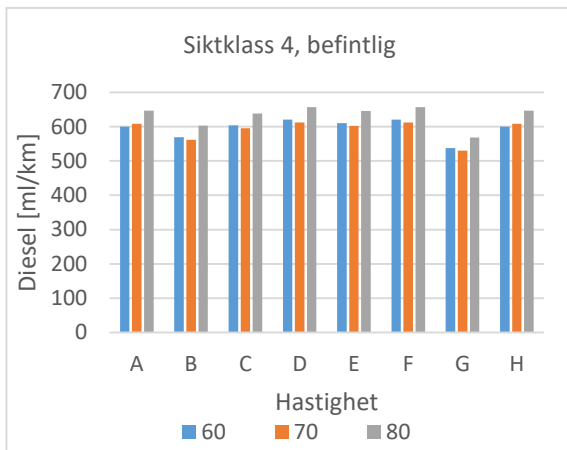
Figur 57. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för lastbilar med släp av olika euroklasser körandes på vägar av siktclass 2 med olika skyltad hastighet.



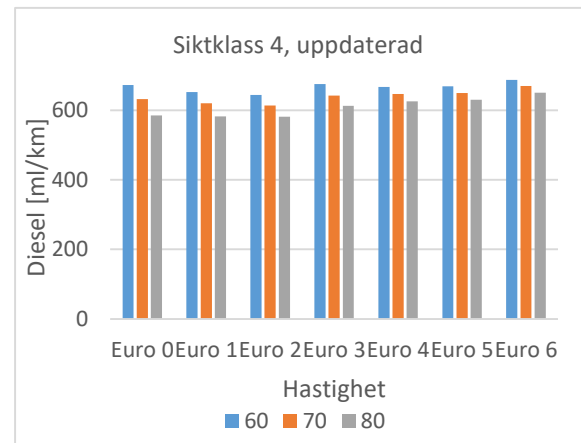
Figur 58. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för lastbilar med släp av olika åldersgrupper körandes på vägar av siktclass 3 med olika skyltad hastighet (Carlsson m.fl. 2008).



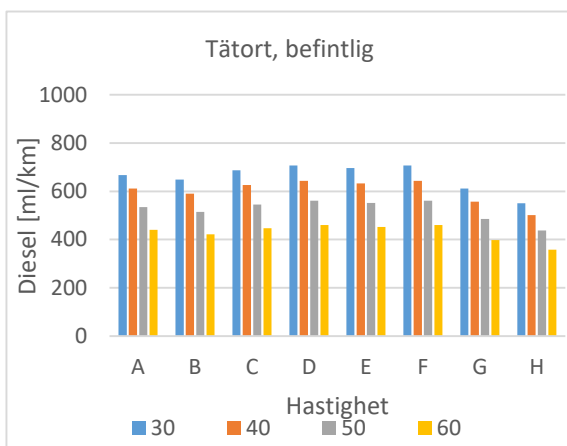
Figur 59. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för lastbilar med släp av olika euroklasser körandes på vägar av siktclass 3 med olika skyltad hastighet.



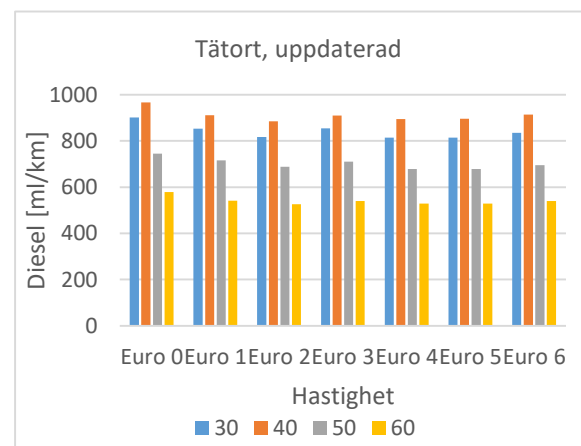
Figur 60. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för lastbilar med släp av olika åldersgrupper körandes på vägar av siktklass 4 med olika skyltad hastighet (Carlsson m.fl. 2008).



Figur 61. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för lastbilar med släp av olika euroklasser körandes på vägar av siktklass 4 med olika skyltad hastighet.



Figur 62. Bränsleförbrukning enligt den befintliga modellen för lastbilar med släp av olika åldersgrupper körandes inom tätort med olika skyltad hastighet (Carlsson m.fl. 2008).



