

Förarstöd för lägre bränsleförbrukning och minskade emissioner

Utvärdering av två system

Hanna Larsson

Institutionen för Teknik och samhälle
Trafik & väg
Lunds tekniska högskola
2009



Förarstöd för lägre bränsleförbrukning och minskade emissioner

Utvärdering av två system

Hanna Larsson

Hanna Larsson

Förarstöd för lägre bränsleförbrukning och minskade emissioner

Utvärdering av två system

2009

Ämnesord:

Förarstöd, bränsleförbrukning, emissioner, körmönster, körstil, vägval, accelerationer

Referat:

Det krävs åtgärder på flera nivåer för att minska utsläppsnivåerna från vägtrafiken. I denna uppsats studeras möjligheten att använda förarstöd för att minska den totala bränsleförbrukningen och emissionerna. Detta är gjort med en litteraturstudie som beskriver vad som påverkar bränsleförbrukningen och utsläpp av emissioner generellt, ur ett förarperspektiv samt vid användning av förarstöd med miljösyfte. Två förarstöd med fokus på miljöeffekterna har utvärderats, ett navigeringssystem för bränsleoptimerat vägval och en accelerationsrådgivare som påverkar körstilen. Med hjälp av verkliga resor kunde förarens vägval jämföras med det bränsleoptimerade, snabbaste och kortaste vägvalet. Vidare studerades potentialen att minska den totala bränsleförbrukningen genom att guida föraren utifrån realtidsinformation om var det fanns trafikstörningar. Vid utvärderingen av accelerationsrådgivaren, loggades körmönster från fyra postbilar med och utan rådgivaren aktiverad för att studera förändring av bränsleförbrukning samt utsläpp av trafikrelaterade emissioner. Testförarnas användning och upplevelse av accelerationsrådgivaren studerades med hjälp av enkäter och intervjuer.

Citeringsanvisning:

Larsson H., Förarstöd för lägre bränsleförbrukning och minskade emissioner Utvärdering av två system. Lund, Institutionen för Teknik och samhälle, Trafik och väg, 2009. Bulletin – Lunds Universitet, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för teknik och samhälle, 242

Med stöd från:



Publikationslista

Artikel I

Ericsson E., Larsson H. och Brundell-Frej K., 2006, *Optimizing route choice for lowest fuel consumption – Potential effects of a new driver support tool*. Transportation Research Part C 14 (2006) 369-383

Artikel II

Larsson H., 2006, *The acceptance of an acceleration advisory tool for more energy-efficient car driving*. Proc. Int. Symp. "Environment and Transport", Transport and Air Pollution Conference, Reims, France, June 12-14 2006

Artikel III

Larsson H. och Ericsson E., 2009, *The effects of an acceleration advisory tool in vehicles for reduced fuel consumption and emissions*. Transportation Research Part D 14 (2009) 141-146

Förord

Jag vill börja med ett stort varmt TACK till min huvudhandledare *Eva Ericsson* som har bidragit med stor kunskap och erfarenhet inom området för uppsatsen. Jag är oerhört tacksam för all stöttning, din optimism och ditt engagemang under arbetets gång. Tack också för sällskapet på alla tåg- och flygresor, som blivit trevliga både med och utan vin och med och utan korrigerade tågagnar. Många tack även till *Karin Brundell-Frej*, som var min handledare, studierektor för forskarutbildningen samt kursansvarig i flera doktorandkurser, för din fallenhet att förklara svåra saker på ett begripligt sätt samt din förmåga att lyckas få mig att vilja ”gräva” lite djupare. Jag vill även framföra ett stort tack till min handledare *Håkan Jobansson* från Vägverket för all värdefull kunskap, ditt bidrag av kontaktnät och alla nyheter med ”vad som är på gång i branschen” både inom Sverige och i Europa. Stort tack även till handledare *Bengt Holmberg* för att du funnits till hands när det behövts, för läsning och värdefulla reflexioner.

Tack till er alla på *Imita AB* för all utrustning, tid och support vid utvärderingen av accelerationsrådgivaren. Speciellt tack till *Lars* för din tålmodighet vid korrigering av körmonsterdata. Tack även till alla berörda på *Posten* och då speciellt till *Hanna Jonasson*, som initierade projektet med accelerationsrådgivaren med stort engagemang.

Ett stort tack till *alla på institutionen* som hjälp till med stort som smått i ”navigerings-projektet”, ”posten-projektet” och nu senast när jag skrivit kappan. Speciellt vill jag tacka *Emeli* för din vänskap och för att du tog dig tid att korrekturläsa, *Lisa* för att du är en god vän och för ditt stöd i ”ups and downs”, *Hanna W* för att du alltid ställer upp och hjälper till (t.ex. att köra postbill), *Charlotte* för alla roliga konversationer och pop-ups i dörren, *Emma* för att du sprider värme och omtänksamhet omkring dig, *Andreas* för hur du lättar upp i fikarummet och för att du får min man att motionera, *Aliaksei* för att du delade min entusiasm för att spela innebandy, *Annika* för litteraturtips och diskussioner samt *Jenny* och *Marlene* för att ni är härliga personer. Jag vill även tacka alla tidigare och nuvarande kollegor och vänner på institutionen för alla seriösa och oseriösa diskussioner samt alla roliga fester både i och utanför huset. Ett extra tack även till *Mia*, *Inger*, *George* och *Johannes* för all administrativ hjälp och datasupport!

Jag vill även passa på att tacka mina *föräldrar*, *svärföräldrar*, *bröder* och *svägerskor* för att ni alltid finns där för mig och min familj! Det är ovärderligt. Jag vill också tacka alla mina *vänner* som gör mig glad och får mig att må bra! Speciellt tack *Jenny* för att du är en person att lita på i vått och torrt och ett stort tack *Mathilda* för dina briljanta engelskakunskaper.

Sist men inte minst vill jag tacka min älskade familj. *Martin* för att du gör mig lycklig och alltid ställer upp till hundra procent, *Elsa* för hur du får mig att skratta och få perspektiv på tillvaron och till sist du *lilla/lille pys* som ger dig alltmer tillkänna.

Avslutningsvis kommer här ett par anekdoter från forskningen...

I slutet av september 2005 satt en kille från *Imita AB* och jag och testkörde en av postbilarna för att utvärdera vilken inställning motståndet i gaspedalen skulle ha. Många turer blev det fram och tillbaka på Gastelyckans industriområde. Plötsligt stannar en kille på cykel oss och frågar -Jag ska hämta ut ett brev på Gastelyckans postkontor, var ligger det? Varpå *Imitakillen* och jag tittar på varandra och vårt svar från postbilen blir -Inte en aning...

En annan händelse som nu kan skrattas åt men så då innebar många extratimmar och en hel del frustration var vid utplockning av körmönsterdata från ISA-databasen. Efter att jag under ett par veckor plockat ut körmönster för varje avsedd vägklass, kört körmönstren genom ett antal program och modeller upptäcktes att körmönstren var utplockat från före ”installation-av-ISA” istället för före ”aktivering-av-ISA”. Det var bara att börja utplockningsarbetet från början igen... Att det överhuvudtaget fanns körmönster i databasen innan installation var märkligt men berodde på ett mindre pilotprojekt som låg inlagt.

Jag ser lösningarna inför framtidens transportsystem med försiktig optimism, och tror att vägen till ett hållbart system är både snårig och taggig, men jag tror samtidigt att...

*”Om du väntar tills du är säker på att det är rätt, kommer du förmodligen inte att göra mycket av något”
-Win Borden*

Hanna Larsson

Lund den 23 mars 2009

Sammanfattning

Bakgrund

Dagens transporter står för en betydande del av de miljöproblem som råder. Det behövs därför ökad kunskap om vilka åtgärder som ger effekt för att stoppa ökningen av antalet fordonskilometrar. Det räcker inte att enbart utveckla tekniken för att minska trafikens miljöproblem. I kombination med ett nödvändigt paradigmskifte med fokus på planering av hållbara trafiksystem, är det viktigt att börja påverka bilförarna att minimera bränsleförbrukningen och emissionerna för de enskilda resorna. Förutom att anpassa trafikmiljön och förbättra fordonsegenskaperna för att minska bränsleförbrukningen och emissionerna handlar det också om att påverka hur och var föraren kör. Denna licentiatuppsats belyser möjligheten att använda förarstöd som hjälper föraren att köra så bränsle- och emissionsnålt som möjligt. Två förarstöd vars syfte är att minska den totala bränsleförbrukningen och emissionerna har utvärderats.

Syfte

Syftet med denna licentiatuppsats är att:

- belysa möjligheten att använda förarstöd för att minska den totala bränsleförbrukningen och/eller emissionerna
- beskriva metoder för att utvärdera förarstöd med fokus på bränsleförbrukning och emissioner
- utvärdera potentialen av ett navigeringssystem för bränsleoptimerat vägval
- utvärdera effekten av en accelerationsrådgivare för bränsle- och emissionsreducerande körstil

Metod

Licentiatuppsatsen är uppdelad i fem delar:

- 1) en litteraturstudie med frågor kring: vilka faktorer påverkar, hur kan man mäta och vad kan föraren göra för att påverka bränsleförbrukningen och emissionsfaktorerna? Hur uppfattar och använder föraren ett förarstöd? Vad finns det för förarstöd med syfte att minska den totala bränsleförbrukningen och/eller emissionerna?
- 2) en metoddel för utvärdering av potentialen av ett navigeringssystem för bränsleoptimerat vägval samt utvärdering av effekten av en accelerationsrådgivare för bränsle- och emissionsreducerande körstil
- 3) en resultatdel kring potentialen för ett navigeringssystem för bränsleoptimerat vägval samt effekten av en accelerationsrådgivare
- 4) en diskussions- och slutsatsdel
- 5) en del med de artiklar som ingår i licentiatuppsatsen

För att skatta potentialen av ett navigeringssystem för bränsleoptimerat vägval har verkliga resor från en medelstor svensk stad (Lund) använts. Resorna hämtades från en databas som innehöll information om både vägval och körmönster (hastighetsprofiler) på olika väglänkar.

Vägnätet klassificerades utifrån sex faktorer som tidigare forskning har visat påverkar bränsleförbrukningen (Ericsson, 2000a; Brundell-Frej och Ericsson, 2005). Dessa faktorer var: vägfunktion, områdestyp, hastighetsgräns, förekomst och täthet av signalreglerade korsningar, förekomst av hastighetsbegränsande åtgärder samt trafikflödet. För varje vägklass modellerades den genomsnittliga bränsleförbrukningen (l/fkm) för hög- och lågtrafiktid. Utifrån denna bränsleförbrukning för vägklasserna beräknades en total bränsleförbrukning (l) ut för varje väglänk i studieområdet. Den totala bränsleåtgången för det verkliga vägvalet jämfördes därefter med det bränslesnålaste, det kortaste och det snabbaste vägvalet. Inom denna studie skattades också potentialen att minska bränsleförbrukningen m.h.a. cirka 120 så kallade probbilar (fordon som registrerar trafikdata som sedan sänds ut till andra trafikanter), som ger realtidsinformation om trafikstörningar, och därefter beräknar en ny bränslesnål resa. Denna potential skattades genom att beräkna sannolikheten att 1) det sker en trafikstörning under resan, 2) en probbil upptäcker trafikstörningen, 3) det finns ett annat mer bränsleoptimalt vägval samt 4) att beräkna bränslevinsten för de resor som skulle få ett nytt vägval efter probbilsinformation.

I studien där effekten av en accelerationsrådgivare har utvärderats gjordes körmonsterloggningar av fyra postbilar i verklig trafikmiljö utan och med rådgivaren installerad. Mätningarna gjordes i samband med förarnas ordinarie rutter som varierar mellan olika typer av uppdrag. Under körning gav accelerationsrådgivaren ett mottryck i gaspedalen vid kraftig acceleration. Detta mottryck var endast rådgivande och gick att ”trampa igenom” om en högre acceleration efterfrågades av föraren. Bränsleförbrukningen och emissionsfaktorerna CO, HC och NOx beräknades m.h.a. en mikroskopisk emissionsmodell. Testförarnas användning och upplevelse av accelerationsrådgivaren analyserades med intervjuer, före- och efterenkäter samt genom att studera hur körmonstret förändrades.

Resultat och slutsats

Från litteratursökningen samt från de två utvärderade förarstöden framgår att det finns goda möjligheter att använda förarstöd med syfte att påverka körstilen respektive vägvalet för att minska den totala bränsleförbrukningen och emissionerna. En stor fördel med förarstöd är att föraren får feedback kontinuerligt för att exempelvis upprätthålla en önskad körstil. Dock krävs det fortsatt forskning på både på hur förarstödet ska vara utformat för att minska den totala bränsleförbrukningen och emissionerna men också hur föraren bäst uppnår hög efterlevnad.

Resultaten från studien av bränslesnål navigering visade att 46% av alla resor, längre än fem minuter, i Lund kunde valt ett bränslesnålare vägval. Dessa resor kunde minska sin totala bränsleförbrukning med 8.2% vilket innebar att om vinsten slogs ut på alla resor skulle bränslereduktion bli 4%.

Studien visade också att vägklasser med hög täthet av signalreglerade korsningar, lokalgator och huvudgator i centrum generellt gav hög bränsleförbrukning. Resultatet styrker tidigare forskning (Ericsson, 2000a; Brundell-Frej och Ericsson, 2005).

Skattning av den totala potentialen för bränslereduktion, genom att använda probbilsinformation om trafikstörningar, gav en total bränslereduktion på 0.04%. Detta är en

försumbar bränslebesparing. Sannolikheten att det skulle ske en trafikstörning under en resa i Lund skattades till 2.7%, att denna trafikstörning upptäcks av en probbil skattades till 26% och att det fanns ett mer bränsleoptimalt vägval vid en trafikstörning skattades till 76%. Den låga besparingspotentialen kan framförallt förklaras av den låga sannolikheten att det inträffar en trafikstörning samt den relativt låga sannolikheten att trafikstörningen upptäcks av någon av de 120 probbilarna. I en större stad där antalet trafikstörningar är vanligare är det troligt att den totala potentialen av att använda probbilsinformation för bränslebesparing skulle vara större.

Utvärdering av effekten av en accelerationsrådgivare visade att av andelen tid med kraftig acceleration ($>1.5 \text{ m/s}^2$) har minskat när rådgivaren är installerad, vilket tyder på att rådgivaren har fungerat samt att testförarna har följt rådgivningen. Dock gick det inte att påvisa någon statistisk signifikant minskning av bränsleförbrukningen mer än för en specifik slinga vid körning med accelerationsrådgivaren.

Emissionerna CO, HC och NOx påvisade inte någon statistisk signifikant skillnad när analysen gjordes på samtliga körmonster utan och med accelerationsrådgivare. En jämförelse av emissionerna gjordes även för tre specifika körslingor där resultatet visade att för två av slingorna minskade emissionerna statistiskt signifikant.

Från intervjuerna framgick att användningen av accelerationsrådgivaren varierade. Exempel på situationer när genomtramp av mottrycket var mer frekvent tenderade att vara när föraren kände sig osäker på trafiksituationen, när det var högt trafikflöde eller vid tidsbrist. En faktor som kunde medföra ökad efterlevnad till rådgivaren var när det var kort avstånd mellan stoppen.

Resultat från enkätstudien före-frågor visade på att den generella uppfattningen om att köra med en accelerationsrådgivare var ”varken eller” eller ”ganska bra”. Efter loggningsperioden var attityden mindre positiv till accelerationsrådgivaren. Dock, vid en analys av sambandet mellan förarnas uppfattning generellt om att köra med accelerationsrådgivaren och hur ofta de har kört med förarstödet visade det sig att det fanns en tendens att de som kört ofta var mer positiva till systemet än de som bara testat rådgivaren ett fåtal gånger.

Summary

Background

Today's transports account for a considerable amount of the current environmental problems. Therefore, more knowledge is needed as to what measures achieve what results to stop the increase of vehicles kilometres. Developing the technology is not enough to reduce the environmental effects of traffic. Combined with a necessary paradigm shift focusing on planning sustainable traffic systems, it is essential to start to influence the drivers to minimize the use of fuels and the emissions of trips. Apart from adjusting the traffic environment and improving the qualities of the vehicles to reduce fuel consumption and emissions, it is also about influencing how and where the drivers drive. This licentiate's dissertation emphasizes the possibility of using driver's support which helps the driver to drive fuel efficiently and to lower the level of emissions as much as possible. Two driver's supports aiming to reduce fuel consumption and level of emissions have been evaluated.

Aim

This licentiate's dissertation aims to:

- Emphasize the possibility of using driver's support to reduce total fuel consumption and/or reduce emissions.
- Describe methods of evaluating driver's support focusing on fuel consumption and emissions
- Evaluate the potential of a navigation system for fuel efficient route choices
- Evaluate the effects of an acceleration adviser for a fuel- and emission reducing driving behaviour.

Method

The licentiate's dissertation is divided into five parts:

- 1) a literary study with questions regarding: factors that influence, how to measure and what the driver can do in order to have an effect on fuel consumption and emission factors? How do drivers perceive the driver's support? What driver's supports are there that aims to reduce total fuel consumption and/or emissions?
- 2) a methodology part for the evaluation of the potential of a navigation system for fuel efficient route choices as well as an evaluation of the effects of an acceleration adviser for a fuel- and emission reducing driving behaviour.
- 3) a results part of the analysis of navigation system for potential fuel efficient route choices as well as the effects of an acceleration adviser.
- 4) a discussion and conclusion part
- 5) a part with the articles included

To estimate the potential of a navigation system for fuel efficient route choices, real trips from a mid-sized Swedish town (Lund) have been used. The trips were taken from a database containing information both about route choices and driving patterns (speed profiles) on different road links. The road network was classified according to six factors which previous

research has found to have an effect on fuel consumption (Ericsson, 2000a; Brundell-Freij och Ericsson, 2005). These factors were: road function, type of area, speed limit, density of junctions controlled by traffic lights, traffic-calming measures as well as the traffic flow. For every road type the average fuel consumption was modelled (l/vkm) for peak as well as off peak time. Out of this modelled fuel consumption of the different road types, a total fuel consumption of every traffic link in the area of study was calculated. The total fuel consumption for the actual route choice was then compared with the most fuel efficient-, the shortest and the fastest route choice. In this study, the potential reduction of fuel consumption was also estimated by the information from 120 probe vehicles which give real-time information about disturbances in traffic followed by a recalculation of a new fuel efficient route. This potential was estimated by calculating the probability that 1) there is a traffic disturbance during the trip, 2) a test car recognizes the disturbance, 3) there is another more fuel efficient optional route and 4) to calculate the profit of fuel for the trips that would have a new choice of route due to information from the probe car.

In the study where the effects of an accelerator adviser was evaluated drive pattern were recorded of four postal cars in a real traffic environment with and without having an adviser installed. The calculations were done in connection with the drivers' regular routes which vary between different assignments. During a drive the accelerator adviser provides the driver a resistance in the accelerator pedal when the acceleration was great. It was possible for the driver to override the resistance whenever necessary. The fuel consumption and emission factors CO, HC and NOx were calculated with a microscopic emission model. The drivers' usage of and acceptance of the acceleration adviser was analysed by doing interviews, questionnaires prior to and after using it as well as by studying the changes in driving patterns.

Results and conclusions

From the search of literature and the two evaluated driver support tools it is apparent that there are good possibilities of using driver's support in order to influence the driving style and route choice to reduce the total fuel consumption and the emissions. A great advantage of driver's support is that the driver receives feedback continuously to for example sustain a wanted driving style. However, more research is needed both regarding how the driver's support should be designed to reduce fuel consumption and emissions but also on how to achieve high driver compliance.