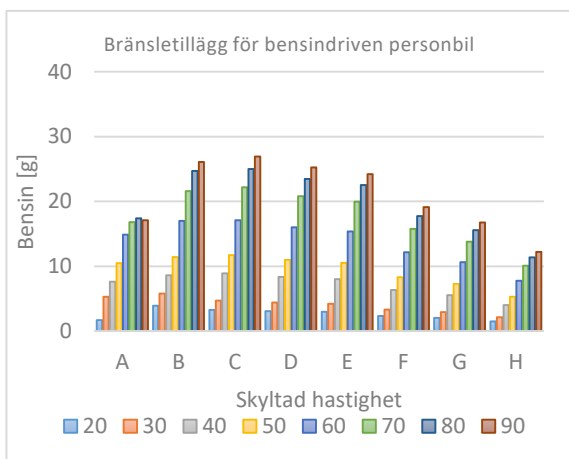
Figur 63. Bränsleförbrukning enligt den uppdaterade modellen för lastbilar med släp av olika euroklasser körandes inom tätort med olika skyltad hastighet.

5.4. Korsningstillägg, bränsleförbrukning

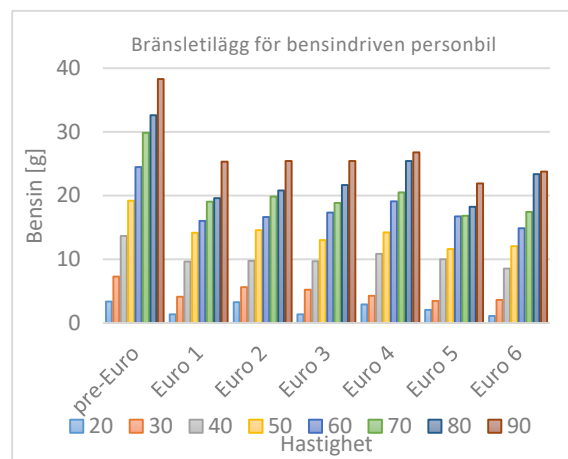
Stoptilläggen har beräknats för stopp till stillastående och sedan återgående till normalhastigheten i respektive fall enligt den ekvation som visas i kapitel 4.3. Den typ av stopp som har beräknats är ett relativt hastigt stopp, och bör vid en mer grundlig utveckling av modellen kompletteras med fler typer av stopp inklusive fall när fordonet inte stannar helt utan endast saktar ner och sedan accelererar igen. De snabba stoppen ger relativt stor ökning av bränsleförbrukningen i höga hastigheter, särskilt i jämförelse med tidigare beräkningar.

Den extra bränsleåtgången som sker vid korsningar har beräknats här är helt baserade på resultaten från beräkningarna med PHEM-modellen och med de antaganden som har redovisats tidigare i rapporten.

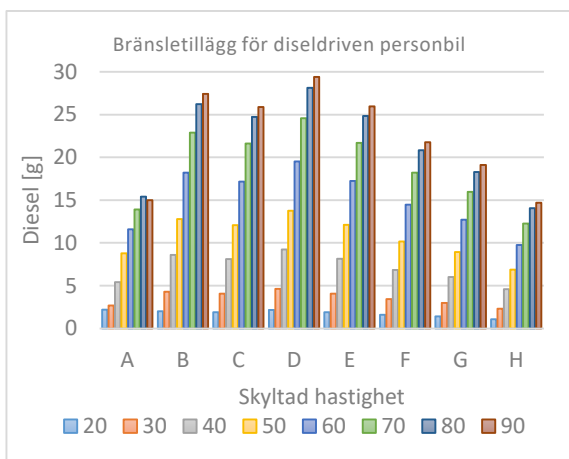
Jämfört med befintlig modell påverkas dagens bränsletillägg mer av de olika hastighetsintervallen, men ökar även för Euro-6 markant över 70 km/h, vilket skulle kunna betyda att de stopp som beräknats i den uppdaterade modellen kan behöva uppdaterats med mer verklighetsbaserade stopp, t ex uppmätta stopp vid motorvägsmot och andra inte fullt lika energiintensiva stopp. Hur kraftiga hastighetsförändringarna vid stoppet är påverkar kraftigt bränsleåtgången (Carlsson m.fl., 2009).



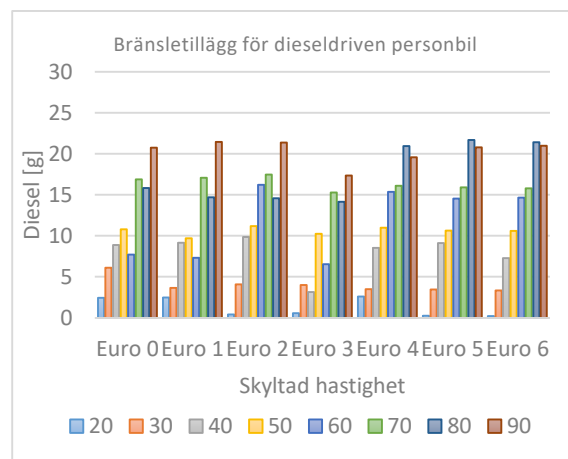
Figur 64. Bränsletillägg enligt den befintliga modellen för bensindrivna personbilar med olika skylttad hastighet (Carlsson m.fl. 2008).



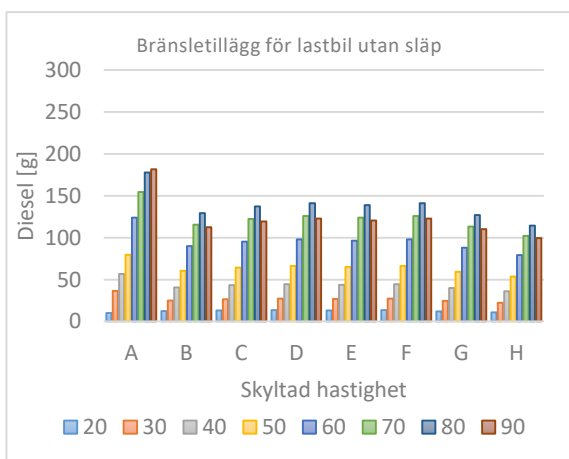
Figur 65. Bränsletillägg enligt den uppdaterade modellen för bensindrivna personbilar med olika skylttad hastighet.



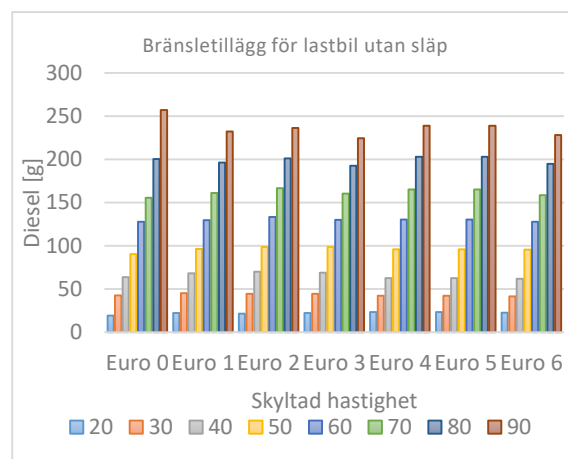
Figur 66. Bränsletillägg enligt den befintliga modellen för dieseldrivna personbilar med olika skylttad hastighet (Carlsson m.fl. 2008).



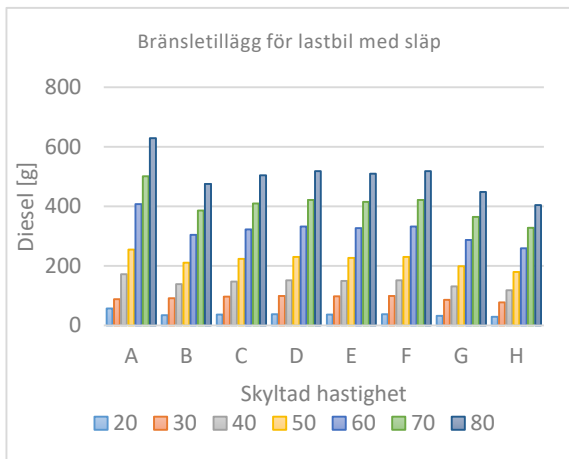
Figur 67. Bränsletillägg enligt den uppdaterade modellen för dieseldrivna personbilar med olika skylttad hastighet.



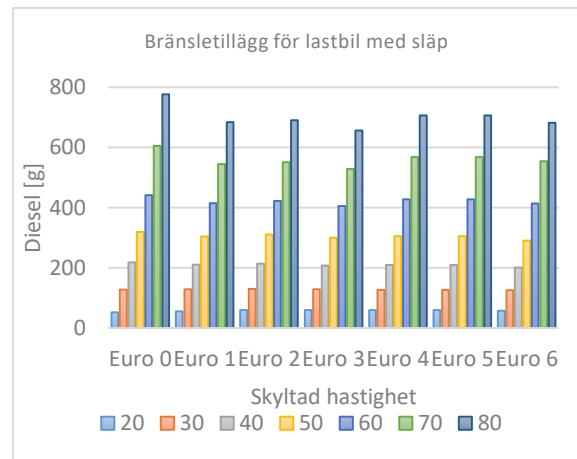
Figur 68. Bränsletillägg enligt den befintliga modellen för lastbilar utan släp med olika skylttad hastighet (Carlsson m.fl. 2008).