The results of the study of low fuel navigation showed that 46% of all trips in Lund, longer than 5 minutes, could have made a more fuel efficient route. These trips could reduce the total fuel consumption by 8.2% which gives that if the gain was distributed on all trips the fuel reduction would be 4%.

The study also showed that road classes with a high density of junctions controlled by traffic lights, local streets and the main streets in the city centre also generated high fuel consumption. The findings support previous research (Ericsson, 2000a; Brundell-Freij och Ericsson, 2005).

The estimation of the potential total fuel reduction, by using probe vehicle information of traffic disturbances, gave a total fuel reduction by 0.04%. This is a negligible fuel saving. The probability that there would be a traffic disturbance during a trip in Lund was estimated to

2.7%, that this disturbance would be detected by a probe vehicle was estimated to 26% and that there is a more fuel efficient route choice when a traffic disturbance occurs was estimated to 76%. The low savings potential can above all be explained by the low probability that there is any traffic disturbance and the low probability that the traffic disturbance will be detected by any of the 120 probe vehicles. In a larger city where the number of traffic disturbances are more common it is likely that the total potential of using probe vehicle information would be greater.

The evaluation of the effects of an acceleration advisor showed that the amount of time of strong acceleration ($>1.5\text{m/s}^2$) was reduced when the advisor was installed, which indicates that the advisor has worked and that the test drivers have followed the given advice. It was however not possible to show any significant reduction of fuel consumption more than for a specific route whilst driving with the acceleration advisor.

The emissions of CO, HC and NO_x did not show any statistic significant difference when the analysis was done on all the driving patterns, with or without an acceleration advisor. A comparison of the emissions was done on three specific routes where the result showed that on two of the routes the emissions were statistically significantly reduced.

It was evident in the interviews that the use of the acceleration advisor varied. Examples of situations when the drivers override the resistance was more frequent appeared to be when the driver felt uneasy about the traffic situation, when the flow of traffic was heavy and when there was a lack of time. A factor that could result in an increase of driver compliance of the advisor was short distance between stops.

The results of the questionnaire prior to usage showed that the general opinion of driving with the advisor was "either or" or "rather good". After the log period the attitude towards the acceleration advisor was less positive. Though, in an analysis of the relation between the drivers' general perception of driving with the acceleration advisor and how frequently they have driven with the driver's support showed a tendency of those who had driven more frequently being more positive to the system than those who had merely tested the advisor a few times.

Innehållsförteckning

1	INTRODUKTION	1
1.1	MILJÖPROBLEM ORSAKADE AV TRAFIK.....	1
1.2	SYFTE, AVGRÄNSNINGAR OCH UPPLÄGG.....	2
	DEL A – LITTERATURSTUDIE.....	5
2	SYSTEMPERSPEKTIV.....	7
2.1	DEFINITION AV BRÄNSLEFÖRBRUKNING OCH EMISSIONSFAKTORER.....	7
2.2	ATT PÅVERKA BRÄNSLEFÖRBRUKNING OCH EMISSIONSFAKTORER.....	7
2.2.1	<i>Fordon</i>	8
2.2.2	<i>Förare</i>	11
2.2.3	<i>Trafikmiljöer</i>	12
2.3	FRAMTAGNING AV BRÄNSLEFÖRBRUKNING, EMISSIONSFAKTORER OCH KÖRMÖNSTER.....	15
2.3.1	<i>Laboratiemätningar</i>	15
2.3.2	<i>Emissionsmodeller</i>	17
2.3.3	<i>Mätning i verklig trafik</i>	19
2.3.4	<i>Syntetiskt uppbyggda körmönster</i>	21
3	FÖRARPERSPEKTIV.....	23
3.1	KÖRSTIL	23
3.1.1	<i>Attityd</i>	24
3.1.2	<i>Sparsam körstil</i>	25
3.2	VÄGVAL	26
3.3	KÖRMÖNSTER OCH KÖRMÖNSTERPARAMETRAR	27
3.4	KAN ETT FÖRARSTÖD PÅVERKA BRÄNSLEFÖRBRUKNINGEN OCH EMISSIONERNA?.....	31
4	FÖRARSTÖD	33
4.1	GRADEN AV AUTOMATION.....	33
4.2	MÄNSKLIGA FAKTORER	34
4.3	FÖRARSTÖD FÖR LÄGRE TOTAL BRÄNSLEFÖRBRUKNING OCH EMISSIONER.....	35

DEL B – METOD	39
5 INTRODUKTION	41
6 BRÄNSLEOPTIMERAT VÄGVAL	43
6.1 ANALYS AV KÖRMÖNSTER	43
6.1.1 ISA-databasen	43
6.1.2 Vägklasser	44
6.1.3 Utpluckning av körmonster samt beräkning av bränsleförbrukning	49
6.1.4 Analysmetoder	49
6.1.4.1 Skattning av bränslereduktion genom vägvalsoptimering med statistiska förhållanden	50
6.1.4.2 Skattning av bränslereduktion genom vägvalsoptimering med realtidsdata från probbilar	51
7 ACCELERATIONS RÅDGIVAREN	55
7.1 ANALYS AV KÖRMÖNSTER	56
7.1.1 Val av fordon	56
7.1.2 Accelerationsrådgivarens uppbyggnad	57
7.1.3 Val av motstånd	57
7.1.4 Loggning av kördata	58
7.1.5 Bearbetning av kördata	58
7.1.6 Analys	59
7.2 ENKÄTER	59
7.2.1 Framtagning av frågor	60
7.2.2 Bearbetning	60
7.2.3 Analys	60
7.3 INTERVJUER	60
7.3.1 Planering	60
7.3.2 Intervjutillfället	63
7.3.3 Analys	63
DEL C – RESULTAT	65
8 BRÄNSLEOPTIMERAT VÄGVAL	67

8.1	KLASSIFICERINGSSYSTEM	67
8.2	SKATTNING AV BRÄNSLEREDUKTION MED STATISKA FÖRHÅLLANDEN	70
8.3	SKATTNING AV BRÄNSLEREDUKTION MED PROBBILSINFORMATION.....	71
8.4	SLUTSATSER AV POTENTIALEN AV ETT NAVIGERINGSSYSTEM FÖR BRÄNSLEOPTIMERAT VÄGVAL.....	71
9	ACCELERATIONSRÅDGIVAREN	73
9.1	SKATTNING AV BRÄNSLEREDUKTION.....	73
9.2	SKATTNING AV EMISSIONSREDUKTION	74
9.3	HUR PÅVERKADES KÖRMÖNSTERPARAMETRARNA?.....	75
9.4	HUR ANVÄNDES OCH UPPLEVDES ACCELERATIONSRÅDGIVAREN?	77
9.5	SLUTSATS AV EFFEKTEN AV ACCELERATIONSRÅDGIVAREN	81
	DEL D – DISKUSSION OCH SLUTSATS	83
10	DISKUSSION.....	85
10.1	BRÄNSLEOPTIMERAT VÄGVAL	87
10.2	ACCELERATIONSRÅDGIVAREN	89
11	SLUTSATS	93
	REFERENSER	95
	DEL E – ARTIKLAR I-III.....	101
	DEL F – BILAGOR	109

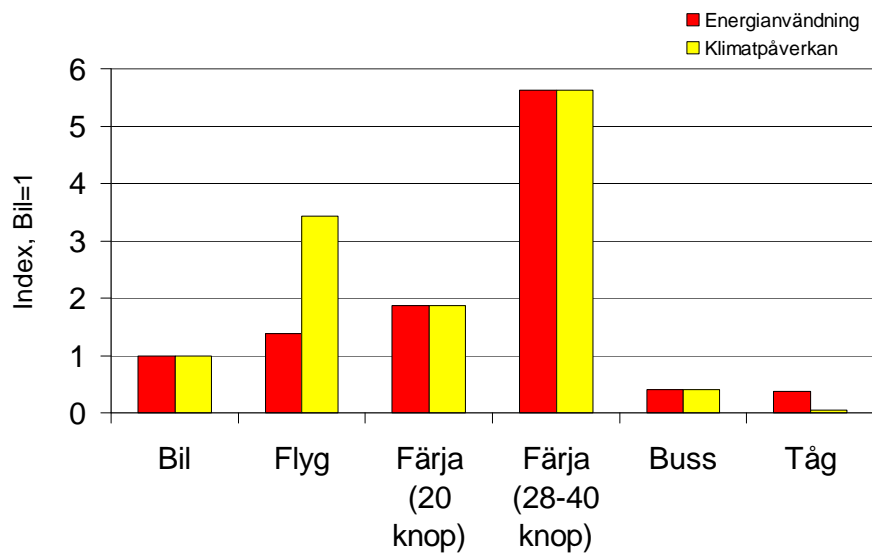
1 Introduktion

1.1 Miljöproblem orsakade av trafik

Enligt de flesta forskare råder det inte längre någon tvekan om att klimatet håller på att ändras till följd av ökade nivåer av växthusgaser i atmosfären. Jordens medeltemperatur ökar, havsytan stiger och förändrad fördelning av nederbörd medför en ökad risk för översvämningar och torka. Enligt IPCC (2007) stod transporter å 2004 för 13% av växthusgaserna globalt. Motsvarande siffra för Sverige å 2007 var 32% (inrikes transporter) varav drygt 90% av dessa växthusgaser kommer från vägtrafiken (NVV, 2008). Vidare fortsätter vägtransporterna att öka med i genomsnitt 1% per år i Sverige (Johansson och Nilsson, 2004) varpå betydande insatser behöver göras för att minska bidraget av växthusgaser.

Vilka är de drivande krafterna som påverkar det totala trafikarbetet? På en övergripande nivå påverkas trafikarbetet av ett stort antal faktorer, däribland den socioekonomiska utvecklingen, de geografiska förutsättningar, planering av bebyggelse och trafiksystem. Utifrån dessa faktorer genereras ett transportbehov som fördelas på olika färdmedelsval och på olika vägval. Detta innebär att insatser och påverkan för att minska utsläppen av växthusgaser och andra emissioner bör göras på flera nivåer. Det räcker inte att enbart utveckla tekniken för att minska trafikens miljöproblem. Den översta, strategiska, nivån innefattar hur resgenerering och behovet av transporter kan påverkas genom åtgärder och styrmedel, exempelvis strategisk planering, lagstiftning, beskattning m.m.

På nästa nivå, den taktiska nivån, utgår man från att det kommer ske en transport med antingen person- eller godstrafik. Påverkan för denna nivå ligger i färdmedelsvalet, dvs. att välja det alternativ som medför minst totalt utsläpp. Valet av färdmedel har stor betydelse för de totala utsläppsmängderna från fordonstrafiken. Exempelvis visare en enkätstudie av Malmö Stad (2004) att 6% av alla bilresor gjorda av malmöbor är kortare än 1 km och 48% är kortare än 5 km. Detta medför att man kan ifrågasätta om inte en stor del av dessa färdmedel skulle kunnat bytas ut mot exempelvis cykel. De korta resorna har ofta den högsta bränsleförbrukningen och emissionsfaktorn. Detta p.g.a. att de börjar med en kallstart, motorn hinner inte komma upp i optimal arbetstemperatur samt körningen sker ofta i tätortsmiljö där det är vanligare med fler start och stopp. I figur 1 exemplifieras energianvändningen respektive klimatpåverkan per personkilometer för långväga resor och för olika färdmedelsval (Åkerman och Höjers, 2006). Figuren visar bl.a. att energianvändningen för buss och tåg är mindre än hälften så hög som för bil per personkilometer.



Figur 1. Genomsnittlig energianvändning och utsläpp av växthusgaser vid långväga resor (mer än 100 km enkel resa) med olika transportslag, anggett i energianvändningen respektive klimatpåverkan per personkilometer. Flygets koldioxidutsläpp är uppräknade med en faktor 2.5 för att ta hänsyn till effekten av böjningsutsläppen av kväveoxider och vattenånga vilket ger större växthuseffekt än markutsläpp (Modifierad från Åkerman och Höjer, 2006).

Den sista, operationella, nivån där det finns potential att minska utsläppen från vägtrafiken, är genom att påverka trafikmiljön, föraren eller fordonet för de resor som väl görs med valt fordonslag. Till exempel att göra en bilresa så energieffektiv som möjligt.

För att bryta trenden med ökade fordonskilometrar och ökade utsläpp från vägtrafiken krävs insatser på flera nivåer. Forskningen bakom denna licentiatuppsats behandlar främst hur man kan påverka föraren att minska sin bränsleförbrukning och sina emissioner när en bilresa ska göras genom användning av olika förarstöd. Banister (2008) menar att även om framtiden är att skapa så pass välplanerade städer och transportsystem att folk inte längre ska känna något behov av att ha egen bil, så krävs det att man i väntan på ett större paradigmskifte med ändrade resmönster respektive en energieffektivare fordonsflotta börjar med åtgärder som kan implementeras snabbt. En energieffektiv körning är önskvärd oavsett vilken fordons- eller bränsletyp som används. Detta belyses även av Van der Voort et al. (2001 sid. 280) citat "A major technological breakthrough or paradigm shift may solve this problem but, because of existing investments, cultural attitudes and remaining technological challenges, such a shift is likely to take a long time. Therefore, fuel conservation, i.e. performing the same transport task with the use of less fuel, is a sensible interim strategy".

1.2 Syfte, avgränsningar och upplägg

Licentiatuppsatsen är en delrapportering av en pågående doktorandutbildning inom ämnet "Vägtrafikens energiförbrukning och avgasutsläpp och hur detta påverkas av trafiksystemets uppbyggnad och fordonsanvändning".

Syftet med licentiatuppsatsen är att:

- belysa möjligheten att använda förarstöd ur ett miljöperspektiv
- beskriva metoder för att utvärdera förarstöd med fokus på bränsleförbrukning och emissioner. Från tidigare studier, vilket redovisas i litteraturstudien, har både vägvalet och körstilen visat sig vara viktiga faktorer för att påverka den totala bränsleförbrukningen och den totala mängden emissioner. De två förarstöd som har utvärderats i denna licentiatuppsats är dels ett navigeringssystem för bränsleoptimerat vägval och dels en accelerationsrådgivare för bränslereducerande körstil.

Syftet vid utvärderingen av ett navigeringssystem för bränsleoptimerat vägval var att:

- utarbeta ett klassificeringssystem för ett vägnät som baseras på bränslereducerande parametrar som längre fram kan generaliseras och användas i framtida navigeringssystem.
- uppskatta eventuell potential för bränslereduktion genom att följa ett vägval som optimerats efter bränsleförbrukning.
- studera potentialen av bränslereduktion genom att det optimerade vägvalet inkluderar realtidsinformation från probbilar (fordon som registrerar trafikdata som sedan sänds ut till andra trafikanter) om var det förekommer trafikstörningar.

Syftet vid utvärderingen av en accelerationsrådgivare var att:

- studera hur bränsleförbrukningen påverkas med en accelerationsrådgivare
- studera hur trafikrelaterade emissioner påverkas med en accelerationsrådgivare
- studera hur körmönstret påverkas med en accelerationsrådgivare
- studera hur förarna använde sig av en accelerationsrådgivare
- studera hur förarna upplevde att köra med en accelerationsrådgivare

Licentiatuppsatsens omfång är begränsat till studier som innefattar personbilar. Vidare begränsas uppsatsen till att omfatta bränsleförbrukningen och därmed koldioxid (CO₂) samt emissionerna kolmonoxid (CO), kolväte (HC) och kväveoxider (NO_x).

Strukturen på licentiatuppsatsen är följande: i introduktionen beskrivs trafikens miljöproblem översiktligt. Del A är en litteraturstudie som kortfattat beskriver vad som påverkar bränsleförbrukningen och utsläpp av emissioner generellt, därefter ur ett förarperspektiv och sist med fokus på behovet av förarstöd ur ett miljöperspektiv. Under del B beskrivs de metoder som använts för att utvärdera två förarstöd, som sedan följs av resultat i del C, diskussion och slutsats i del D, tre artiklar i del E samt bilagor i del F. Metoden och resultaten i del B och C bygger till stor del på de artiklar som finns bilagda i del E.

Del A - Litteraturstudie

2 Systemperspektiv

2.1 Definition av bränsleförbrukning och emissionsfaktorer

Enkelt kan bränsleförbrukning beskrivas som den totala mängden av bränsle som konsumeras av ett fordon. Bränsleförbrukningen anges oftast i antalet liter per fordonskilometer medan emissionsfaktorerna anges i gram per fordonskilometer.

Vid beskrivning av bränsleförbrukning är det viktigt att särskilja mellan förbrukningen per fkm och den totala bränsleförbrukningen. För att förenkla i denna licentiatuppsats kommer terminologin nedan att användas:

Bränsleförbrukning = antal liter bränsle per fordonskilometer (l/fkm)
Emissionsfaktor = antal gram CO, HC eller NO _x per fordonskilometer (g/fkm)
Totala bränsleförbrukningen = totala mängden bränsle i liter (l)
Totala mängden emissioner = totala mängden CO, HC eller NO _x i gram (g)

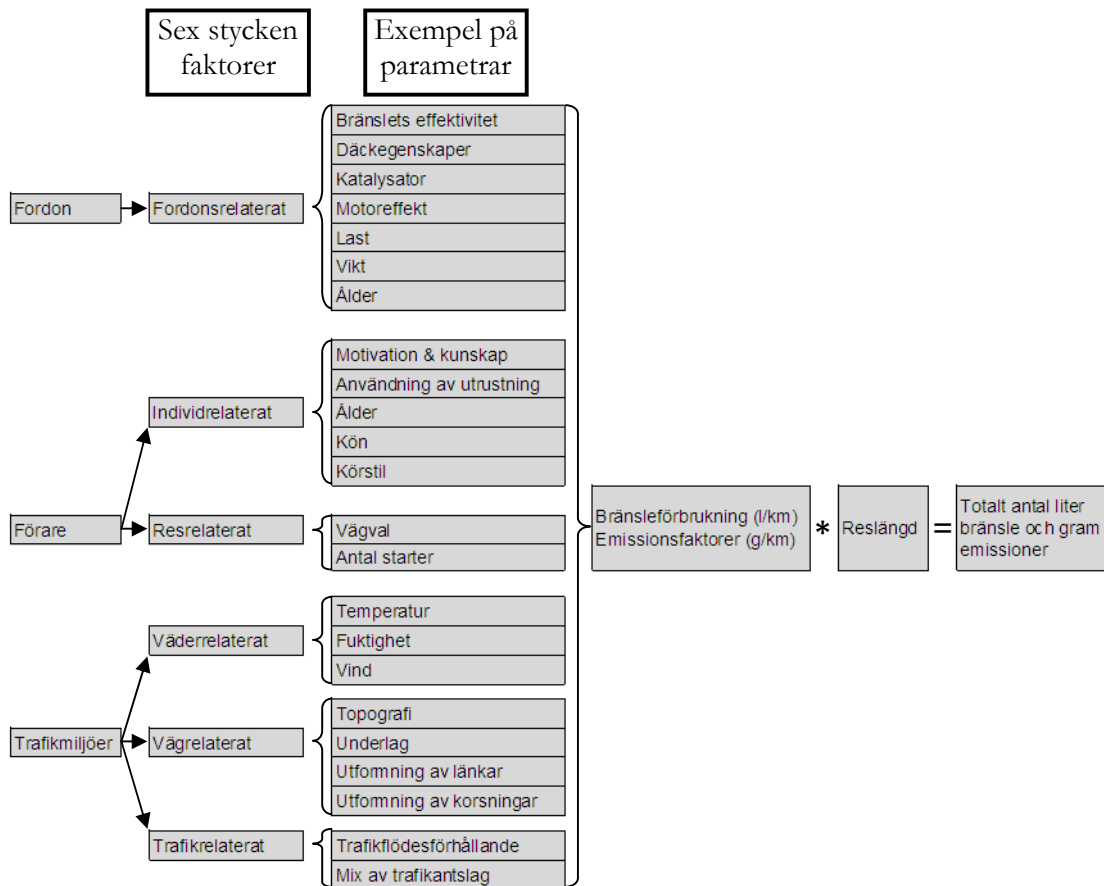
2.2 Att påverka bränsleförbrukning och emissionsfaktorer