Figur 69. Bränsletillägg enligt den uppdaterade modellen för lastbilar utan släp med olika skylttad hastighet.



Figur 70. Bränsletillägg enligt den befintliga modellen för lastbilar utan släp med olika skyltad hastighet (Carlsson m fl. 2008).



Figur 71. Bränsletillägg enligt den uppdaterade modellen för lastbilar med släp med olika skyltad hastighet.

5.5. Emissioner av övriga ämnen

Emissioner av övriga ämnen har beräknats med samma förutsättningar som bränsleförbrukningen. Resultatet redovisas i tabeller som kan erhållas från författarna. Emissionsmodeller av idag är normalt tillförlitliga vid beräkning av bränsleförbrukning och utsläpp av kväveoxider, medan kvaliteten på beräkningsresultatet för övriga avgaser är sämre. Avgasemissionerna beror på flera parametrar som t.ex. temperatur på katalysatorn och dess funktion. Vidare reagerar olika föroreningar med varandra vilket ger svårberäknade effekter på slutresultatet. Det kan också finnas en starkare kvardröjande effekt relaterad till hur fordonet har framförts innan den aktuella beräkningen. Denna kvardröjande effekt kan också påverka bränsleförbrukningen i viss mån och bör studeras vidare.

Kraven på emissionsbegränsningar har ökat kraftigt under årens lopp och avgaserna från trafiken har också minskat kraftigt för de flesta föroreningar. Detta gör att mätningarna av olika ämnen ofta ligger nära detektionsgränserna för de mest avancerade instrumenten.

I denna studie har inga grundliga undersökningar av skäl till olika resultat gjorts, förutom kontroll av att PHEM-modellen har använts med lämpliga och realistiska indata.

De beräknade grundemissionsfaktorerna visar att effekterna av att öka euroklass eller att minska hastigheten inte alltid påverkar energiåtgång och emissioner i samma riktning utan är beroende av det aktuella hastighetsintervallet. I riktigt höga hastigheter är utsläppen av de flesta föroreningar dock högre, medan energiåtgång och emissioner inte visar motsvarande relation till hastigheten vid de lägre hastigheterna.

För att beräkna stopptilläggen simuleras ett körmonster där fordonet rör sig med konstant hastighet och ett där det stannar till helt stillastående. Skillnaden mellan dessa emissioner beräknas. När osäkerheten i utsläppsberäkningen ökar på grund av de låga halterna och avgasefterbehandlings-systemen kommer skillnaden att visa ännu större osäkerhet. Här har vissa stopptillägg visat sig vara minskningar i utsläpp istället. Skälet till dessa minskningar har i denna studie inte analyserats i detalj.

6. Slutsats och fortsatt arbete

Den här presenterade emissionsmodellen är mycket transparent vilket gör att man lätt kan utöka och verifiera resultaten. Alla detaljer och resultat har beskrivits i ett notat som kan beställas från VTI, för den som vill ha mer detaljerad information om beräkningarna. Resultaten kan också direkt jämföras med den emissionsmodell som används och kontinuerligt uppdateras i Sverige: HBEFA, vilket underlättar när jämförelser mellan olika fall behöver göras. Vårt sätt att presentera PHEM-data gör dem enklare att använda för någon som inte är helt insatt i detaljerna av körmonster och annat som påverkar utsläppen kraftigt.

Den befintliga modellen har baserats på extrapolerade emissionsdata som inte riktigt motsvaras av utvecklingen av avgasemissioner hos nyare fordon. Denna uppdatering har åtgärdat det problemet. Det finns samtidigt många frågetecken som behöver rätas ut t.ex. angående hur man bäst hanterar fordonsslottan och olika typer av stopp. Man kan dock med relativt enkla medel utveckla modellen ytterligare i och med att vetenskapen om dessa begränsningar har funnits med då denna modell har tagits fram.

6.1. Fortsatt arbete:

De emissionsfaktorer som har tagits fram i denna studie bör innan de används jämföras med emissionsfaktorer beräknade på andra sätt. Nu finns bara ett fordon per klass, och modellen är inte anpassad till svenska förhållanden. Frågan bör studeras och diskuteras med referensgrupper med kunskap om fordon och fordonssammansättning. I och med att vi har valt körmonster från HBEFA kan vi ta flera av dessa direkt från HBEFA, och fordonssammansättningen från HBEFA borde kunna följa med in i EVA:s emissionsmodell.

Vissa av resultaten har inte helt kunnat förklaras och författarna föreslår en grundlig genomgång av hur dessa tillägg ska beräknas på ett effektivt och verkligt sätt, och jämföras med internationell litteratur. Att vissa stopptillägg är negativa och således minskar de totala utsläppen är realistiskt och något som också bör studeras i en senare studie.

I dagens EVA-modell ingår endast avgasemissioner medan fokus fortsatt ofta ligger på partikelproblematiken avseende luftföroreningar, dvs partiklar från både avgaser och slitage. Minskade utsläpp av partiklar från avgaser ger ett allt större intresse för slitagepartiklarna. Det innebär att värdet av att denna emissionsmodell också kan inkludera slitagepartiklar ökar.

Den här presenterade modellen bör i ett nästa steg antingen utökas med fler fordonstyper och fler körningstyper samt fler nivåer av trängsel. Jämförelser bör även göras med andra emissionsmodeller. Det vore också lämpligt att undersöka i vilken mån körmonstren som sker innan den studerade körningen påverkar de beräknade emissionsfaktorerna.

Litteratur och referenser

- Brodin, A., Carlsson, A. & Bolling, A. (1986). *The VTI traffic simulation model*. VTI Meddelande 321 A. Linköping. 1986.
- De Coensel, B., Can, A., Degraeuwe, B., De Vlieger, I. & Botteldooren, D. (2012). *Effects of traffic signal coordination on noise and air pollutant emissions*. *Environmental Modelling & Software*, 35, 74-83.
- Ding, Y. & Rakha, H. 2002. *Trip-based explanatory variables for estimating vehicle fuel consumption and emission rates*. *Water, Air and Soil Pollution: Focus*, 2, 61-77.
- Dippold, M., Rexeis, M., Hausberger, M. (2012) NEMO – a universal and flexible model for assessment of emission on road networks, Institute for Internal Combustion Engines and Thermodynamics, Research Area Emissions, Graz University of Technology (TUG), 8010, Graz, Austria
- EG (1988). *Rådets direktiv av den 3 december 1987 om tillnärmning av medlemsstaternas lagstiftning om åtgärder mot utsläpp av gasformiga föroreningar från dieselmotorer som används i fordon (88/77/EEG)*. Europeiska gemenskapernas officiella tidning, 15/Vol. 08, Nr L 36/33, 9.23.88.
- EG (1991). *Rådets direktiv av den 1 oktober 1991 om ändring av direktiv 88/77/EEG om tillnärmning av medlemsstaternas lagstiftning om åtgärder mot utsläpp av gasformiga föroreningar från dieselmotorer som används i fordon (91/542/EEG)*. Europeiska gemenskapernas officiella tidning, 15/Vol. 10, Nr L 295/1, 25.10.91.
- EG (1993). *Rådets direktiv 93/59/EEG av den 28 juni 1993 om ändring av direktiv 70/220/EEG om tillnärmning av medlemsstaternas lagstiftning om åtgärder mot luftförorening genom avgaser från motorfordon*. Europeiska gemenskapernas officiella tidning, 13/Vol.24, Nr L 186/21, 28.7.93
- Ericsson, E., (2000) *Urban driving patterns - characterisation, variability and environmental implications*, doktorsavhandling. Department of Technology and Society, Lund University.
- EU (1994). *Europaparlamentets och rådets direktiv 94/12/EG av den 23 mars 1994 om åtgärder mot luftföroreningar genom avgaser från motorfordon och om ändring av direktiv 70/220/EEG*. Europeiska gemenskapernas officiella tidning, 13/Vol. 26, Nr L 100/42, 19.4.1994.
- EU (1996). *Europaparlamentets och rådets direktiv 96/69/EG av den 8 oktober 1996 om ändring av direktiv 70/220/EEG om tillnärmning av medlemsstaternas lagstiftning om åtgärder mot luftföroreningar genom avgaser från motorfordon*. Europeiska gemenskapernas officiella tidning, Nr L 282/64, 1.11.96
- EU (1998). *Europaparlamentets och rådets direktiv 98/69/EG av den 13 oktober 1998 om åtgärder mot luftförorening genom avgaser från motorfordon och om ändring av rådets direktiv 70/220/EEG*. Europeiska gemenskapernas officiella tidning, L 350/1, 28.12.98.
- EU (2000). *Europaparlamentets och rådets direktiv 1999/96/EG av den 13 december 1999 om tillnärmning av medlemsstaternas lagstiftning om åtgärder mot utsläpp av gas- samt partikelformiga föroreningar från motorer med kompressionständning som i fordon samt om utsläpp av gasformiga föroreningar från motorer med gnistständning drivna av naturgas eller motorgas (LPG) vilka används i fordon och om ändring av rådets direktiv 88/77/EEG*. Europeiska gemenskapernas officiella tidning, L 44/1, 16.2.2000.
- EU (2002). *Kommissionens direktiv 2002/80/EG av den 3 oktober 2002 om anpassning till den tekniska utvecklingen av rådets direktiv 70/220/EEG om åtgärder mot luftförorening genom avgaser från motorfordon*. Europeiska gemenskapernas officiella tidning, L 291/20, 28.10.2002.