Antalet faktorer som påverkar bränsleförbrukningen är stort, liksom beskrivningarna hur faktorerna kan klassificeras. En vanlig indelning av faktorer som Samuel et al. (2001) har gjort är att dela in orsaken till emissioner från fordonstrafiken i följande fyra grupper: trafikrelaterade faktorer, förarbeteende, vägnätsutformning och fordonstyp. En mera utförlig indelning beskrivs av Ahn et al. (2002) och Ericsson (2000a) som menar att bränsleförbrukningen och emissionsfaktorerna påverkas av sex kategorier av faktorer; resrelaterade, väderrelaterade, fordonsrelaterade, vägrelaterade, trafikrelaterade och förarrelaterat. I figur 2 beskrivs de faktorer som i ett övergripande perspektiv påverkar bränsleförbrukningen och emissionerna. Modellen utgår från de tre grundelementen inom trafik: fordonet, föraren och trafikmiljön, vilka sedan delas in i de sex kategorier som precis nämnts. Till var och en av de sex kategorierna ges exempel på parametrar som har visat sig ha betydelse för bränsleförbrukningen eller emissionerna. De sex faktorerna bildar tillsammans en bränsleförbrukning respektive en emissionsfaktor för respektive emission, där den totala bränsleförbrukningen respektive den totala mängden emissioner beräknas genom multiplikation med reslängden. För beräkningen av totalt koldioxidutsläpp kan det förenklat uttryckas enligt följande (Johansson och Nilsson, 2004):

$$\text{Totalt koldioxid utsläpp} = \text{Bränsleförbr. (l/fkm)} * \text{Trafikarbete(fkm)} * \text{Andel fossilt bränsle}$$

Figur 2 förutsätter flera antaganden. En resa från punkten A till B kommer att köras, resan kommer att göras med ett motordrivet fordon och detta fordon drivs av fossilt bränsle. Vidare tas endast direkta emissioner upp vilket är så kallade avgasrörsemissioner samt avdunstning genom tanken till skillnad från indirekta emissioner som inkluderar t.ex. framställningen och transporten av bränsle från källan till tanken (Van Mierlo et al., 2004b). Ytterligare en begränsning med modellen är avsaknaden av interaktioner mellan olika faktorer respektive mellan olika parametrar. Det finns flera studier som visat att interaktioner

är vanliga. Brundell-Frej och Ericssons studie (2005) visar exempelvis tydliga interaktioner mellan körmönster och olika kombinationer av utformningsvariabler för vägnätet samt mellan utformningsvariabler och förarvariabler t.ex. gatutyp och förarålder. Interaktionerna är ofta komplicerade och kan ibland gå emot varandra varpå det kan vara svårt att planera för ett trafiksystem som tar hänsyn till alla faktorer på samma gång.



Figur 2. Faktorer som påverkar bränsleförbrukningen och emissionsfaktorerna i ett systemperspektiv, vilka utgår från fordonet, trafikanterna och trafikmiljön. För varje faktor ges exempel på parametrar som påverkar bränsleförbrukningen och emissionerna.

2.2.1 Fordon

Fordonsrelaterade faktorer i denna kategorisering är fixa för fordonet och resan, dvs. sådana faktorer som föraren inte kan påverka under körning. Exempel på fordonsrelaterade faktorer som har betydelse för bränsleförbrukningen och emissionsfaktorerna är bränslets effektivitet, egenskaper hos däcken, om fordonet är utrustat med katalysator, motoreffekt, storlek på och placering av last, fordonets vikt, ålder m.m.

Olika bränsle har olika energivärde (kWh/l) vilket har till följd att valet av bränsle har stor betydelse för förbrukningen (Johansson, 1999; Van Mierlo et al., 2004b; Åhman och Nilsson, 2008). Beroende på en mängd olika faktorer som t.ex. var och hur man kör, vilken temperatur motorn har, motoregenskaper etc. blir verkningsgraden olika för olika bränslen.

Med verkningsgrad menas förhållandet mellan hur mycket energi man får ut i förhållande till hur mycket energi som tillförts systemet (Dyson et al., 2001). Fordonets motoreffekt har också betydelse för bränsleförbrukningen. Enligt Johansson och Nilsson (2004) har dagens bensindrivna bilar generellt sett lägre verkningsgrad vid låg och medelbelastning medan verkningsgraden är högre vid hög belastning. Eftersom en motor med låg motoreffekt oftare arbetar med en hög belastning i jämförelse med en motor med hög motoreffekt medför det att mindre motorer totalt sett är mer effektiva och därmed får en lägre bränsleförbrukning (Johansson och Nilsson, 2004).

När katalysatorn kom på sent 80-tal minskade emissionsfaktorerna markant. M.h.a katalysatorn sker en oxidation av kolväten och kolmonoxid till koldioxid och vatten samt en reduktion av kväveoxider till kvävgas och syre. Enligt De Vlieger (1997) kan emissionerna CO, HC och NO_x minska med minst 70% i jämförelse med en motsvarande körning utan katalysator. Men i takt med att kravnivåerna för emissioner skärps har skillnaden i utsläppsnivåer ökat mellan fordon som är klassade som PreEuro utan katalysator och fordon som är klassade som Euro6. PreEuro är klassningen av fordon som användes innan Euro-kravnivåerna infördes. Euro0 till Euro6 är kravnivåer av emissioner som successivt införts och som fordonstillverkarna regleras att uppfylla där Euro6 är den nu striktaste kravnivån. Enligt Artemismodellen (2007) har emissionerna CO, HC och NO_x minskat med mer än 98% mellan PreEuro (personbil bensin <1.4L) och Euro6 (personbil bensin <1.4L). Detta gäller när motorn är varm. Vid kallstart fungerar inte katalysatorn. För att katalysatorn ska ha normal funktion krävs en temperatur på minst 300 grader (De Vlieger, 1997).

Fordonets bränsleförbrukning påverkas även av luftmotståndet via ett flertal parametrar så som fordonets utformning, dvs. en luftmotståndskoefficient samt frontarean, fordonets hastighet, motvinden, m.m. (Johansson, 2001). Ju högre hastighet, desto större inverkan har luftmotståndet. Därmed innebär placeringen av last en påverkan på bränsleförbrukningen. Till exempel medför en takbox i genomsnitt en ökning av bensinförbrukningen med 1 dl per mil (Vägverket, 2008a).

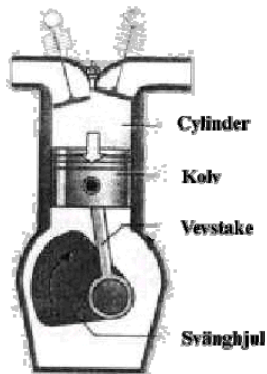
Vid acceleration av ett fordon kräver ett lätt fordon mindre energiåtgång att förflytta än ett tungt fordon. Detta medför att ett lätt fordon generellt ger en lägre bränsleförbrukning. I denna mening är påverkan av fordonsvikt störst i tätortstrafik där antalet accelerationer är stort (Johansson och Nilsson, 2004).

Förbränningsmotorer

För att förstå vad som påverkar bränsleförbrukningen och storleken på emissionerna kommer här en kortfattad beskrivning av hur de vanligaste fordonsmotorerna arbetar.

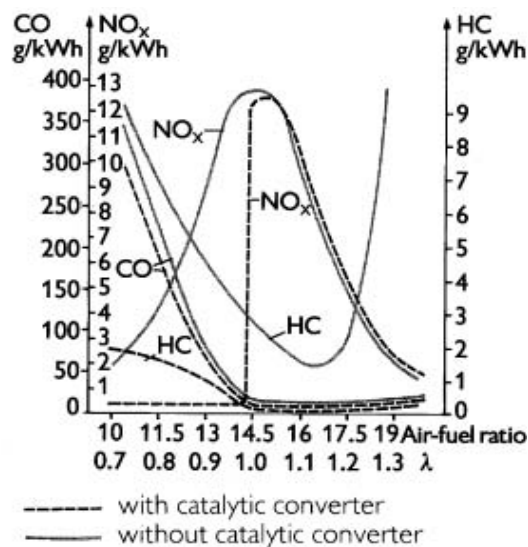
Förbränningsmotorn är en arbetsmaskin som omvandlar bränsleenergi till mekaniskt arbete. I cylindern i en förbränningsmotor finns en kolv som är fäst i en vevstake, figur 3. När kolven åker uppåt ökar trycket i cylindern. När kolven har stigit tillräckligt högt sker antändning av luft-bränsleblandningen i cylindern. Förbränningen ger en temperatur- och tryckstegring och kolven trycks neråt igen. Denna kraft som för kolven neråt överförs till en vevaxel som via transmissionen driver fordonet framåt. I en bensinmotor kan bränslet blandas med luften antingen före kompressionstakten via en förgasare (används i äldre motorer), eller via insprutningsmunstycken i insugsportarna (port injection). I många

moderna bensinmotorer tillförs bränslet via direktinsprutning i cylindern under kompressionstakten. I dieselmotorn sprutas bränslet in efter kompressionstakten. Antändningen sker i bensinmotorn m.h.a. tändstift medan i dieselmotorn självantänder bränslet i samband med insprutningen tack vare den höga temperaturen vid kompressionen (Robertson et al., 1998).



Figur 3. Modell av ett förbränningsystem.

Emissionskontrollen i moderna bensinmotorer sker genom en så kallad trevägskatalysator (TWC) som under gynnsamma omständigheter effektivt reducerar de tre reglerade avgasemissionerna CO, HC och NO_x samtidigt. Som framgår av figur 4, krävs att lambda (λ) ligger mycket nära 1. Vid $\lambda=1$ innehåller bränsle-luftblandningen precis så mycket luft som krävs för fullständig förbränning av bränslet. Vid luftöverskott ($\lambda>1$) reduceras inte NO_x och vid $\lambda<1$ blir oxidationen av CO och HC ofullständig. För att säkerställa att lambda alltid hamnar på 1 mäts syrehalten i avgaserna m.h.a. en så kallad lambdasond. Vid avvikelser från $\lambda=1$ justeras bränslemängden som tillförs tills det att $\lambda=1$ uppnås.



Figur 4. Sambandet mellan luft-bränsleinsprut och olika emissioner (Robertson et al., 1998)

Utmaningen när det gäller att skapa modeller för emissionsberäkningar för bensinmotorer, är främst att uppskatta effekterna av snabba laständringar (transienter). Allt bränsle som sprutas in i insugsportarna går inte direkt in i cylindrarna. En del hamnar på väggarna i inloppet till cylindern och bildar reservoarer vars omsättning är svår att modellera. Effekten av att bränsle lagras i insugsportarna under en lastökning är att lambda förskjuts åt det magra hållet ($\lambda > 1$) om inte styrsystemet kompenserar med ökat bränsleflöde. Konsekvensen blir ökade utsläpp av NO_x och om det är mycket förskjutet, så att motorn tar skada, kan det ge en kortare livslängd av förbränningsmotorn. Vid en snabb lastsänkning töms bränslelagret vilket ger en förskjutning av lambda åt det feta hållet. Detta leder till ökade utsläpp av CO och HC samt en högre bränsleförbrukning. Svårigheten ligger i att hitta balansen mellan en hållbar motor och så låg förbrukning som möjligt (Robertson et al., 1998). I motorns styrsystem finns modeller som beräknar tillståndet i insugsportarna och anpassar bränsleflödet till detta. Dessutom ger lambdasonden kontinuerligt information om utfallet av reglerinsatserna och ger underlag för korrekationer.

Generellt sett är det lättare att skapa emissionsmodeller för bensinmotorer med avancerade styrsystem eftersom dessa är mindre känsliga för transienteffekter. Eller omvänt - moderna bensinbilar klarar inte dagens hårda emissionskrav om inte styrsystemet förmår hantera blandningskontrollen under snabba laständringar (Johansson et al., 1999).

2.2.2 Förare

Förarens påverkan på bränsleförbrukningen och emissionsfaktorerna kan delas upp i individrelaterade faktorer och resrelaterade faktorer.

Individrelaterade faktorer

Individrelaterade faktorer som går att påverka och som minskar bränsleförbrukningen under resan kan vara motivation, t.ex. via utbildning i sparsamt körsätt, och användning av utrustning i fordonet, t.ex. användning av en hastighetsrådgivare, användning av luftkonditionering eller feedbacksystem av bränsleförbrukning (Haworth och Symmons, 2001). Andra individrelaterade faktorer som också handlar om motivation, men som inte påverkas under själva resan är t.ex. information om fordonsval samt regelbundet underhåll av fordonet. En tredje grupp av individrelaterade faktorer som har visat sig ha betydelse men som är ”opåverkbara” är förarens ålder och kön. Äldre förare (över 60 år) har enligt en studie av Brundell-Freij och Ericsson (2005) lägre medelhastighet, större andel stopptid (hastigheter < 2 km/h) på större huvudgator och procentuellt längre tid med varvtal mellan 1500-2500 rpm på 2:ans växel i jämförelse med andra förare (35-59 år). Dock är det viktigt att i detta sammanhang nämna att variationen i bränsleförbrukning generellt sett är större mellan olika utformningar av trafiksystem än mellan olika individer (Brundell-Freij och Ericsson, 2005).

Förarens körstil har en signifikant betydelse för bränsleförbrukningen respektive emissionsfaktorn. Exempel på parametrar som föraren kan påverka är val av hastighet, planeringen av sin körning, val av växel, val av acceleration m.m. Vilken hastighet ett fordon körs i har stor betydelse för bränsleförbrukningen. Enligt en studie på det statliga vägnätet i Sverige år 2002 framkom att cirka 58% av fordonen överskred den skyltade hastigheten. Vid ett antagande att det genomsnittliga hastighetsöverskridandet var 10 km/h skulle detta

resultera i ett merutsläpp på cirka 700 kton koldioxid vilket innebär cirka 3.5% av det totala utsläppet (Vägverket, 2003). I en amerikansk studie av Williams et al. (2006) studerades egenskaper hos fortkörare. Fortkörare definierades i den studien som förare med en hastighet över 24 km/h över hastighetsgränsen och som relativt andra fordon körde snabbare. Resultatet visade att 5% körde minst 24 km/h för fort och var statistiskt signifikant yngre än ”slow drivers” ($p = 0.03$). Vidare fanns det en tendens att fortkörare var vanligare bland män ($p = 0.06$). Ett annat exempel som visar på att könet kan ha betydelse för körmönstret och därmed för bränsleförbrukningen är en studie av Ericsson (2000b). Sex män och sex kvinnor fick köra en fix runda genom fyra olika gatutyper: huvudgata i bostadsområde, lokalgata i bostadsområde, infartsgata i huvudnätet mot centrum med hastighet 70 respektive 50 km/h och centrumgata. Resultaten visade att män accelererar generellt sett kraftigare på samtliga av gatutyperna men störst skillnad var det på lokalgata i bostadsområde. Medelhastigheten skiljde sig inte nämnvärt mellan könen förutom på gator i huvudnätet mot centrum med hastighet 70 km/h där män hade en i genomsnitt högre hastighet.

Resrelaterade faktorer

Förarens vägval påverkar både sträckans totala längd och körmönstret, vilket innebär att vägvalet har betydelse för bränsleförbrukningen på två sätt. Gatans utseende, typ av korsning, vägens topografi, och köbildning påverkar bränsleförbrukningen i samband med vägval. Ett längre vägval med en jämn körstil och med en hastighet på 90 km/h kan vara bränslesnålare än ett vägval som är kortare men resulterar i ett flertal stopp och som har en medelhastighet på 50 km/h. Resultatet från en studie av Dyson et al. (2001) visade att avstånd mellan stopp som är kortare än 550 m ger en lägre bränsleförbrukning vid en hastighet upp till 40 km/h i jämförelse med hastigheter upp till 60 km/h. För avstånd mellan stopp som är längre än 550 m är det bättre med hastigheter närmare 60 km/h enbart sett till bränsleförbrukning. En förklaring till detta kan vara att föraren inte hinner köra i konstant hastighet lika länge på en kort sträcka och därmed är det bättre att köra långsammare och längre i konstant hastighet.

Antalet starter har inverkan på bränsleförbrukningen genom ökad bränsleinsprutning i samband med kallstart. Vid en ny start är förbränningskammaren kall varpå förbränningen inte blir fullständig och resulterar i större utsläppsmängder. Katalysatorn kräver en minimum temperatur för att fungera optimalt vilket leder till att stora mängder emissioner släpps ut under de första körda kilometrarna (Robertson et al., 1998).

2.2.3 Trafikmiljöer

Trafikmiljön eller den yttre miljön kan delas in i tre grupper efter hur den påverkar bränsleförbrukningen och emissionerna: väder-, väg- och trafikrelaterat.

Väderrelaterade faktorer

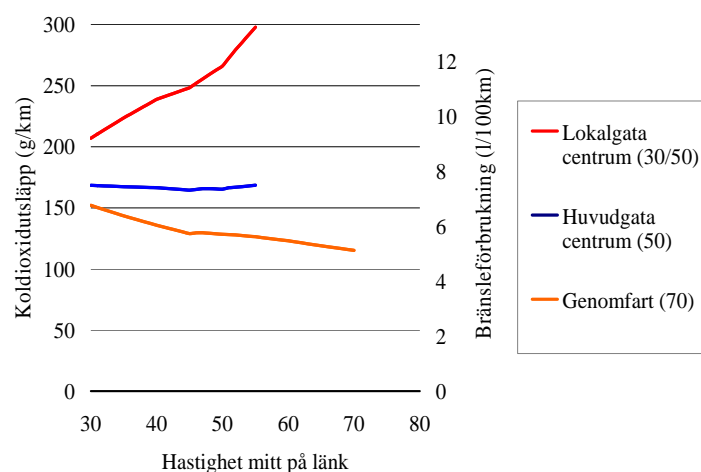
Väderrelaterade faktorer är t.ex. temperatur, fuktighet och vind. Vid låga utetemperaturer tar det längre tid för motorn och katalysatorn att bli varm varpå kallstartstiden blir längre och därmed större utsläppsmängder. Den relativa luftfuktigheten i luften påverkar både sikten vid körning, ansamling och spridningen av emissioner samt förbränningen av bränsle. Vidare kräver ett ökat vindmotstånd mer bränsle.

Vägrelaterade faktorer

Vägrelaterade faktorer är t.ex. vägens topografi, underlag och utformning. Hur vägen är utformad har en avgörande betydelse för körmönstret och därmed för bränsleförbrukningen och emissionerna (Ericsson, 2000a; Johansson, 2001). Övergripande kan vägnätets uppbyggnad delas in i väglänkar och korsningar. Exempel på länkutformningar som har betydelse för bränsleförbrukningen och emissionerna är vägens funktion, vägbredd, antal körfält, hastighetsskyltning, korsningstäthet samt utformning av olika farthinder. Vidare har valet av korsningstyp, så som t.ex. signalreglering kontra cirkulationsplats betydelse för bränsleförbrukningen och emissionerna (Varhelyi, 2002; Smidfelt Rosqvist, 2003).

Studier som visat att utformningen har stor betydelse för förbrukningen är t.ex. Ericsson (2000b), Ericsson (2001), Dyson et al. (2001), Varhelyi (2002), Smidfelt Rosqvist (2003), Van Mierlo et al. (2004a), Brundell-Freij och Ericsson (2005) och Ericsson et al. (2006, artikel 1). Resultat från dessa referenser kommer kort att beskrivas nedan som visar hur de påverkar bränsleförbrukningen och/eller emissionsfaktorerna.

I flera av dessa studier har bränsleförbrukningen beräknats utifrån ett stort antal körmönster för gatutyper med olika utformningar. Resultaten visar bl.a. att om det är mycket interaktioner mellan föraren och andra trafikanter eller tätt med trafiksignaler ökar bränsleförbrukningen. I Ericsson (2000b) och Ericsson et al. (2006), artikel 1, framkom ett samband som visade på högre emissionsfaktorer och bränsleförbrukning på centrungator, där antalet interaktioner oftast är stort, i jämförelse med övriga gatutyper med likartad utformning. Andra resultat visade på att vägmiljön, t.ex. utformning, generellt sett har större betydelse för bränsleförbrukningen än förarens egenskaper. Exempelvis är variansen större mellan olika gatutyper än mellan män och kvinnor (Brundell-Freij och Ericsson, 2005). Störst effekt hade förekomsten och tätheten av korsningar med trafiksignaler. Betydelsen av trafikmiljöns korsningstäthet har även studerats i kombination med hastighet som visade att för en lokalgata, där andelen stopp vanligtvis är hög, ökar bränsleförbrukningen vid ökad hastighet och viceversa vid genomfartsgata där andelen stopp vanligtvis är låg, figur 5 (Vägverket, 2008b).



Figur 5. Bränsleförbrukning/ koldioxidutsläpp för olika hastigheter och olika trafikmiljöer. (Vägverket, 2008b)

En annan studie där utformningen har studerats med avseende på CO₂, CO, HC och NO_x är av Van Mierlo et al. (2004a). De trafikanläggningar som undersöktes var bl.a. farthinder, hastighetszoner med 30 km/h och samordnade trafiksignaler. Resultaten visade att farthinder gav en ökad bränsleförbrukning med upp emot 50% och ökade emissionerna för både bensin- och dieselfordon. I den studien har de dock endast undersökt förbrukningen över själva farthindret. I en studie av Smidfelt Rosqvist (2003) framkom att trafikmiljöer med farthinder kan minska bränsleförbrukningen till följd av en lägre och jämnare hastighet sett över en längre sträcka. Farthinders främsta syfte är att minska hastigheten för att öka säkerheten. Beroende på skyltad hastighet och tätheten av farthinder kan resultatet bli både jämnare och ojämnare körmönster. I studien av Van Mierlo et al. (2004a) var bränsleförbrukningen och emissionerna lägre på gator med hastighetsgräns 30 km/h i jämförelse med andra gator med samma utformning men med högre hastighetsgräns (upp till 10-20% mindre). Korsningar med trafiksignaler och köer gav generellt en ökande effekt på bränsleförbrukningen och emissionerna, vilket medförde att en implementering av samordnade trafiksignaler resulterade i bättre trafikförhållanden genom att fordons hastigheten blev jämnare och därmed gav en reducerande effekt på både bränsleförbrukningen och emissionerna (Van Mierlo et al., 2004a).

Huruvida en cirkulationsplats får en reducerande effekt på bränsleförbrukningen beror på vilken korsningstyp man jämför med, hur stort flödet är samt om det är jämnt flöde från alla håll. I en före- och efterstudie utförd av Varhelyi (2002) jämfördes bränsleförbrukningen och emissionerna när en signalreglerad korsning blev ersatt med en cirkulationsplats. Flödet i korsningen var cirka 23,500 fordon per dag och fördelningen av flöde var jämt i de olika benen. Resultaten visade att CO emissionerna minskade med 29%, NO_x emissionerna minskade med 21% och bränsleförbrukningen minskade med 28%.

I en studie av Dyson et al. (2001) undersöktes hur bränsleförbrukningen förändrades vid en sänkt hastighetsskyltning från 60 till 40 km/h. I modellen testades tre olika scenarier på en sträcka som totalt var upp till 1250 m med:

- 1) en lugn körstil där föraren kör med en låg acceleration upp till den avsedda hastigheten, kör sedan i konstant hastighet och bromsar in mjukt i slutet av sträckan.
- 2) en medelkörstil där föraren accelererar upp normalt, håller en konstant hastighet och bromsar in.
- 3) en aggressiv körstil där föraren accelererar upp kraftigt till hastighetsgränsen, kör sedan i en konstant hastighet och bromsar sedan in kraftigt i slutet av sträckan.

Alla tre scenarierna testades för både skyltad hastighet 40 och hastighet 60 km/h. Resultaten visade att CO₂ emissionerna var ungefär lika höga för både medel och aggressiv körstil medan den långsamma körstilen resulterade i högre CO₂ emissioner. En förklaring till detta kan vara att även om en medelkörstil och en aggressiv körstil medför högre CO₂ emissioner från kraftiga accelerationer och inbromsningar så vägdes detta upp av en längre körsträcka med konstant hastighet och därmed en mer optimerad bränsleförbrukning. En annan förklaring kan vara att de kraftiga accelerationerna gav förhållandevis bra verkningsgrad medan den långsammare gav sämre (Dyson et al., 2001). Valet av växelåge under de tre scenarierna framgick inte i artikeln vilket är en parameter som kunde ha betydelse.

Trafikrelaterade faktorer

Trafikrelaterade faktorer som påverkar bränsleförbrukningen och emissionsfaktorerna är t.ex. flödet i förhållande till kapaciteten och blandningen av trafikantslag. Köbildning är en faktor som ökar bränsleförbrukningen enligt Haworth och Symmons (2001). Det finns ett starkt samband mellan höga trafikflöden och medelhastighet. Låga hastigheter med stop&go vid köbildning är ett av de sämsta ”operating condition source of pollution” och utgör värsta möjliga scenariot ur bränslesynpunkt (Dougherty, 1997). Å andra sidan är det alltmer känt att försök som går ut på att bygga bort köer, genom nya eller förbättrade vägar vilka klarar en högre kapacitet, genererar mer trafik som i sin tur ger ett merutsläpp (Goodwin och Noland, 2003; Transek, 2000).

2.3 Framtagning av bränsleförbrukning, emissionsfaktorer och körmönster

Vid framtagning av bränsleförbrukning respektive emissionsfaktorer är det vanligaste att man antingen utför empiriska laboriemätningar eller använder sig av så kallade emissionsmodeller. I både laboriemätningarna och emissionsmodellerna används körmönster vilka i sin tur kan vara antingen empiriskt utmätta i verklig trafikmiljö eller syntetisk uppbyggda. I följande stycken beskrivs dessa fyra framtagningmetoder, se kombinationer i tabell 1. Beroende på syftet och budgeten för en studie passar olika framtagningskombinationer av bränsleförbrukning, emissionsfaktorer och körmönster olika väl. I denna licentiatuppsats har körmönster från verkliga trafikmiljöer använts i mikroskopiska emissionsmodeller.

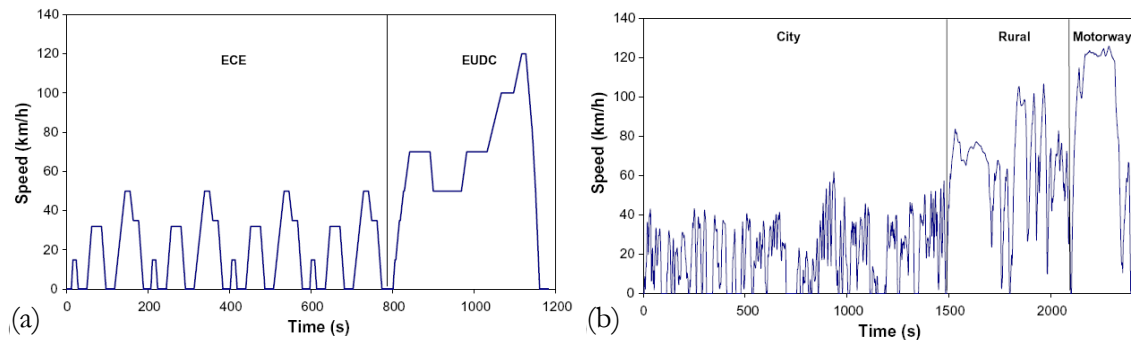
Tabell 1. Kombinationer vid framtagning av bränsleförbrukning, emissionsfaktorer och körmönster.

Framtagning av bränsleförbrukning och emissionsfaktorer	Framtagning av körmönster	
	Mätning i verklig trafikmiljö	Syntetiskt uppbyggd
Laboriemätningar		
Emissionsmodeller		

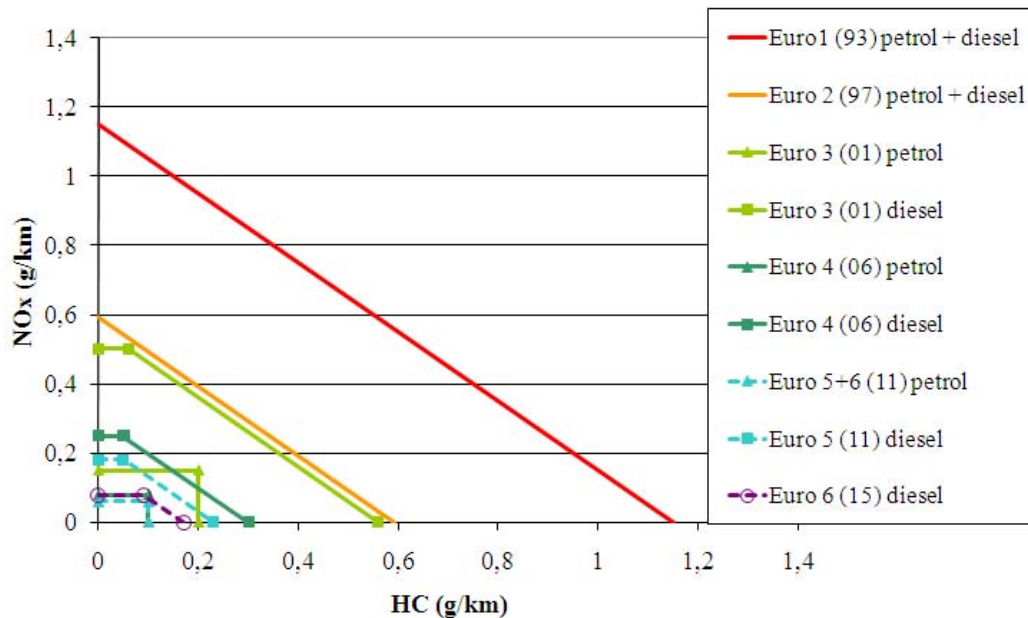
2.3.1 Laboriemätningar

I laboriemätningar körs fordonen enligt bestämda körcykler på en så kallad chassidynamometer. Vid certifiering, t.ex. vid nyproduktion av fordon, används körcykler som är internationella och standardiserade. Syftet är att resultera i jämförbara bränsleförbruknings- och emissionsvärden mellan exempelvis olika fordonsmodeller, men också för att avgöra om en viss fordonsmodell håller de utsläppskravnivåer som finns på olika marknader. En körcykel är en hastighetsprofil som innehåller bestämda hastigheter, accelerationer, retardationer i en viss ordning och för en given sträcka samt med förbestämda motorförhållanden. Alla länder i EU mäter egenskaperna på nya fordon i den så kallade ECE/EEC testcykeln. I figur 6(a) visas exempel på två fixa körcykler som används vid certifieringstester: ECE består av en stadskörning och EUDC (extra urban-driving cycle) är en körcykel med mer aggressiv körstil som inkluderar högre hastigheter (EUR-Lex CO₂ 80/1268/EEG, 2004). För en given kravnivå finns gränsvärden för olika emissioner kopplade till testcykeln. Dessa kravnivåer har blivit stramare med åren, figur 7, medan

körcyklerna har varit mer eller mindre oförändrade. Den europeiska körcykeln har i stort sett varit oförändrad under de senaste 15 åren. Fördelarna med testcykler är potentialen till upprepningsbara försök under samma klimatologiska förutsättningar och med hög precision, vilket inte är möjligt vid mätningar ute i fält. Vidare är det enkelt att utföra testerna relativt snabbt och med en liten budget (Van Mierlo et al., 2004a). Nackdelen är att det finns många trafiksituationer i den verkliga körningen som inte representeras i en körcykel, t.ex. topografin för vägen, interaktioner med andra trafikanter, varierande kombinationer av accelerationer etc. (Robertson et al., 1998). Dock är det inte möjligt att skapa en körcykel som avspeglar all den variation som verklig körning innebär eftersom det finns lika många körmoder som det finns körningar. Flera projekt har jämfört emissionsfaktorerna från en syntetiskt standardiserad körcykel med likartad körning i verklig miljö och kommit fram till att resultaten skiljer sig märkbart (Pelkman och Debal, 2006; Jost et al., 1992; Robertson et al., 1998). I figur 6(b) visas ett verkligt körmoder som kan jämföras med ECE och EUDC körcykeln (Pelkmans och Debal, 2006).



Figur 6. Syntetiskt framtagen EU-körcykel (NEDC-new european driving cycle)(a) och verkligt körmoder (Pelkmans och Debal, 2006).



Figur 7. Nya personbilars kravnivåer för HC och NOx för 1993-2005 (Vägverket, 2008c).

2.3.2 Emissionsmodeller

Det finns i huvudsak två typer av emissionsmodeller; mikroskopiska och makroskopiska modeller. Mikroskopiska emissionsmodeller tar hänsyn till individuella egenskaper hos fordonet, dels i form av hur emissionerna påverkas av hastighet, acceleration och retardation över tid dvs. via körmönstret och dels i form av specifika egenskaper för den enskilda fordonsmodellen. Makroskopiska emissionsmodeller använder sig främst av resrelaterade, väderrelaterade och fordonsrelaterade parametrar för en hel sträcka eller en hel fordonspark (Robertson et al., 1998). I makromodeller är det vanligt att medelförbrukning respektive medelutsläpp och det totala antalet körda kilometer används som bas för att beräkna den totala förbrukningen av bränsle och utsläpp av emissioner (Ahn et al., 2002). Eftersom mikro- och makroskopiska emissionsmodeller ofta är utvecklade utifrån olika grunddata och olika metoder medför det att de absoluta värdena från modellerna kan variera. Generellt är det trender som kan studeras, vilket belyses av Ahn och Rakha (2008) när de jämför emissioner från tre olika emissionsmodeller. Enligt Ding och Rakha (2002) har den ögonblickliga hastigheten och accelerationen en statistiskt signifikant påverkan på emissionerna, där framförallt emissionerna CO och HC påverkas av accelerationer vid höga hastigheter. Att använda fixa medelhastigheter för att bestämma emissionsfaktorn vid olika hastighetsgränser gör det svårare att spegla de verkliga körförhållanden som finns på vägnätet, där det hela tiden varierar mellan olika accelerations-, retardations- och konstantfaser. Eftersom det är stora skillnader på medelhastigheten beroende på t.ex. tid på dagen, område i staden, för olika vägmiljöer bör man vara medveten om osäkerheten som blir vid användningen av enskilda medelhastigheter för att beräkna emissionsfaktorerna. Smidfelt Rosqvist och Ericsson (2003) studie visar att metoden har stor betydelse för resultatet. Här jämfördes bränsleförbrukningen och emissionsfaktorn mellan 49 respektive 44 (två riktningar) individuella körmonster för en specifik sträcka med medelhastighetskörmonsters bränsleförbrukning och emissionsfaktor. Resultatet visade att bränsleförbrukningen ökade med mellan 19% och 31%, för de båda riktningarna, när många individuella körmonster användes jämfört med ett medelkörmonster. För HC ökade faktorn med 31% respektive 50% medan för NO_x minskade faktorn med 15% respektive med 24%. Dessa resultat stöds även av André och Hammarströms (2000) slutsats där de kommer fram till att emissionsfaktorerna kan påverkas med upp emot 30% beroende på kvaliteten på hastighetsdata.

Exempel på mikroskopiska emissionsmodeller är: Veto (Hammarström, 1999), Vetess (Pelkmans et al., 2004), Phem (Hausberger, 2008), VT-Micro och CMEM (Ahn och Rakha, 2008). Veto och Vetess har båda använts i studier inom licentiatuppsatsens omfång och beskrivs därför utförligare. Phem (Passenger car and Heavy Duty Emissions Model) är en ny emissionsmodell som beräknar emissionsfaktorer baserat på fordonsdata, transienta motorkartor och körmonster. Modellen är utvecklad vid Technical University of Graz, Institute for Internal Combustion Engines and Thermodynamics (Hausberger, 2008). VT-micro (The Virginia Tech Microscopic) och CMEM (The Comprehensive Modal Emissions Model) är mikromodeller som främst används i USA. VT-micro är framtagen vid The Department of Civil and Environmental Engineering, Virginia Tech Transportation Institute och CMEM är framtagen vid The University of California, Riverside (Ahn och Rakha, 2008).

Exempel på makroskopiska emissionsmodeller är ARTEMIS (Sjödín et al., 2009), MOBILE (US EPA, 2009), COPERT (ETC, 2009) och HBEFA (HBEFA, 2009). Både inom de mikroskopiska och inom de makroskopiska modellerna finns det en skillnad i aggregeringsnivå. Exempelvis är ARTEMIS unik bl.a. genom att den använder körcykler baserade på verkliga körmonster från specifika vägtyper och trafiksituationer för att beräkna bränsleförbrukning och emissionsfaktorer. ARTEMIS är framtagen i ett EU-projekt inom EU:s femte ramprogram. MOBILE6 är den senaste MOBILE-modellen och är ett annat exempel på en makroskopisk emissionsmodell. Denna modell baserar sina resultat på medelhastigheter, emissionsfaktorer, fordonsinformation och är utvecklad av Environmental Protection Agency's i USA (EPA) (Ahn och Rakha, 2008). COPERT är framtaget i ett EU-projekt som drivs av European topic centre on air and climate change och HBEFA (The handbook emission factors for road transport) är ett samarbetsprojekt med representanter från främst Schweiz, Tyskland och Österrike. På senare år pågår ett arbete som på sikt strävar efter att sammankoppla HBEFA med ARTEMIS. Detta görs inom det så kallade DACH-NL-S (Tyskland, Österrike, Schweiz, Nederländerna och Sverige) samarbetet.

Veto

Veto är en mekanisk simuleringsmodell som används för att beskriva bränsleförbrukningen och avgasutsläpp för ett fordon i taget och är framtagen av Hammarström och Karlsson (1987). Underlag till Veto-modellen består dels av fordonsparametrar så som vikt, rullmotstånd, luftmotstånd m.m. och dels av så kallade motormappar vilka beskriver hur emissionerna och bränsleförbrukningen förändras vid olika arbetspunkter samt vid olika kombinationer av varvtal och vridmoment som uppstår i motorn. Veto förutsätter statiska förhållanden i motorn. Motormappen ska innehålla hela spektra av varvtal och moment som finns i det simulerade körmonstret. Vidare beräknar Veto emissionen och bränsleförbrukningen momentant, dvs. i varje mätpunkt. Detta innebär att det inte finns något "minne" i modellen som kan hantera om man t.ex. har kört i konstant hastighet under en längre tid etc. Detta medför att det momentana utsläppet i en viss arbetspunkt, oberoende om det är en statisk eller dynamisk situation, endast beror av det momentana varvtalet och vridmomentet. De emissioner som beräknas i modellen är CO₂, CO, HC och NO_x. Vid verifiering av modellen användes mätningar från både direktmätt vägkörning och från chassidynamometer. Mätbilen som användes var en katalysatorutrustad Volvo 940 av årsmodell 1992. Resultaten av verifieringen visar på en mycket hög förklaringsgrad för bränsleförbrukning ($R^2 = 0.99$) medan resultaten var mer osäkra för CO, HC och NO_x. Veto-modellen är endast verifierad för fullt uppvärmda motorer, vilket betyder att kallstartstillägg inte är inbegripet. Fördelar med Veto-modellen är möjligheten till att i detalj utvärdera miljöeffekter av t.ex. vägens utformning, utrustning, betydelsen av last m.m. En nackdel med modellen är att den kräver mycket indata i form av körmonster och detaljerade data i form av motormappar samt övriga fordonsparametrar för de fordon som man avser att beräkna utsläpp för (Hammarström, 1999).