EU (2007). *Europaparlamentets och rådets direktiv (EG) nr 715/2007 av den 20 juni 2007 om typgodkännande av motorfordon med avseende på utsläpp från lätta personbilar och lätta nyttofordon (Euro 5 och Euro 6) och om tillgång till information om reparation och underhåll av fordon.* Europeiska unionens officiella tidning, L 171/1, 29.6.2007.

EU (2009). *Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 595/2009 av den 18 juni 2009 om typgodkännande av motorfordon och motorer vad gäller utsläpp från tunga fordon (Euro 6) och om tillgång till information om reparation och underhåll av fordon samt om ändring av förordning (EG) nr 715/2007 och direktiv 2007/46/EG och om upphävande av direktiven 80/1269/EEG, 2005/55/EG och 2005/78/EG.* Europeiska gemenskapernas officiella tidning, L 188/1, 18.7.2009.

Fridtjof, T. (2007). *Att systematisera objektspecifik osäkerhet i EVA-kalkyler – diskussion och exempel.* VTI rapport 591.

Hammarström, U. & Karlsson, R. (2004). *Körförloppsmätningar i korsningar – metodutveckling och mätresultat.* Koncept till VTI rapport. Linköping. 2004.

Hammarström, U., Eriksson, J., Karlsson, R., Yahya, M-R, (2012). *Rolling resistance model, fuel consumption model and the traffic energy saving potential from changed road surface conditions.* VTI rapport 748A

Hammarström, U. & Yahya, M-R, (2013). *An analysis of the Swedish HGV fleet with driving resistance in focus – vehicle parameters as a basis for HBEFA emission factor estimation.* VTI notat 11A-2013

Hausberger, S., Rodler, J., Sturm, P. & Rexeis, M. (2003) *Emission factors for heavy-duty vehicles and validation by tunnel measurements.* Atmospheric environment (1994), 37, 5237-5245.

Hausberger, S., Rexeis, M., Zallinger, M., Luz, R. (2009) *Emission factors from the model PHEM for the HBEFA version 3,* Graz University of Technology Report Nr. I-20/2009 Haus-Em 33/08/679 from 07.12.2,
http://www.hbefa.net/e/documents/HBEFA_31_Docu_hot_emissionfactors_PC_LCV_HDV.pdf, 2016-11-24

Lindqvist, T. (1991). *Measured data for driving behaviour in horizontal curve – driving pattern and driving track.* VTI notat T93. VTI. Linköping. 1991.

Naturvårdsverket/Vägverket/SMHI. SIMAIR, ett internetverktyg för bedömning av luftkvalitet i vägars närområde. Användarbeskrivning. 2005.

Norman, M., Sundvor, I., Denby, B., Johansson, C., Gustafsson, M., Blomqvist, G. & Janhäll, S. 2016. *Modelling road dust emission abatement measures using the NORTRIP model: Vehicle speed and studded tyre reduction.* Atmospheric Environment, 134, 96-108.

Pandian, S., Gokhale, S. & Ghoshal, A. K. 2009. *Evaluating effects of traffic and vehicle characteristics on vehicular emissions near traffic intersections.* Transportation Research Part D: Transport and Environment, 14, 180-196.

Rexeis, M. & Hausberger, S. 2009. *Trend of vehicle emission levels until 2020 – Prognosis based on current vehicle measurements and future emission legislation.* Atmospheric Environment, 43, 4689-4698.