Vetess

Vetess (Vehicle transient emissions simulation software) är en emissionsmodell som utvecklades i DECADE projektet mellan 2000-2003 inom ett EU-projekt i EU:s femte ramprogram. I modellen finns flera fordon registrerade med olika motorteknologier. Dessa representerar europeiska lätta fordon från år 2000. De tre modellerna som är representerade

i modellens ursprungsversion är en VW Polo (1.4L, 16V, Euro4, bensinbil), en Skoda Oktavia (1.9TDi, 90hk, Euro3, familjebil på diesel) och en Citroen Jumper (2.5D, Euro2 liten lätt bil). Modellen bygger på körprofiler med varvtal och hastighet som är loggade på sekundbasis. Vidare innehåller modellen algoritmer för att till viss del hantera transienta förhållande. Bränsleförbrukningen och emissionerna (CO, HC och NOx) beräknas sekund för sekund genom ”halvfasta förhållande”, dvs. för ett specifikt varvtal och specifik hastighet plockas bränsle och emissionsvärden ut från en så kallad emissionskarta. Modellens noggrannhet var generellt högt för bränsleförbrukningen (< 5%) medan för CO, HC och NOx var det mer osäkert (Pelkmans et al., 2004).

2.3.3 Mätning i verklig trafik

Verkliga körningar innebär att mätningarna utförts i den verkliga trafikmiljön. Under dessa körningar mäts bränsleförbrukningen och emissionerna antingen i realtid eller loggas körmönster som sedan matas in i mikroskopiska emissionsmodeller alternativt används som körcykler i en chassidynamometer i laboratorier. Fördelen med verkliga körmönster är mångfalden. Ett körmönster ser olika ut för varje väglänk, varje individ och varje körtillfälle. Därför är det svårt att säga att ett specifikt körmönster kan representera en viss gatusituation eller en viss körstil. Flera studier har visat att en specifik standardiserad körcykel inte kan representeras av körmönster från verklig körning (Samuel et al., 2001; Joumard et al., 2000; Pelkman och Debal, 2006). Eftersom fordonsindustrin optimerar efter en specifik körcykel medför detta att verkliga körmönster som har en oändlig variation av körmönster ofta ger högre emissioner och bränsleförbrukning än som uppmätts m.h.a. standardiserade körcykler i laboratorier. När fordon körs med en aggressiv körstil kan emissionerna vara upp emot 15 ggr högre än annars (Samuel et al., 2001). De flesta fordonsmotorer är konstruerade för att vara så effektiva som möjligt i närheten av det stökiometriska värdet för luft-bränsle förhållandet, dvs. där allt bränsle förbränns. Vid exempelvis en aggressiv körstil, när föraren accelererar ofta, öppnas insprutet av bränsle för att förse manövern med tillräckligt med bränsle varpå den stökiometriska jämvikten inte kan upprätthållas längre. Av denna anledning är det av stor vikt att studera verkliga körmönster (Samuel et al., 2001).

Mätmetoder för insamling av körmönster från verkliga trafikmiljöer

Det finns flera mätmetoder för att samla in körmönster från verkliga trafikmiljöer. Några exempel är:

-
- 1) Loggutrustning i fordon
 - 2) GPS i fordon
 - 3) Videofilmning
-

Vad gäller loggutrustning i fordon kan körmönster samlas in antingen genom att ett urval av försökspersoner som får sina fordon utrustade med en datalogger vilken registrerar tid och hastighet eller genom så kallad chase-car metod, dvs. att ett fordon som är utrustat med datalogger ”kopierar” ett annat fordons körmönster ute i trafikmiljön. Dataloggern beräknar hastigheten utifrån pulssignaler från hjulaxeln alternativt från diagosuttaget i fordonet (Ericsson, 1996). Chase-car metoden används framför allt vid utvärdering av en specifik plats eller vägsträcka medan installering av datalogger hos ett urval av försökspersoners fordon

används t.ex. vid utvärdering av ett förarstöd i olika trafiksituationer. Vilken metod som används bestäms av studiens syfte. För- och nackdelar med de två insamlingsmetoderna beskrivs i tabell 2.

Tabell 2. För och nackdelar med försökspersoner som kör fordon med loggutrustning respektive chase-car metoden (Modifierad från Ericsson, 1996)

Försökspersoner med loggutrustning		Chase-car	
Fördelar	Nackdelar	Fördelar	Nackdelar
Direkt mätning	Förarna anpassar eventuellt sitt beteende	Förarna är omedvetna om insamlingen av data och kör som vanligt	Ingen direkt mätning
Etiskt ok			Etiska problem
	Urval: Ett snett urval av försökspersoner tackar ja till att vara med i studien		Urval: Fordon med hög hastighet kommer aldrig med
Urval: Försökspersonerna kan köra som fria fordon, köledare eller fordon i kö			Urval: Kan vara svårt att få körmonster från köledare och fordon i kö
Ok enligt lagen			Risk för lagbrott
Lätt att få tag i lågtrafikdata			Tidsödande att få tag i lågtrafikdata.

Närbesläktat med loggutrustning i fordonet är användningen av GPS (Global Position System) för att samla in körmonster. I stället för att utgå från komponenter i fordonet som loggar så loggas här positionen m.h.a. satellitdata. För att öka noggrannheten på mätmetoderna är det vanligt att man använder kombinationer av både loggad data från både fordonet och GPS-positionering.

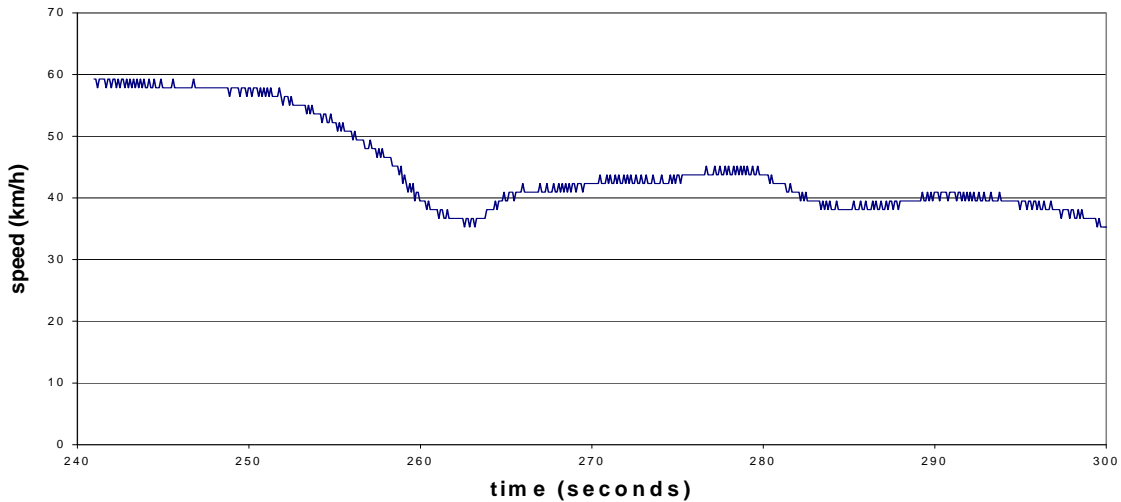
Ett tredje sätt att samla in verkliga körmonster är genom videofilmning. Metoden avser mätning främst på specifika platser där det är möjligt att placera en kamera med så liten vinkel som möjligt. Forskning pågår just nu på LTH där bildbehandling används för att studera bl.a. trafikantbeteende (Laureshyn et al., 2008). Genom att identifiera föremål som rör sig i filmen, dvs. trafikanter, kan körmonster tas fram för specifika vägvagnsnitt.

De insamlingsmetoder som har använts vid utvärderingen av förarstöden som ingår inom ramen för denna licentiatuppsats är genom försökspersoner som fått sina fordon utrustade med en datalogger.

Utjämnning av körmonster

Vid loggning av ett fordons körmonster är det vanligt att hastigheten mäts via signaler som skapas när en roterande magnet passerar en spole. I och med att mätningarna bildas från en

roterande magnet skapas ett körmonster som behöver justeras då det annars blir hackigt, figur 8.



Figur 8. Ett körmonster som inte är utjämnat (Ericsson, 1996)

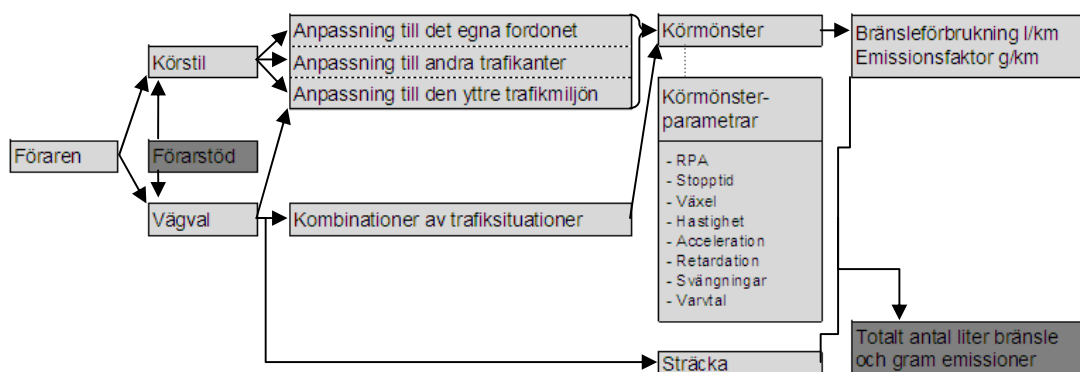
För att justera dessa mätfel i körmonstren finns en utjämningsmetod som använder sig av en så kallad lokal polynom Kernel regression (Ruppert, 1997). Med hjälp av ett program utvecklat vid LTH, sker en lokalt viktad utjämningsregression av hastigheten och en beräkning av accelerationen. Beräkningarna som används i programmet har gradtal 2 (kvadratiska polynom) för hastigheten och gradtal 3 (kubiska polynom) för accelerationen (Bratt och Ericsson, 1999).

2.3.4 Syntetiskt uppbyggda körmonster

Syntetiskt uppbyggda körmonster är skapade utan anslutning till verklig trafik. Ett exempel på ett syntetiskt uppbyggt körmonster är den så kallade ECE och EUCD körcykel i figur 6(a). Fördelen med syntetiska körmonster kan vara t.ex. vid testning av specifika körmonsterförlopp som kan vara svåra att skapa genom loggning, så som extrema accelerationer i kombinationer med ett visst varvtal, eller specifika körförlopp för att studera bränsleförbrukningen och emissionsfaktorerna hos olika emissionsmodeller.

3 Förarperspektiv

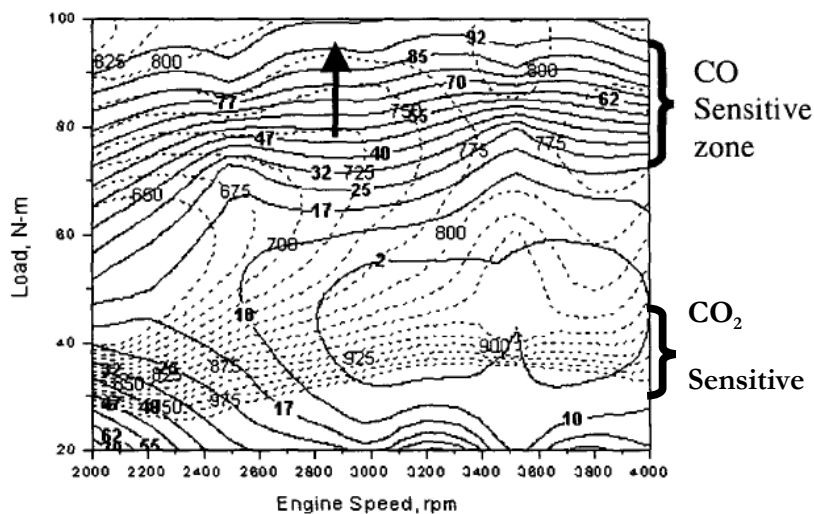
I figur 2 beskrivs vad som påverkar bränsleförbrukningen och emissionsfaktorerna i ett övergripande systemperspektiv. I figur 9 beskrivs hur föraren kan påverka sin bränsleförbrukning och sina utsläpp för en bestämd resa mellan start och mål genom att anpassa sin körstil respektive välja sitt vägval. Körstilen innefattar hur föraren manövrerar fordonet genom t.ex. val av växelläge, acceleration, retardation m.m. medan vägval innefattar kombinationen av väglänkar föraren väljer för att komma från punkten A till punkten B. Denna modell visar även var ett förarstöd kan vara till hjälp för att påverka bränsleförbrukningen, emissionsfaktorerna samt de totala utsläppsnivåerna. I kommande delkapitel kommer följande områden i modellen att behandlas: förarens körstil, vägvalets betydelse, körmönster och körmönsterparametrar samt hur ett förarstöd kan vara till hjälp för att minska bränsleförbrukningen, emissionerna och de totala utsläppsnivåerna.



Figur 9. Modellen beskriver hur föraren påverkar bränsleförbrukningen och emissionerna för den enskilda resan genom körstil och vägval.

3.1 Körstil

Att körstilen har betydelse för körmönstret och därmed bränsleförbrukningen är inget nytt. Evans kom 1979 fram till att om en förare kör mera ”gently”, genom att undvika stopp och kraftiga accelerationer, kunde bränsleförbrukning minska med cirka 14% utan att restiden ökade (hämtat från Van der Voort et al., 2001). En förändring av förarens körstil kan ha en avsevärd betydelse för bränsleförbrukningen och emissionerna, speciellt för de förare som kör på ett bränsleekonomiskt sätt (Van Mierlo et al., 2004a). För att uppnå en minimal bränsleförbrukning och emission måste föraren anpassa sin körstil till både det egna fordonet, till andra trafikanter och till den yttre trafikmiljön. Hur föraren kan anpassa sin körning till fordonet är t.ex. genom växelläge. Varje fordonsmodell har sin specifika emissionsmotormapp som beskriver vilket varvtal som är gynnsamt vid olika effektuttag. Figur 10 är ett exempel på en emissionsmotormapp för CO och CO₂, och illustrerar bl.a. att små förändringar runt 30 Nm ger stora förändringar i CO₂-utsläpp medan små förändringar i vridmoment runt 80 Nm ger stora förändringar i CO (Samuel et al., 2001). Detta innebär att val av växel vid olika varvtal genererar olika stora utsläppsnivåer.



Solid line: CO g/kW-hr, Dashed line: CO₂ g/kW-hr

Figur 10. Emissionsmotormapp för CO och CO₂. På y-axeln visas vridmomentet i newtonmeter och på x-axeln varvtalet i varv/min. (Modifierad från Samuel et al., 2001).

Hur föraren kan anpassa sin körstil till andra trafikanter och till den yttre miljön handlar bl.a. om att planera sin körning för att minimera antalet stopp, accelerationer, retardationer och därigenom uppnå en så jämn hastighet som möjligt.

3.1.1 Attityd

Fastän det är tydligt fastställt att anpassningen till andra trafikanter, det egna fordonet och den yttre miljön har betydelse för bränsleförbrukningen är det ändå många som är osäkra på hur man ska köra för att minska förbrukningen. I en stor studie fick förare köra en fix runda i en och samma testbil. Först fick de köra normalt för att sedan köra samma runda igen fast på ett så ekonomiskt sätt som möjligt utan instruktioner. Resultatet visade att det skiljde 50% i bensinförbrukning mellan bästa och sämsta förare under deras "normala" körning respektive 15% under deras optimerade körning. Generellt antog förarna att ekonomisk körning innebar låg hastighet (Van der Voort et al., 2001).

Mycket finns alltså att vinna på att motivera förare att vilja köra mer bränslesnålt. Ett resultat som Van Mierlo et al. (2004a) kom fram till, från en studie med 24 förare som under verklig körning fick råd om ekonomisk körstil, var att om föraren är positivt motiverade till att försöka minska sin bränsleförbrukning så är det möjligt att ändra sin körstil. De flesta förarna i Van Mierlo et al.'s studie verkade oreflekterat veta hur de skulle köra mer ekonomiskt genom en jämnare körstil och en lägre hastighet. Därför, menar Van Mierlo et al., att syftet med utbildning av ekonomisk körstil borde vara att motivera förarna till en körstil som är mer jämn, vilket uttrycks i följande citat "an adjusted formulation of New Style Driving on a corporate level should be aimed at motivating drivers to adapt their driving style in such a way that it becomes more fluent" (Van Mierlo et al., 2004a, sid. 47).

Att det behövs motivation, för att förbättra sin körstil till att bli bränslesnålare, framkom även i Johansson et al. (2003) studie. Mellan år 2000 och 2002 fick 86 testförare köra en

bestämd rutt i verklig trafikmiljö med ett fordon som loggade hastighet och tid. Hälften av testpersonerna hade tidigare gått utbildning i så kallad sparsam körning, medan den andra hälften inte hade gått någon utbildning. De förare som var utbildade i sparsam körning och som vid förfrågan förklarade att de regelbundet kontrollerade sin bränsleförbrukning och därmed hade en motivation och önskan att köra ekonomiskt hade också en lägre förbrukning. Detta tyder på att motivationen att vilja minska sin förbrukning har stor betydelse för huruvida man lyckas.

3.1.2 Sparsam körstil

För många förare är sparsam körstil ett effektivt och snabbt sätt att minska sin bränsleförbrukning. Utan att öka restiden och med samma vägval kan många förare som är beredda att ändra sin körstil minska sin bränsleförbrukning med runt 10% (Haworth och Symmons, 2001; Johansson et al., 1999; Van der Voort et al., 2001). I slutet av 1998 introducerades konceptet EcoDriving i Sverige vilket bygger på att föraren får en utbildning i hur man kör så bränsleekonomiskt som möjligt. Principerna för Ecodriving enligt Johansson et al. (1999) är:

- Vid start bör man försöka växla så snabbt som möjligt till tvåans växel och vidare till högre växlar på en tredjedel till halv gas.
- Accelerera på varje växel endast upp till det motorvarvtal där motorns vridmoment är som högst (normalt ca 3000 rpm), för att undvika körning på alltför höga varvtal.
- Planera innan du kommer till korsningar och trafikljus eller om du ser att bilen framför dig skall svänga. Närma dig genom att frirulla (för bilar med förgasare) eller motorbromsa (insprutningsmotorer) på så sätt att trafikljusen hinner slå om till grönt eller att du kan fortsätta färden utan att stanna i onödan.
- Kör enligt den övriga trafikrytmen. Undvik att köra om på trafikerade vägar, sträva istället efter en så jämn körstil som möjligt.
- Lär dig att köra med jämn gas (lämpligt varvtal är ca 2000 rpm) och använd, beroende på vägens topografi, 4:ans eller 5:ans växel där det är möjligt.