Sjögren L. (2013) Svenska vägtillståndsmått då, nu och imorgon Del 1: Då – år 1987-2005. VTI-rapport 717, www.vti.se/publikationer

Sörensen, G. & Carlsson, A. (1997). *Skattning av effekt/massaförhållande för tunga fordon.* VTI meddelande 817. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 1997.

Wikipedia, se länkar nedan.

WSP (2008) *Jämförelse av Samkalk, EVA och Bansek*. Rapport WSP, 2008-07-02

WSP (2015) *Trafikarbetet i Sverige – fördelning över väghållare, trafikmiljöer och trafiksituationer: Underlag för emissionsberäkningar i HBEFA-modellen*, WSP Rapportnummer 2015:1018451

Vägverket (1999) *Körsätt 98 - Inledande studie av körmönster och avgasutsläpp i tätort samt utveckling av metod för att mäta förändringar av acceleration och hastighet kring korsningar*, Vägverket, publikation 1999:137, ISSN 1401-9612

Vägverket (2004). *VGU - Vägar och gators. utformning*. VV publikation 2004:80. 2004-05.

Utnyttjade hemsidor:

www.trafikverket.se om EVA-kalkylen, besökt 2016-05-23

https://www.tno.nl/media/2451/lowres_tno_versit.pdf, om VERSIT+, besökt 2016-04-25

<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>, besökt 2016-10-02

https://en.wikipedia.org/wiki/European_emission_standards, besökt 2016-10-02

http://www.hbefa.net/e/documents/HBEFA_31_Docu_hot_emissionfactors_PC_LCV_HDV.pdf, besökt 2016-11-24