Förklaringar till varför EcoDrivingutbildningen har gett så goda resultat kan bl.a. utläsas i en utvärderingsstudie av Johansson et al. (1999). Totalt fick 16 förare instrueras i EcoDriving som i genomsnitt minskade bränsleförbrukningen med 10.9% efter instruktioner. Under körning före och efter instruktionen loggades körsätt, position, och ett antal motorparametrar. Från körmönstren konstaterades att medelhastigheten blev oförändrad, medan medelretardationen minskade något efter instruktioner vilket förklarades med att de kraftigaste inbromsningarna med fotbroms hade minskat och ersatts av långsammare inbromsningar med motorbroms. Ett annat resultat i studien var att det fanns ett samband mellan ökade emissioner av CO och HC när andelen tid med gaspådrag över halv gas ökade. Samtidigt saknades motsvarande samband för andelen tid med gaspådrag över halv gas med bränsleförbrukning och NO_x, vilket innebär att ett minskat gaspådrag medför att CO och HC minskar utan att bränsleförbrukningen och NO_x ökar. Vidare kunde också ett samband mellan högre varvtal och ökade NO_x utsläpp urskiljas (Johansson et al., 1999).

Ett problem med EcoDrivingutbildning är dock att få den nya körstilen att bli bestående. I en långtidsundersökning av EcoDriving utförd av Trivector Traffic AB (1999) mättes

bränsleförbrukningen några månader efter utbildningen. Resultatet från de 22 förare visade att förbrukningen låg ungefär 7% lägre än innan utbildningen. Detta indikerar att utbildningen ger effekt men att den har avtagit sedan utbildningen ägt rum. Siffran kan jämföras med de värden som Vägverket använder i sin handbok för beräkning av besparingseffekten för olika åtgärder. I handboken delas besparingen upp på förare som får fortbildning i sparsamt körsätt (dvs. för de som redan har körkort) och de förare som har sparsam körning som ett obligatoriskt moment i körkortsutbildningen för behörighet B, personbil. Den långsiktiga besparingen för fortbildningsförarna beräknas till cirka 4.6% medan besparingen beräknas till 5.0% för dem som är körkortsaspiranter (Johansson och Karlsson, 2008; Koucky & Partners Miljökonserter, 2004). Skillnaden kan till viss del förklaras av aspiranten lär sig sparsam körning från början och har inte något annat körbeteende att falla tillbaka på (Johansson och Karlsson, 2008).

3.2 Vägval

I tidigare stycke framgick att beroende på utformningen av trafiksystem och körstilen i olika miljöer påverkas bränsleförbrukningen och emissionerna. Detta innebär i sin tur att vilket vägval man tar har betydelse för det totala utsläppet (den generaliserade kostnaden av bränsle l/fkm alternativt emission g/fkm * sträckans längd). Till exempel behöver inte den närmaste vägen resultera i minst bränsleåtgång, även om det är vanligt. Ett vägval med få stopp, som visserligen är längre, kan ändå ge lägre bränsleåtgång och emissioner än ett kortare vägval med fler stopp. Sambandet är komplext, där exempelvis tidpunkten för resan kan ha stor betydelse för antalet stopp. Det som har betydelse för den totala utsläpps nivån är kombinationen av bränsleförbrukning respektive emissionsfaktorer och reslängden i de olika gatumiljöerna.

I en studie av Ahn och Rakha (2008) undersöktes effekterna av vilket vägval föraren valde med hänsyn till bränsleförbrukningen och emissionsfaktorerna. De utgick från antagandet att de flesta förare försöker att minimera restiden framför att välja närmaste vägen. Frågan som Ahn och Rakha ställde sig var därmed hur detta påverkar bränsleåtgången och emissionerna. Studien utfördes utanför Washington DC på en högtrafikerad fix sträcka nordväst om staden. Vägvalet var antingen en motorväg på 35.9 km eller en huvudled på 27.6 km. Med hjälp av GPS loggades totalt 39 resor, med en frekvens på 1 gång/ sekund, där 21 av dem var på motorvägen och 18 var på huvudleden. Körmönstren analyserades i mikromodellerna VT micro och CMEM samt makromodellen MOBILE6. Resultatet visade att medelrestiden under morgonrusningen var statistiskt signifikant längre för huvudleden och medelhastigheten var lägre i jämförelse med motorvägen. Bränsleåtgången (liter) och emissionerna CO (g), HC (g) och NO_x (g) var större för motorvägen än för huvudleden från båda mikromodellerna, tabell 3.

Tabell 3. Skillnader mellan motorväg och huvudväg mellan två destinationer under morgonrusningen.

	Motorväg	Huvudled
Medelrestid (min)	25.63	29.90
Medelhastighet (km/h)	85.42	56.62
Sträcka (km)	35.9	27.6
Signalreglerade korsningar	4	32
Bränsleförbrukning	+	
CO	+	
HC	+	
NO _x	+	

(+ innebär det vägval som gav störst utsläpp)

I samma studie jämfördes bränsleförbrukningen och emissionerna mellan motorväg och huvudledsalternativet då tidsåtgången för resan var lika. Resultatet visade att från samtliga modeller var den kortare huvudleden bättre ur emissionssynpunkt. Även bränsleförbrukningen visade på en minskning med mikromodellen VT-Micro för huvudvägen (Ahn och Rakha, 2008).

3.3 Körmönster och körmönsterparametrar

Ett körmönster är en beskrivning av hastighetsprofilen över en given tid eller sträcka för ett fordon. Detta innebär att alla resor består av andelar tid när fordonet står still, accelererar, har konstant hastighet eller retarderar. Redan under 70-talet påbörjades testprocedurer för att studera körmönster med syfte att mäta hur stora emissionerna och bränsleförbrukningen blev i samband med bl.a. nyproduktion av bilar (Ericsson, 2000a).

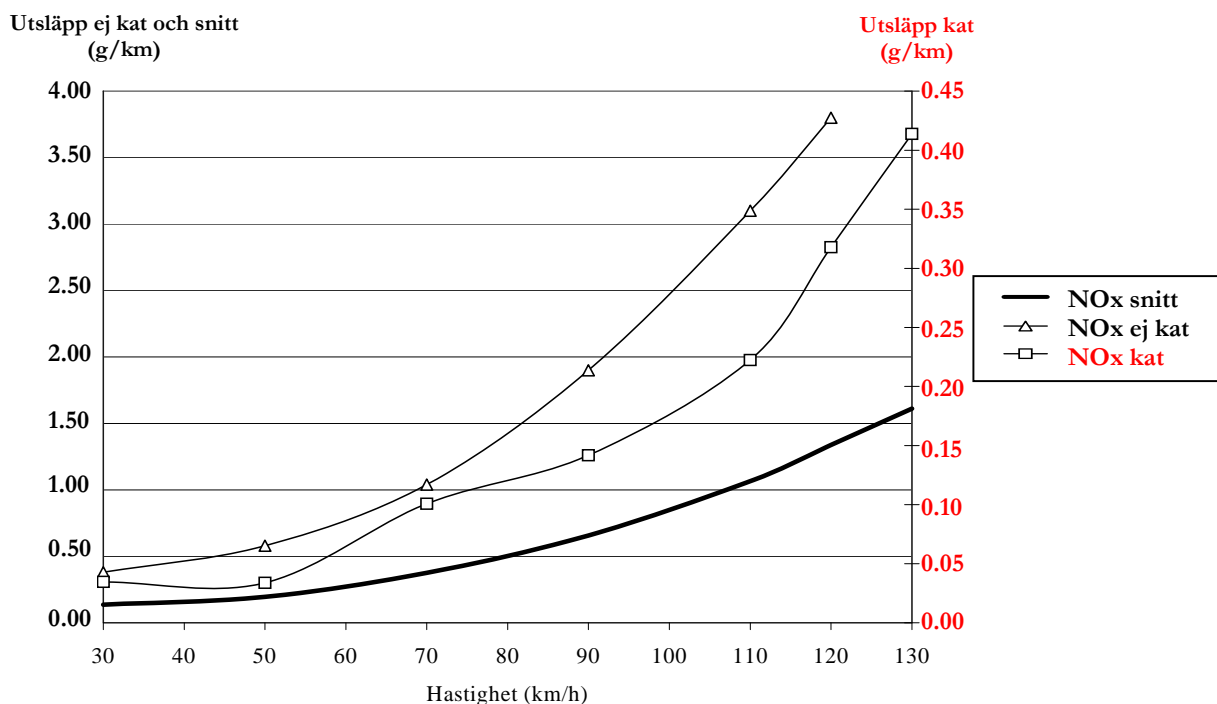
Genom att studera de parametrar som beskriver körmönstret i kombination med bränsleförbrukning och emissionsfaktorer från samma körmönster går det att ge indikationer på vilken körstil som är att föredra ur bränsle- och emissionssynpunkt. I tabell 4 ges exempel på vanliga körmönsterparametrar samt körmönstermått som statistiskt signifikant har visat kan ge en ökad bränsleförbrukning (Ericsson, 2001; Brundell-Freij och Ericsson, 2005).

Samtliga körmönsterparametrar i figur 9 dvs. rpa (relative positive acceleration), stopptid, val av växel, hastighet, acceleration, retardation, hastighetssvängningar och varvtal är alla mätbara parametrar som har visat att de påverkar bränsleförbrukningen och emissionerna (Ericsson, 2001; Johansson et al., 2003; Van Mierlo et al., 2004a; Van der Voort et al., 2001). Nedan beskrivs forskningsresultat som visar att dessa körmönsterparametrar har betydelse för bränsleförbrukningen och/eller emissionsfaktorer.

Tabell 4. Exempel på körmönsterparametrar samt vilka av dem som visat på en ökad bränsleförbrukning.

Vanliga körmönsterparametrar (Ericsson, 2001; Brundell-Freij och Ericsson, 2005)	Värden på körmönsterparametrar som visat på en ökad bränsleförbrukning (Ericsson, 2001)
Andel accelerationstid	
Andel retardationstid	
Andel stopptid	Hög andel
Andel tid i olika accelerationsintervall	Höga andelar acc över 1.5m/s ²
Andel tid i olika retardationsintervall	
Andel tid i olika hastighetsintervall	Låg andel tid i 50-70 och 70-90 km/h
Andel tid med höga varvtal i 3:ans växel	
Andel tid med konstant hastighet	
Andel tid med måttliga varvtal i 2:ans växel	Hög andel tid
Andel tid med varvtal > 3500 rpm	
Antal stopp/längdenhet	Högt antal
Hastighetssvängningar	Många svängningar/tids eller sträckenhet
Medelacceleration	
Medelretardation	
Medelhastighet med och utan stopptid	
Rpa (relative positive acceleration)	Höga värden

I en studie där 30 familjers resor loggades under två veckor visar Ericsson (2001) att rpa och stopptid främst hade statistiskt signifikant påverkan på bränsleförbrukningen medan andelen tid med kraftiga accelerationer (>1.5 m/s²) främst hade statistiskt signifikant effekt på emissionerna HC och NOx. Dessa resultat stöds både av Johansson et al. (2003) och av Jost et al. (1995). I Jost et al's. studie fann de att NOx-emissionerna ökar 2-4 ggr vid körning med kraftig acceleration i jämförelse med konstant hastighet. Vidare, i en sammanställning av Johansson (2001) framgår ett tydligt samband mellan olika konstanthastigheter och utsläpp av NOx, som visar att ju högre hastighet desto högre blir NOx emissionerna, figur 11.



Figur 11. Utsläpp av kväveoxider från genomsnittlig personbilsflotta 1998 (snitt), för genomsnittlig katalysatorrenad personbil år 1998 (kat) samt för bilar av årsmodell 1977-1987 (ej kat). (Modifierad från Johansson, 2001)

I en undersökning av De Vlieger (1997) med sju bilar i Belgien mättes emissionerna CO, HC och NOx under aggressiv körning och normal körning i både stads- och landsbygdskörning. De Vlieger (1997) definierade aggressiv körning som plötsliga accelerationer och kraftiga inbromsningar medan normal körning innebar jämn acceleration och inbromsning. Resultaten från undersökningen visas i tabell 5. Den aggressiva körningen har högre emissionsfaktorer i samtliga fall utom specifikt för HC i stadskörning med varm motor.

Tabell 5. Emissioner vid aggressiv respektive vid normal körning på olika gatutyper (De Vlieger, 1997).

Emission	Vägtyp	Aggressiv körstil (g/fkm)	Normal körstil (g/fkm)
CO	centrum - kallstart	27.9±8.6	15.1±4.5
	centrum - varmstart	14.8±6.8	7.2±5.0
	landsbygd	11.8±6.9	4.5±3.4
HC	centrum - kallstart	3.7±1.2	2.2±1.1
	centrum - varmstart	0.93±0.65	1.1±1.0
	landsbygd	0.63±0.38	0.54±0.50
NOx	centrum - kallstart	0.54±0.21	0.32±0.20
	centrum - varmstart	0.34±0.18	0.25±0.20
	landsbygd	0.21±0.13	0.18±0.15

I Van Mierlo et al. (2004a) studie kvantifierades betydelsen av körstilen för emissionsfaktorerna CO, CO₂, HC och NOx. 24 testpersoner blev instruerade med råd för

en ekonomisk körstil. En specifik runda kördes dels innan testförarna fick instruktionerna och dels efter. Instruktionerna förarna fick var att

- 1) växla så snart som möjligt, max 2500 varv/min innan byte till högre växel,
- 2) trycka snabbt och energiskt på gaspedalen tills de kom upp i övriga trafikrytmen
- 3) inte växla till en lägre växel för tidigt och låta fordonet rulla utan att trycka ner kopplingen, på en så hög växel som möjligt.

Att växla upp tidigt var besvärligt för flertalet av förarna medan att köra mer harmoniskt och anamma sig till trafiksituationen var en naturlig reaktion för de flesta förarna när de blev tillsagda att köra mer bränsleeffektivt. Många förare tyckte att tips nummer två var motsägelsefullt med ekonomisk körstil, vilket medförde att vissa till och med tolkade detta tips som att det var tillåtet att köra för fort och därmed ignorerade tipset. Mätningarna gjordes i verklig miljö och återskapades sedan i en chassidynamometer. Totalt kördes 12 fordon i chassidynamometern, 7 stycken bensinbilar och 5 stycken dieslbilar. Körstil och utformning studerades och resultaten visade att den förändrade körstilen reducerade bränsleförbrukningen och emissionerna med mellan 5 och 25%. Simuleringarna visade också att ett fordon med en liten motor var mindre känslig för körstilen. Detta berodde enligt Van Mierlo et al. (2004a) på att motorn används i ett fungerande intervall som matchar en bättre effektivitet. Vidare visade också resultaten att varvtalet (varv/min) har en statistiskt signifikant betydelse för bränsleförbrukningen. Den parameter som hade bäst korrelation med bränsleförbrukningen var rpa. Emissionerna CO, HC och NO_x minskade när förarna körde enligt tips 1 och 3.

Vilken hastighet som ger den lägsta bränsleförbrukningen varierar i olika studier. Enligt Haworth och Symmons rapport (2001) minskar bränsleförbrukningen med 4.2% om man kör i konstant 50 km/h i jämförelse med 60 km/h och en minskning med 14.5% från 60 km/h till 40 km/h. Vid hastigheter lägre än 40 km/h ökar bränsleförbrukningen igen (Haworth och Symmons, 2001). Att förbrukningen ökar markant över 50 km/h beror främst på att luftmotståndet ökar (med kvadraten), men också i viss mån på att rullmotståndet ökar (linjärt). I en studie av Ericsson (2001) analyserades vilka faktorer som påverkar bränsleförbrukningen. En av de faktorer som statistiskt signifikant påverkade förbrukningen var andelen tid i hastighetsintervallet 50 till 70 km/h. I en annan undersökning av El-Shawarby et al. (2005) fann de att den lägsta bränsleförbrukningen var mellan 60 och 90 km/h i konstant hastighet. Enligt André och Hammarström (2000) låg den lägsta förbrukningen runt 80 km/h för Europeiska bilar med en 1.4 till 2.0 liters motor för bilar med årsmodell 1993-96. Var den lägsta bränsleförbrukningen ligger beror både på egenskaper hos fordonet men även på om man avser förbrukningen vid konstant hastighet eller en medelhastighet med ett körmonster som t.ex. är typiskt för stadstrafik eller landsbygdskörning m.m. I tätort påverkar en jämn körstil bränsleförbrukningen mer än vilken hastighet man håller (Ericsson, 2001; Haworth och Symmons, 2001). Detta kan förklaras av att vid körning med konstant hastighet med moderna bilar kan motorn optimera bränsletillflödet till förbränningscyklern vilket leder till en lägre bränsleförbrukning (Robertson et al., 1998). Ett sätt att få jämnare körstil är att köra med farthållare vilket kan minska bränsleförbrukningen med i genomsnitt 5%, om den inte används för att öka hastigheten (Haworth och Symmons, 2001).

Vid framtagning av beskrivande körmönsterparametrar för de utvärderingar som ingår i denna licentiatuppsats användes programmet "Parametrar" som är skrivet vid Institutionen för Teknik och samhälle, Lunds Tekniska Högskola. Programmet läser in tid (s), hastighet (km/h), acceleration (m/s^2) och varvtal (varv/min) för varje körmönster och beräknar utifrån dessa data cirka 50 körmönstermått, Bilaga 1.

3.4 Kan ett förarstöd påverka bränsleförbrukningen och emissionerna?

Som tidigare nämnts kan föraren påverka bränsleförbrukning dels genom sin körstil, dvs. en optimering av anpassningen till det egna fordonet, till andra trafikanter och till de yttre förutsättningarna, och dels genom att optimera sitt vägval. Genom utbildning, broschyrer, media m.m. kan föraren få en ökad kunskap om hur man kan optimera sin körning. Tidigare studier har visat att många förare faktiskt har god kännedom om hur de kan förbättra sin körstil (Van der Voort et al., 2001; Van Mierlo et al., 2004a; Johansson et al., 2003), men av olika anledningar väljer föraren att inte köra så under "normal" körning. Med hjälp av olika tekniska stöd till föraren, som kontinuerligt påminner om hur och var man ska köra, kan bränsleförbrukningen minska avsevärt. Enligt Van der Voort et al. (2001) har psykologiska studier indikerat att omedelbar feedback på följderna av ett handlande gör det lättare för individen att få kontroll på sitt agerande. Vidare ger omedelbar feedback även bättre möjligheter att få individen till det önskade beteendet i ett långtidsperspektiv. Därmed är det rimligt att anta att kontinuerlig feedback till föraren genom ett förarstöd faktiskt kan ge en bränslesnålare körstil och/eller ett gynnsammare vägval som leder till minskad bränsleförbrukning och emissioner. Ett bra feedbacksystem bör förutom omedelbar återkoppling till föraren innehålla stimulans och detaljerad information om vad som innebär ett positivt eller negativt utfall (Rogers, 2003).

4 Förarstöd

I denna licentiat definieras förarstöd som: ett tekniskt stöd till föraren om var, när eller hur ett fordon bör framföras i trafikmiljön. Förarstöd i fordon är ingen ny uppfinning. De första stöden utvecklades med syfte att öka trafiksäkerheten och kom under mitten på 80-talet (Lindgren, 2007). Vanliga förarstöd idag är t.ex. farthållare, ISA, GPS-navigering.