<https://www.tugraz.at/home/>, besökt 2016-11-24

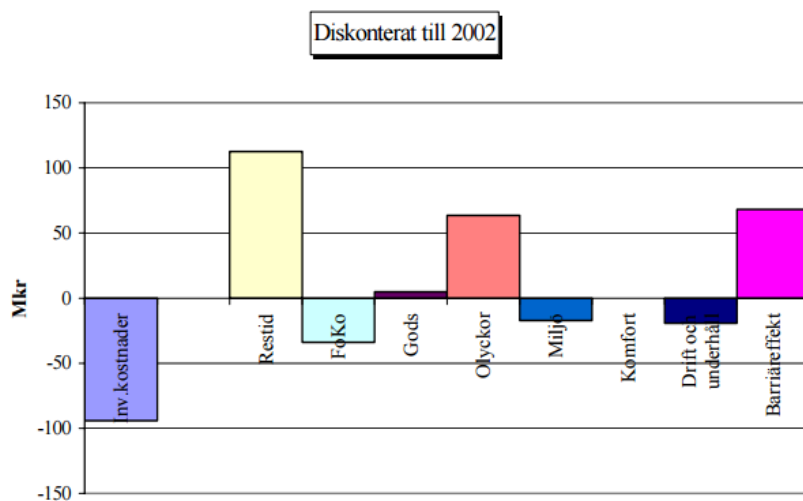
<http://www.tno.nl/>, besökt 2016-11-24

Bilaga 1 Vägtyper i HBEFA

Area	Vägtyp	HBEFA	Motsvarande svenska vägar
Rural	Motorway-Nat	≥2x2 lanes, grade separated	Motorväg. Två skilda körbanor, två eller fler körfält per körbana, planskilda korsningar.
	Semi-Motorway	Variable nr of lanes	Motortrafikled. Två skilda körbanor, ofta 1+2 körfält (alternerande). Planskilda korsningar.
	Trunk road/Primary road	Grade separated ≥2x1 lanes	Stamväg/landsväg >10 meter eller fyra fält, planskilda korsningar?
	Distributor/secondary	Medium capacity road, minor artery/distributor/district connector; ≥2x1 or ≥1x2 lanes	Landsväg/mindre huvudled. 8-10 m, fyra fält eller två breda fält.
	Distributor/secondary (sinuous)	Medium capacity road, minor artery/distributor/district connector; ≥2x1 or ≥1x2 lanes /with curves	Kurvig landsväg/mindre huvudled. 8-10 m, fyra fält eller två breda fält.
	Local/Collector	Connection between villages; access to/from district distributors; ≤2x1 lanes	Landsväg <8 m mellan städer. Ett körfält i vardera riktning.
	Local/Collector (sinuous)	Connection between villages; access to/from district distributors; ≤2x1 lanes /with curves	Kurvig landsväg <8 m mellan städer. Ett körfält i vardera riktning.
	Access-Residential	residential road, mostly priority rule, ≤2x1 lanes	
Urban	Motorway-Nat	≥2x2 lanes, grade separated	Motorvägar i tätort. Två skilda körbanor, fler än två körfält per körbana, planskilda korsningar.
	Motorway-City	High-speed/high capacity road, expressway/major artery/ring road; ≥2x2 always grade separated	Stadsmotorväg – motorväg som förs genom en stads bebyggda delar; ringvägar o. dyl.. Två skilda körbanor, fler än två körfält per körbana, planskilda korsningar.
	Trunk road/Primary-Nat	Grade separated, ≥2x1 lanes	≥2x1 körfält, planskilda korsningar
	Trunk road/Primary-City	High-speed/high capacity road, expressway/major artery/ring road (but not motorway); ≥2x2 may be grade separated	Infart/genomfart i tätort, "mindre" infart/huvudgator, kan ha planskilda korsningar.
	Distributor/secondary	Medium capacity road, minor artery/distributor/ district connector; ≥2x1 or ≥1x2 lanes	Infart/genomfart i tätort. Mindre huvudled.
	Local/Collector	connection between villages; access to/from district distributors; ≤2x1 lanes	
	Access-Residential	Residential road, mostly priority rule,	Vägar i tätort; Kommunala uppsamlings- och lokalgator. Högerregels-vägar? ≤2x1 körfält.

Bilaga 2 Exempel på utdata från en beräkning med EVA-kalkylen

Nettonu värden (basvägnät - utredningsvägnät)	Diskonteringsår 2002	
<i>EVA-beräknade effekter</i>	Kkr	%
Restidskostnader	112 602	63%
Fordonskostnader	-33 967	-19%
Godskostnader	4 899	3%
TS-effekter	63 620	36%
Luftföroreningar(utsläpp)	-17 248	-10%
Komfort	0	0%
Drift och underhåll	-19 320	-11%
<i>Summa EVA-beräknade effekter</i>	<i>110 586</i>	<i>62%</i>
<i>Manuellt kompletterade effekter</i>		
Barriäreffekt	68 132	38%
<i>Summa manuellt kompletterade effekter</i>	<i>68 132</i>	<i>38%</i>
<i>Summa effekter totalt</i>	<i>178 717</i>	<i>100%</i>
Nettonu värdekvot		
NNK	0,9	
Kostnadseffektivitet (per annuïtetsberäknad investerad krona exkl. SF)		
Trafiksäkerhet ¹	10 Mkr/DSS	
Restid ²	91 kr/restimme	
Nyckeltal		
Väglängd, km		
Pris per meter, kr/m		
Trafikplatser, st		
Broar, st		
Kostnad, Kkr		
Kapitaliserad inv.kostnad exkl. skattefaktor ³	61 538	
Kapitaliserad inv.kostnad inkl. skattefaktor I och II	94 154	
Investeringskostnad inkl. SF, annuïtetsberäknad	4 162	
Investeringskostnad exkl. skattefaktor	63 000	



Figurer från Fridtjof (2007).

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Huvuduppgiften är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Kvalitetssystemet och miljöledningssystemet är ISO-certifierat enligt ISO 9001 respektive 14001. Vissa provningsmetoder är dessutom ackrediterade av Swedac. VTI har omkring 200 medarbetare och finns i Linköping (huvudkontor), Stockholm, Göteborg, Borlänge och Lund.

The Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), is an independent and internationally prominent research institute in the transport sector. Its principal task is to conduct research and development related to infrastructure, traffic and transport. The institute holds the quality management systems certificate ISO 9001 and the environmental management systems certificate ISO 14001. Some of its test methods are also certified by Swedac. VTI has about 200 employees and is located in Linköping (head office), Stockholm, Gothenburg, Borlänge and Lund.

HEAD OFFICE
LINKÖPING
SE-581 95 LINKÖPING
PHONE +46 (0)13-20 40 00

STOCKHOLM
Box 55685
SE-102 15 STOCKHOLM
PHONE +46 (0)8-555 770 20

GOTHENBURG
Box 8072
SE-402 78 GOTHENBURG
PHONE +46 (0)31-750 26 00

BORLÄNGE
Box 920
SE-781 29 BORLÄNGE
PHONE +46 (0)243-44 68 60

LUND
Medicon Village AB
SE-223 81 LUND
PHONE +46 (0)46-540 75 00