4.1 Graden av automation

Enligt Parasuraman et al. (2000) definieras automation som "*full or partial replacement of a function previously carried out by the human operator*". Detta innebär att automatisering inte nödvändigtvis behöver vara antingen eller, utan kan bestå av en gradvis utveckling från en låg automatiseringsnivå, där användaren endast får information om hur något ska utföras, till en hög automatiseringsnivå där datorstyrda systemet helt tar över kontrollen och når fullständig automatisering. Det finns flera modeller för att beskriva denna gradvisa utveckling (Riley, 1989; Sheridan, 1989; Tideman et al., 2007; Chovan et al., 1994). Enligt Tideman et al. (2007) och Chovan et al. (1994) kan beskrivningen av mängden av uppgifter och typen av uppgifter för ett förarstöd delas in i fyra olika nivåer:

- 1) Driver informing systems (DIS) – föraren förses kontinuerligt med information om trafiksituationen. Genom att tolka och värdera denna information får föraren stöd i hur han/hon ska fatta beslut om trafiksituationen. Ett exempel är en display som kontinuerligt anger avstånd till framförvarande fordon.
- 2) Driver warning systems (DWS) – föraren varnas när ett visst tröskelvärde överskrids. Till skillnad från DIS så är det DWS som tolkar och värderar trafiksituationen. Systemets avsikter är att stödja förarens egna tolkningar om trafiksituationen. Förarens tolkningar dominerar systemets tolkningar i den mening att hon eller han har fullt ansvar för hur fordonet förs fram. Ett exempel är en display som visar avståndet till framförvarande fordon och börjar att blinka rött om ett visst tröskelvärde underskrids.
- 3) Control-intervention systems (CIS) – förarstöd som förser föraren med extra påminnelse för att t.ex. undvika en krock genom att ändra fordonets acceleration, retardation, eller riktning när fordonet är på väg att krocka. I detta system har föraren dock alltid möjlighet att ta över den automatiska handlingen som var initierat av förarstödet. Detta innebär att precis som för DIS och DWS har föraren det fullständiga ansvaret för hur fordonet förs fram. Ett exempel är en aktiv gaspedal där föraren får ett motstånd i gaspedalen när tillåten hastighet är på väg att överskridas men det går att trampa igenom motståndet när helst föraren önskar.
- 4) Fully automatic control systems (FAS) – detta system tar över och styr fordonet genom att t.ex. automatiskt bromsa, styra, gasa utan att föraren har någon möjlighet att påverka. Hur föraren tolkar trafiksituationen är helt irrelevant då hon/han inte någon möjlighet att ta tillbaka kontrollen. Ett exempel är en aktiv gaspedal där föraren inte har möjlighet att köra fortare än tillåten hastighet.

En annan välkänd beskrivning av gradvis automation är Sheridans (1989) 10 nivåsskala för automation (Level of automation – LOA), tabell 6. Modellen liknar Tideman och Chovan's fyrstegsmodell i sin beskrivning av minimum och maximum av automatisering. På den lägsta nivån automatiserar inte datorn något utan föraren får ta alla beslut och agerande. På nivå sex utför datorn automatiskt en order efter att föraren har haft tid till att lägga in sitt veto. På den högsta nivån är det datorn som styr automatiskt och ignorerar föraren. Från nivå sex och uppåt utför systemet automatiskt efter egna slutsatser från systemet såvida inte någon ingriper. På nivå 10 ingår främst besluts- och agerandeval vid automation.

Tabell 6. 10 nivåer av automation enligt Sheridan (1989)

Low	1	the computer offers no assistance: human must take all decisions and actions
	2	the computer offers a complete set of decision/action alternatives
	3	narrows the selection down to a few
	4	suggests one alternative
	5	executes that suggestion if the human approves
	6	allows the human a restricted time to veto before automatic execution
	7	executes automatically, then necessarily informs the human
	8	informs the human only if asked
	9	informs the human only if it, the computer, decides to
High	10	the computer decides everything, acts autonomously, ignoring the human

4.2 Mänskliga faktorer

Teknisk utveckling av datorers hård- och mjukvara gör det möjligt att automatisera många system, dvs. datorer utför specifika funktioner som människan tidigare ansvarat för att göra. I en litteraturstudie av Parasuraman et al. (2000) framkom det tydligt att automatisering inte enkelt ersätter mänsklig aktivitet utan snarare förändrar den, och då ibland på ett från designens perspektiv oavsiktligt och oförutsägbart sätt. Vid införande av ny teknik i fordon är det viktigt att studera hur teknologin tas emot och används. Om man skapar förarstöd utan att utförligt studera hur systemet uppfattas och används av föraren kan detta resultera i både minskad trafiksäkerhet men även ge en motsatt effekt till vad teknologin eventuellt i övrigt avser att verkställa. Vidare är det viktigt att vid all utformning utgå från användaren av systemet. Hur användaren tolkar och använder systemet skiljer sig mellan individer men kan även skilja sig mellan olika delar av världen. Detta innebär att designen bör hämta in så mycket information som möjligt om den målgrupp som stödet är tänkt för. När detta är gjort är det lättare att utforma ett system som används så som designen har tänkt att systemet ska användas. Ett bra system ska snarare stödja än att begränsa (Lindgren, 2007). Ofta utvecklas förarstöd oberoende av andra teknologier varpå det är möjligt att det kan uppstå situationer då föraren får svårt med uppmärksamheten och prioriteringen av stöden och i sällsynta fall till och med får svårt att klara köruppgiften. Vidare utvärderas ofta endast ett system i taget. I verklig körning är det många fler system som ska interagera (Lindgren, 2007). Att utvärdera stödet i verkliga miljöer ger därför ofta en mer tillförlitlig bild av resultatet.

Till vilken grad ett förarstöd kommer att fungera (oberoende syfte med stödet) beror till stor del på hur förarbeteendet påverkas av systemet och till vilken grad föraren är beredd att faktiskt följa systemet. Enligt Van der Voort et al. (2001) är det flera saker som tyder på att många förare har en vilja att ändra sin körstil, t.ex. genom den ökade efterfrågan att få

utbildning i sparsam körstil men även en allmän trend att vilja minska miljöeffekterna. Studier i sparsam körstil visar tydligt att förare har kapaciteten att minska sin bränsleförbrukning, men problemet är många gånger att hålla kvar den körstil som leder till en lägre förbrukning. För att klara av att fortsätta köra med en låg förbrukning krävs både vilja och kunskap. Med hjälp av en kontinuerlig feedback kan kunskapen erhållas. Att föraren känner tilltro till systemet kan också ha stor betydelse för att föraren ska använda sig av det, vidare kan acceptansen av gränssnittet också spela en avgörande roll för resultatet. Ett varningssystem som varnar genom ljud kan generera en snabb respons men kan också, om den kommer för ofta, underminera förarens acceptans. För förarstöd inom trafiksäkerhet menar Lees och Lee (2007) att det finns två faktorer som påverkar effektiviteten på systemet: 1) systemet måste ges både i rätt tid och ges korrekt samt 2) att föraren litar på systemet, vilket innebär att falska alarm ska minimeras. Dessa två faktorer kan rimligen appliceras rakt av till förarstöd som har till främsta syfte att minska bränsleförbrukningen eller emissionerna. Det är viktigt att tilliten till förarstödet är balanserad för att bli så effektivt som möjligt. Om föraren förlitar sig helt fullt ut till stödet kan det skapa beroende som kan minska vaksamheten medan ”under-tillit” till systemet kan medföra att föraren inte uppmärksammar varningen/informationen alternativt stänger av systemet (Lindgren, 2007).

De flesta forskare är överrens om att acceptansen till ett förarstöd har stor betydelse för användandet (Van der Laan et al., 1997; Adell och Varhelyi, 2008; Lindgren, 2007). För att värdera efterlevnaden och potentialen på ett förarstöd krävs noggrann data om förarens uppfattning, acceptans och betalningsvilja för systemet. Vidare krävs det att föraren har testat systemet under en längre tid och gärna använt systemet dagligen.

4.3 Förarstöd för lägre total bränsleförbrukning och emissioner

För att kunna minska bränsleförbrukningen eller emissionerna m.h.a. ett förarstöd krävs att systemet antingen påverkar förarens körstil eller vägval, figur 9. Vad gäller påverkan av förarens körstil finns det ett fåtal studier utförda. I Van der Voort et al.'s (2001) studie fann författarna att bränsleförbrukningen kunde reduceras med 16% m.h.a. förarstödet FEST (Fuel Efficiency Support Tool) som påverkade körstilen. Föraren fick rådgivning i form av tidigare kända parametrar som påverkar bränsleförbrukningen, så som val av växel, val av hastighet, acceleration och retardation. De miljöer i den studien där det fanns störst potential att reducera bränsle var i tätorts- och förortsmiljöer. Studien visade även att störst effekt på bränsleförbrukningen hade rådgivningen som styrde hur föraren skulle växla. I studien fick 88 försökspersoner köra en cirka 3 kilometer lång slinga sex gånger. Förarna delades upp i fyra lika stora grupper: en kontrollgrupp, en grupp som fick information om den genomsnittliga bränsleförbrukningen de tre senaste minuterna, en grupp som fick enkel rådgivning från förarstödet och en grupp som fick utökad rådgivning från förarstödet. Första rundan körde samtliga grupper som de brukar, dvs. normal körning. Andra slingan körde samtliga förare så bränslesnålt som de kunde med försök till att tiden skulle hållas konstant. Tredje till sjätte rundan fortsatte kontrollgruppen att köra så bränslesnålt de kunde utan ytterligare hjälp, gruppen som fick enkel rådgivning och utökad rådgivning fick feedback via en display från förarstödet. Skillnaden mellan de sista två grupperna är mängden information till föraren via displayen, t.ex. kunde gruppen med enkel rådgivning få informationen ”Shift earlier” medan gruppen med utökad rådgivning fick informationen ”Shift earlier from 2nd to 3rd gear”. Resultatet visade att det inte fanns någon statistiskt signifikant skillnad i

bränsleförbrukning mellan grupperna under körning 1 och 2, dvs. under normal körning och under körning där förarna skulle köra så bränslesnålt som möjligt. Under körning 3-6 fanns en tendens (inte statistiskt signifikant) till minskad bränsleförbrukningen för gruppen med enkel rådgivning, medan förbrukningen för den utökade rådgivningsgruppen minskade statistiskt signifikant i jämförelse med körning 1 och 2. Detta tyder på att mer preciserad information ger bättre resultat. Bränslereduktionen för gruppen med utökade rådgivning blev 7% mellan förarnas egen optimerade körning (körning 2) och körningarna med utökad förarstöd (körning 3-6). Skillnaden mellan körningarna med den normala körstilen och körningarna med utökad förarstöd blev ännu större för gruppen som fick utökad rådgivning. Här fanns en besparing på cirka 16% bränsle (Van der Voort et al., 2001).

Andra förarstöd som visat sig reducera bränsleförbrukningen genom att påverka körstilen är till exempel farthållare (Haworth och Symmons, 2001; Van Mierlo et al., 2004a) och bränsleförbrukningsdisplay (Van Mierlo et al., 2004a). Ett annat befintligt förarstöd som börjar bli allt vanligare är en så kallad växelindikator som visar i en display den mest optimala växeln att köra på ur bränslesynpunkt (Gear shift Index - GSI finns t.ex. i Audi A4, BMW 118d, VW Passat BlueMotion m.fl.). Utvärdering av efterlevnad av detta system efterfrågas för att påvisa storleken av bränsleeffekten.

I denna licentiatuppsats har ytterligare en prototyp av ett förarstöd som påverkar körstilen undersökts, en så kallad accelerationsrådgivare. Detta förarstöd rådgiver föraren genom att ge ett motstånd i gaspedalen vid kraftiga accelerationer. Motståndet är endast rådgivande och går att trampa igenom. Utvärderingen av accelerationsrådgivaren ligger inom ramen för denna licentiatuppsats och kommer beskrivas mer utförligt i del B, kapitel 7 (samt artikel II och III i del E, Larsson, 2006; Larsson och Ericsson 2009).

Förarstöd som kan påverka vägvalet är t.ex. en gps-navigatör. Dock har inte någon av de vanligaste gps-navigatörerna (Garmin, Navman, Tomtom, Hewlett, Jvc, Nokia, Sony eller Sony Ericsson, 2008-08-20) någon optimering av vägval efter bränsleförbrukning eller emissioner, utan optimerar efter kortaste alternativt snabbaste vägvalet (Dialect, 2008). Huruvida kortaste och snabbaste vägvalet ger en bränsle- respektive emissionsreduktion beror på om det jämförs mot det bränsle- och emissionsnålaste vägvalet eller mot det vägval föraren valt att köra utan gps-navigatörens rådgivning (artikel I i del E, Ericsson et al., 2006). Resultat från artikel I, del E, visar att optimering för närmaste vägvalet minskar bränsleförbrukningen, men inte i lika stor utsträckning som när navigeringen optimeras efter det bränslesnålaste vägvalet. Optimering för snabbaste vägvalet påvisade inte någon statistiskt signifikant minskning av bränsleförbrukningen. Mer utförlig beskrivning av analysen beskrivs i del B, kapitel 6 (samt artikel I i del E, Ericsson et al., 2006).

För att kunna beskriva likheter och skillnader mellan olika förarstöd som har till syfte att minska bränsleförbrukningen har en förenklad automation och frekvensmodell tagits fram, tabell 7. Syftet med modellen är även att kategorisera de förarstöd som har analyserats inom ramen för denna licentiatuppsats. Antagande i modellen är att stödet är aktiverat. Stödet som ges till föraren förmodas kunna ske genom tre modaliteter 1) visuellt, t.ex. i en display, 2) audiellt, t.ex. genom röststyrning, eller 3) taktilt, t.ex. genom ett motstånd i gaspedalen.

På modellens X-axel beskrivs graden av automation i två steg 1) stödet påverkar inte föraren mekaniskt utan informerar endast hur uppgiften kan skötas och 2) stödet går aktivt in och agerar men föraren kan när som helst ta tillbaka kommandot över uppgiften.

På Y-axeln i modellen beskrivs frekvensen av stöd till föraren vilken är uppdelad i två nivåer. I den översta nivån ges kontinuerligt stöd till föraren, varpå det krävs att föraren kontinuerligt övervakar informationen. Denna nivå kan ge ett gradvist stöd i form av att föraren närmar sig en icke optimal körstil. I den andra nivån, som ger stöd i specifika situationer får föraren endast stöd när en ändring bör göras. Ett förarstöd på denna nivå kanske också arbetar kontinuerligt för att känna av om en förändring skulle ge lägre förbrukning men stödet visar eller agerar endast när föraren bör göra en förändring. En följd av skillnaden mellan nivåerna skulle kunna medföra vilket krav systemet ställer på förarens uppmärksamhet, där stöd i specifika situationer kräver mindre uppmärksamhet medan genom kontinuerligt stöd får föraren mer information som han/hon själv får bearbeta. En annan skillnad mellan de två nivåerna är att förare med kontinuerligt stöd har möjlighet att påverka sin körstil innan eller när systemet är på väg att släppa ut mer bränsle eller emissioner. Medan för stöd som ingriper i specifika situationer har ett så kallat tröskelvärde eller gränsvärde redan uppnåtts. En ytterligare skillnad mellan nivåerna är uppbyggnaden av systemen. För ett system som ger kontinuerligt stöd sätts större krav på att föraren uppfattar systemet rätt och att interaktionen mellan förare och system stämmer. Variationer inom nivåerna finns givetvis och beror på utformningen av stödet.

Tabell 7. Verkningsfrekvens och graden av automatisering för förarstöd som har primärt alternativt sekundärt till syfte att minska bränsleförbrukningen.

Frekvensen av stöd	Graden av automation			
		Enbart informativt	Tar över tills föraren tar över	
	Stöd som ingriper i specifika situationer	GSI FEST	AR	
Kontinuerligt stöd	BV BD	FH		

Exempel på förarstöd som ger kontinuerligt stöd och enbart är informativt är till exempel bränsleoptimerat vägval och bränsleförbrukningsdisplay. För bränsleoptimerat vägval är tanken att systemet fungerar som en navigator som kontinuerligt visar var föraren är och vart han är på väg (artikel I i del E, Ericsson et al., 2006). Detta system styr inte fordonet automatiskt utan är endast rådgivande. Beroende på hur systemet är uppbyggt kan det klassas som ett stöd som ingriper i specifika situationer eller som att det ger kontinuerligt stöd. Om det ingår en röststyrning som endast meddelar när föraren ska göra en förändring ger det stöd i specifika situationer medan informationen i kartan skulle ge stöd på en kontinuerlig

nivå. Ett annat exempel i denna kategori är en bränsleförbrukningsdisplay som visar förbrukningen kontinuerligt men som inte ger någon automatisk styrning.

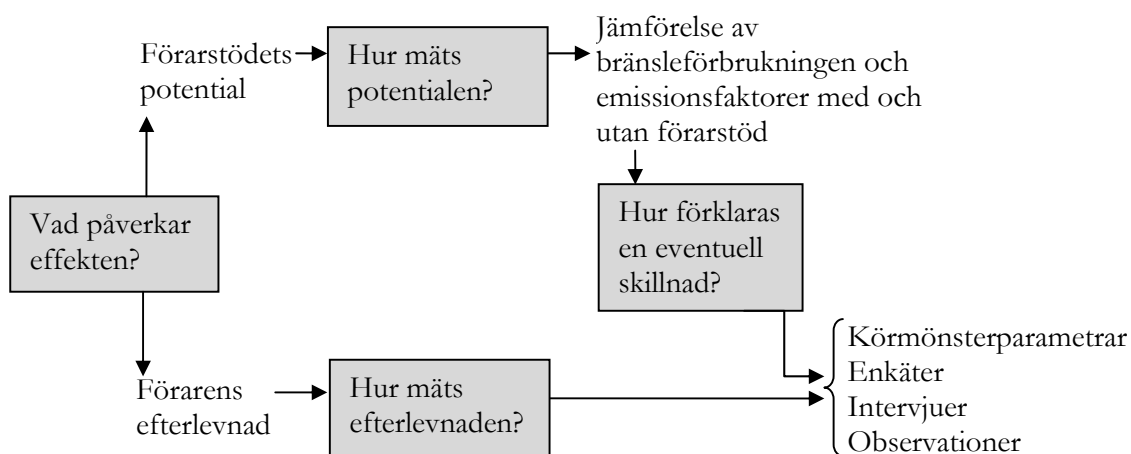
Exempel på förarstöd som ingriper i specifika situationer och endast informerar utan att påverka av fordonet är GSI (Gear Shift Indicator) och FEST (Fuel-Efficiency Support Tool). GSI informerar föraren om det bränslesnålaste växelläget genom att till exempel visa pilsymboler på instrumentpanelen när det är aktuellt att ändra växel. Systemet hittar den optimala växeln genom att analysera varvtal, körsituation och gaspedalens läge (Emotor, 2007). Van der Voort et al.'s (2001) förarstöd FEST ger föraren råd i en display vilken växel, hastighet, acceleration eller inbromsningsnivå som rekommenderas utan att mekaniskt påverka föraren. Vidare ger systemet endast råd när någon av parametrarna kan optimeras ytterligare.

Exempel på förarstöd som mekaniskt agerar men där föraren när som helst kan ta tillbaka kommandot igen är farthållare och accelerationsrådgivare. När farthållaren är aktiv styr den automatiskt hastigheten tills föraren bromsar eller stänger av systemet. Denna grad av automation innebär att föraren fortfarande har ansvaret över uppgiften, i detta fall hastigheten. För accelerationsrådgivare är förarstödet uppgift att hjälpa föraren att minimera alltför kraftiga accelerationer (artikel II, Larsson, 2006; artikel III, Larsson och Ericsson, 2009). Detta sker genom ett motstånd i gaspedalen vid kraftig acceleration, som föraren kan trampa igenom. Skillnaden mellan systemen är att så länge föraren har farthållaren aktiverad, fungerar stödet kontinuerligt medan för accelerationsrådgivaren griper stödet in vid specifika situationer när föraren försöker accelerera kraftigt.

Del B - Metod

5 Introduktion

Vid en utvärdering av ett system är det viktigt att börja med att problematisera utifrån vilka faktorer som kan *påverka effekten* av systemet, figur 12. Vad gäller förarstöd, med syfte att reducera bränsleförbrukningen och emissionerna, kan dessa faktorer delas in i dels *stödet potential* och dels *förarens efterlevnad* till systemet. Om inte systemet används som det är avsett eller inte efterföljs i den utsträckning som det är tänkt går det inte att förvänta sig samma effekt (Parasuraman et al., 2000; Lindgren, 2007). Teoretiskt sett kan tre scenarier uppstå då föraren kör med ett förarstöd 1) föraren får råd och väljer då att följa rådgivningen, 2) föraren får råd men väljer att inte följa rådgivningen, eller 3) föraren har en körstil eller ett vägval som innebär att förarstödet inte behöver ingripa eller ge information. Hur stor andel varje förare har av de olika scenarierna skulle kunna visa på förarens efterlevnad men även visa på behovet av stödet. Om det är en förare som kör på ett sätt så att stödet nästan aldrig behöver ingripa medför det att det inte heller går att förväntat sig någon effekt och behovet av stödet är därmed lågt. Nästa fråga vid en utvärdering är; *hur mäts förarstödet potential* respektive *förarnas efterlevnad* till systemet? Att mäta förarstödet potential kan utföras på flera olika sätt, antingen simulerat eller ute i verklig trafik. Gemensamt för mätningarna är att det krävs en analys av bränsleförbrukningen respektive emissionsfaktorerna både med och utan förarstödet. En fördel med att analysera förarstödet i verkliga miljöer är att det går att fånga in effekter i form av påverkan av samspel med t.ex. andra system eller andra trafikanter. Nackdelen är att det kan vara svårt att avgöra vad det är som ger en viss effekt, varpå det krävs stora mängder data. För att svara på hur efterlevnaden mäts används både kvantitativa studier, i form av förändring av körmönsterparametrar och enkäter, och analyser av kvalitativa metoder, så som intervjuer och observationer. För att öka verifieringen och förståelsen av resultatet är en kombination av både kvantitativa och kvalitativa metoder ofta att föredra. När effekten av förarstödet är utvärderat, dvs. det går att svara på hur stor bränsle- respektive emissionsreduktionen blir när man kör med systemet, blir nästa fråga *hur kan en eventuell skillnad förklaras?* Vad är det som leder till en effekt eller varför blev det inte någon effekt? Svaret till detta kan hämtas från studier av körmönsterparametrar, enkäter, intervjuer och/eller observationer.



Figur 12. Hur utvärderas ett förarstöd med syfte att minska bränsleförbrukningen alternativt emissionerna

Från litteraturstudien framkom att både körstilen och vägvalet har en avgörande betydelse för den totala bränsleförbrukningen och mängden emissioner från biltrafiken. Inom ramen för denna licentiatuppsats har två nya typer av förarstöd analyserats; ett navigeringssystem som optimerar efter det bränsleeffektivaste vägvalet och en accelerationsrådgivare som påverkar körstilen. I studien där optimering gjorts efter det bränslesnålaste vägvalet har den potentiella besparingskapaciteten utvärderats med avseende på tätortsnavigering i en medelstor svensk stad (Lund) och bygger på artikel I, del E (Ericsson et al., 2006). Studien är baserad på verkliga körningar från en databas. Systemet är dock inte testat i verklig trafikmiljö. I studien där accelerationsrådgivaren har utvärderats gjordes loggningar i bil i verklig trafikmiljö med rådgivaren installerad och bygger till stor del på artikel II och III, del E (Larsson, 2006; Larsson och Ericsson, 2009). Testförarnas efterlevnad analyserades med enkäter, intervjuer samt genom att studera hur körmönstret förändrades m.h.a. körmönsterparametrar. I del B, kapitel 6 och 7 beskrivs metoden för hur de båda förarstöden utvärderades.

6 Bränsleoptimerat vägval

I dagens navigeringssystem, där folk blir guidade till ett visst vägval, är de två vanligaste optimeringskriterierna kortaste eller snabbaste vägen. I studien ”Bränsleoptimerat vägval” var syftet att utarbeta ett klassificeringssystem för ett vägnät som baseras på bränslereducerande parametrar vilket längre fram ska kunna generaliseras och användas i framtida navigeringssystem. Utifrån detta var därefter syftet att uppskatta den eventuella potentialen av bränslereduktion genom att följa ett vägval som optimerats efter bränsleförbrukning. Det tredje syftet var att studera potentialen av bränslereduktion genom att det optimerade vägvalet inkluderar realtidsinformation från probbilar om var det förekommer trafikstörningar, dvs. en dynamisk navigering.

Grundat på 15 437 verkliga körmönster i Lunds tätort beräknades en generaliserad bränslekostnad fram för 22 olika gatutyper. Dessa baserades på vägfunktion, områdestyp, hastighetsgräns, förekomst och täthet av signalreglerade korsningar, förekomst av hastighetsbegränsande åtgärder och flödesklass i hög- respektive lågtrafik. Den beräknade bränsleförbrukningen per fordonskilometer användes i en algoritm i ett GIS-system som motsvarar hur navigeringssystem fungerar. Bränsleåtgången från verkliga resor beräknades och jämfördes därefter med åtgången vid det bränslesnålaste, det kortaste och det snabbaste vägvalet, för samma start- och målpunkter. Vidare studerades potentialen att minska bränsleförbrukningen m.h.a. information om trafikstörningar från probbilar som ger realtidsinformation och därefter beräknar en ny bränslesnål resa. Denna potential skattades genom att beräkna sannolikheten att 1) det sker en trafikstörning under resan, 2) en probbil upptäcker trafikstörningen, 3) det finns ett annat mer bränsleoptimalt vägval samt 4) att beräkna bränslevinsten för de resor som skulle få ett nytt vägval efter probbilsinformation.

6.1 Analys av körmönster

De körmönster som användes i projektet ”Bränsleoptimerat vägval” är hämtade från den så kallade ISA-databasen (Intelligent Speed Adaptation) över Lund. Beskrivning av ISA-databasen ges i nästa avsnitt. Lunds gatunät klassificerades efter faktorer som tidigare studier visat påverka bränsleförbrukningen. Därefter plockades körmönster för respektive klass systematiskt ut från databasen. Utifrån dessa körmönster beräknades en generaliserad bränslekostnad för varje vägklass. Den generaliserade bränslekostnaden för respektive vägklass kunde efter detta kopplas till en GIS-karta över Lunds tätort med attribut som bl.a. inkluderade trafikflödet för flertalet av de mest trafikerade väglänkarna.

6.1.1 ISA-databasen

ISA står för Intelligent Stöd för Anpassning av hastighet (Intelligent Speed Adaptation) och var ett storskaligt projekt som Vägverket koordinerade under slutet av 1990-talet till början av 2000-talet. Installation av ISA i fordon har genomfördes i Borlänge, Lidköping, Lund och Umeå. Det ISA-system som utvärderades i Lund innebär att om föraren kom upp i maximalt tillåten hastighet uppstod ett motstånd i gaspedalen, en så kallad aktiv gaspedal (Hjälmdahl, 2004).

I Lund registrerades under år 2000 totalt 284 testfordon i projektet varav 38 var företagsbilar. Urvalet bestod därmed av både privatpersoner och yrkesförare. Loggningen var i drift fram till slutet av år 2001 och under sista året gjordes en sammanställning av

utvärderingen (Biding och Lind, 2002). Under testperioden loggades information om varje fordon. Loggningen registrerades 5 gånger per sekund och innefattade exempelvis starttid, sluttid, körd sträcka, klockslag, datum, fordonets hastighet, aktuell tillåten hastighet, X och Y koordinater, varvtal, om den aktiva gaspedalen ingriper, m.m. för varje körning. När installationen av ISA i fordonen genomförts, kördes fordonet först en månad utan att den aktiva gaspedalen var aktiverad och sedan upp till ytterligare sex månader med den aktiva gaspedalen. Detta för att senare kunna utvärdera effekterna av användningen (Hjälmdahl, 2004). I denna studie har vi enbart använt oss av data som är loggad före den aktiva gaspedalen var aktiverad, dvs. när föraren valt hastighet utan inblandning från ISA.

6.1.2 Vägklasser

För att kunna uppskatta den eventuella potentialen av bränslereduktion genom att följa ett vägval som optimerats efter bränsleförbrukning, krävs att varje väglänk har en beräknad generaliserad bränsleförbrukningskostnad. På grund av datatekniska skäl gick det inte att beräkna en specifik kostnad för varje väglänk utan en klassning av gatunätet gjordes. Detta ger också möjlighet till högre grad av generalisering av resultatet. Klassningen av gatunätet baserades på sex indelningsgrunder. De första fem beskriver fixa egenskaper på gatunätet medan det sjätte beskriver trafikflödet.

-
1. Vägfunktion
 2. Områdestyp
 3. Hastighetsgräns
 4. Förekomst och täthet av signalreglerade korsningar
 5. Förekomst av hastighetsbegränsande åtgärder
 6. Flödesklass i hög- respektive lågtrafik
-

Indelningen av gatunätet byggde på variabler som i tidigare forskning visat sig vara relevanta för avgasutsläpp och bränsleförbrukning men också på vilka kombinationer som förekommer i Lund och då framförallt är representerade med körningar i ISA-databasen. De olika kombinationerna av klassningar var olika vanliga och några kombinationer var så pass ovanliga att de slogs samman. Sammanslagningar av klasser gjordes exempelvis om en viss grupp visade sig bestå av mycket få väglänkar och det fanns risk att samtliga registrerade körmönster i ISA härrörde från en och samma, eller ett fåtal, bilar. I enstaka fall fanns det för få körmönster i en viss grupp för ett representativt urval. Det slutliga antalet vägklasser, dvs. exklusive flödesklassningen, uppgick till 22 stycken och redovisas i tabell 9.

Vägfunktion

Kategorin vägfunktion innebär att varje väglänk definieras som en del i huvudvägnätet eller lokalvägnätet. Till huvudvägnätet räknas huvudgator inom olika delområden samt större infarts- och genomfartsleder. Karaktäristiskt för lokalnätet är att dessa gator är underordnade i förhållande till huvudvägnätet och har således stopplikt, väjningsplikt eller lägre signalprioritet i korsningspunkter med huvudvägnätet. Lokalnätet omfattar lokalgator och uppsamlingsgator. Tidigare studier har visat att körmönster från huvudvägnätet generellt sett har ett jämnare körmönster och därmed en lägre bränsleförbrukning (Ericsson, 2000a).

Områdestyp

Indelningen i områdestyp definieras av den typ av bebyggelse eller annan markanvändning gatan går igenom. Inledningsvis använde vi oss av fyra typer av bebyggelse: centrala affärsområden, bostadsområden, industriområden och övriga områden (där övriga områden utgör främst områden/ytor som omger de större infarts och genomfartslederna). I samband med den slutliga kategoriseringen slogs kategorin industriområde och övriga områden samman till en grupp på grund av tillgången av data var begränsad samt för att hålla antalet kategorier lågt. Ett stort antal klasser innebär svårigheter att nå precision i skattningarna av utsläppsnivåer. Det skulle dessutom kräva större datamängder och bli mer oöverskådligt vid tolkning av resultaten. Tidigare forskning har visat att områdeskategorierna industriområde och kategorin övrigt hade liten inbördes skillnad för viktiga körmönsterparametrar medan kategorierna centrala affärsområden och bostadsområden däremot skiljer ut sig vad gäller påverkan för bränsleförbrukningen (Ericsson, 2000a).

Hastighetsgräns

Den tredje indelningsgrunden för gatunätet är maximalt tillåten hastighet (30, 50, 70, 90 och 110 km/h). I vissa fall har hastighetsgränserna 30 och 50 km/h slagits samman på grund av för få väglänkar alternativt för lite körmönsterdata. Alla lokalgator utom en, med hastighetsgräns 30, var belägna antingen i centrala affärsområden eller i rena bostadsområden. Endast en lokalgata med hastighetsgräns 30 var belägen i industriområde. Väggklassen 6 "Lokalnät, övrigt, 30 + 50 km/h" i tabell 9, innehåller därför en enda gata med hastighetsgräns 30 medan alla övriga i kategorin har hastighetsgräns 50 km/h. På samma sätt fanns det få huvudgator med hastighetsgräns 30 km/h och dessa fick därför slås samman med motsvarande huvudgator med hastighetsgräns 50. En hypotes var att hastigheten i framförallt de centrala delarna inte primärt styrs av den skyltade hastigheten utan av antalet interaktioner med andra trafikanter. Detta stöds av resultat från Ekman (2000).

Signalreglerade korsningar

Inte bara väglänkar utan även korsningars utformning påverkar körmönstret och avgasutsläppet. På samma sätt som för övriga indelningsvariabler användes endast indelningar som var baserat på kategorier som enligt tidigare forskning gett skillnad i bränsleförbrukning och avgasutsläpp.

Förekomst och täthet av signalreglerade korsningar hade mycket stor inverkan på fordonens körmönster och därmed deras bränsleförbrukning enligt Brundell-Frej och Ericsson (2005) samt Smidfelt Rosqvist (2003). Körmönstret påverkas på flera sätt: högre täthet av signalreglerade korsningar visade sig öka andelen stopptid, öka andelen tid då bilen kördes med stort effektuttag, öka andelen tid i de högsta accelerationsnivåerna. Alla dessa egenskaper hos ett körmönster ökar ett fordonens bränsleförbrukning och emissionerna. Hastigheten blir mer ojämn om det förekom signalreglerade korsningar än om det inte gör det. Å andra sidan kan tätare signalkorsningar och andra hinder ge en lägre och jämnare hastighetsprofil vilket skulle kunna gynna bränsleförbrukningen. Implikationer för indelning av gatunätet skulle enligt dessa tidigare resultat bli att man bör kategorisera gatunätet efter om det finns signalkorsningar eller inte på en väglänk samt om dessa korsningar ligger tätt eller glest.

I klassningen av Lunds gatunät togs utgångspunkt från resultaten ovan och definierade tre alternativa grupper enligt tabell 8. Grupp 1) består av väglänkar som inte har någon fysisk anknnytning till någon signalreglerad korsning. Grupp 2), låg påverkan, består av väglänkar där längden är längre än 200 meter mellan två signalreglerade korsningar eller är längre än 100 meter mellan en signalreglerad korsning till närmaste annan korsning. I grupp 3), hög påverkan, placerades de väglänkar där avståndet mellan två signalreglerade korsningar var mindre än 200 meter eller att det var kortare än 100 meter mellan en signalreglerad korsning och närmaste annan korsning.

Tabell 8. Klassificering av gatunätet beroende på förekomst och täthet av signalreglerade korsningar.

Grupp	Definition
1 – Inga trafiksignaler	Länken saknar anknnytning till signalreglerad korsning
2 – Glest med trafiksignaler	> 200m mellan två signalreglerade korsningar eller länk som är > 100m och har fysisk anknnytning till någon signalreglerad korsning
3 – Tätt med trafiksignaler	< 200m mellan två signalreglerade korsningar eller länk som är < 100m och har fysisk anknnytning till någon signalreglerad korsning

Hastighetsbegränsande åtgärder

Tidigare studie angående hur avgasemissioner och bränsleförbrukning påverkats av olika utformningar av gatunätet har visat att hastighetsbegränsande åtgärder ger i huvudsak minskande miljöbelastning om man tar hänsyn till den totala effekten på hela resan (Smidfelt Rosqvist, 1998). Det framgick i samma studie att sambandet mellan gatunätets utformning och miljöpåverkan är komplext och att man inte enbart kan studera enskilda företeelser. För den totala effekten är det viktigt att studera de enskilda företeelserna över en längre sträcka och inte bara precis över ett farthinder. I detta projekt valde vi att klassa in gatunätet i två grupper 1) inga hastighetsbegränsande åtgärder på väglänk respektive 2) det finns hastighetsbegränsande åtgärder på väglänk. Farthinder i denna studie innefattar främst gupp, upphöjda plåtår och avsmalningar, så kallade chikaner.

Tabell 9. Beskrivning av de totalt 22 vägklasserna i analysen.

Väg- klass	Funktion	Områdes- typ	Hastighets- gräns	Trafiksignal 1 inga signaler 2 glest 3 tät	Farthinder 1 finns ej 2 finns	Antal länkar/ Antal meter	Beskrivning
1	Lokalnät	Centrum	30 km/h	1, 2 och 3	1, 2	61 / 4739	Lokala centrumgator 30, med el. utan trafiksignaler och gupp
2	Lokalnät	Bost omr	30 km/h	1	1, 2	261 / 25671	Lokala bostadsgator 30, utan trafiksignaler med el. utan gupp
3	Lokalnät	Bost omr	30 km/h	2, 3	1	3 / 358	Lokala bostadsgator 30, med trafiksignal utan gupp
4	Lokalnät	Bost omr	50 km/h	1	1, 2	834 / 94713	Lokala bostadsgator 50, utan trafiksignaler, med el. utan gupp
5	Lokalnät	Bost omr	50 km/h	2, 3	1, 2	18 / 2210	Lokala bostadsgator 50, med trafiksignaler, med el. utan gupp
6	Lokalnät	Övrigt	30 + 50 km/h	1	1, 2	43 / 8518	Lokalgator ej bost el centr, utan trafiksignaler med el. utan gupp
7	Huvudnät	Centrum	30 + 50 km/h	1	1, 2	39 / 3015	Huvudgator i centr. 30 eller 50, utan trafiksignaler med el. utan gupp
8	Huvudnät	Centrum	30 + 50 km/h	2, 3	1	6 / 659	Huvudgator i centr. 30 eller 50, med trafiksignaler utan gupp
9	Huvudnät	Bost omr	30 + 50 km/h	1	1	302 / 32355	Huvudgator i bost omr 30 eller 50, utan trafiksignaler och utan gupp
10	Huvudnät	Bost omr	30 + 50 km/h	1	2	60 / 10330	Huvudgator i bost omr 30 eller 50, utan trafiksignaler med gupp
11	Huvudnät	Bost omr	30 + 50 km/h	2	1	7 / 1318	Huvudgator i bost omr 30 eller 50, glesa trafiksignaler utan gupp
12	Huvudnät	Bost omr	30 + 50 km/h	2	2	3 / 1074	Huvudgator i bost omr 30 eller 50, glesa trafiksignaler med gupp
13	Huvudnät	Bost omr	30 + 50 km/h	3	1, 2	15 / 1114	Huvudgator i bost omr 30 eller 50, täta trafiksignaler med el. utan gupp
14	Huvudnät	Övrigt	50 km/h	1	1	265 / 28836	Huvudgator ej bost eller centr. 50, utan trafiksignaler och utan gupp
15	Huvudnät	Övrigt	50 km/h	1	2	11 / 3018	Huvudgator ej bost eller centr. 50, utan trafiksignaler med gupp
16	Huvudnät	Övrigt	50 km/h	2	1	107 / 22398	Huvudgator ej bostad eller centr. 50, glesa trafiksignaler utan gupp
17	Huvudnät	Övrigt	50 km/h	2	2	2 / 666	Huvudgator ej bostad eller centrum 50, glesa trafiksignaler med gupp
18	Huvudnät	Övrigt	50 km/h	3	1	32 / 2581	Huvudgator ej bostad eller centrum 50, täta trafiksignaler utan gupp
19	Huvudnät	Övrigt	70 km/h	1	1	82 / 9309	Huvudnät 70 utan trafiksignaler och utan gupp
20	Huvudnät	Övrigt	70 km/h	2	1	23 / 10126	Huvudnät 70 med glesa trafiksignaler utan gupp
21	Huvudnät	Övrigt	90 km/h	1	1	32 / 8048	Huvudnät 90 utan trafiksignaler och utan gupp
22	Huvudnät	Övrigt	110 km/h	1, 2	1	26 / 16245	Huvudnät 110 utan trafiksignaler och utan gupp (trafiksignal förekommer dock vid avfart)

Flödesklass

Trafikflödet påverkar utsläppsmängderna på två sätt. Dels har det en direkt inverkan på utsläppen genom att en ökning av antalet fordonskilometer ger mer utsläpp och dels påverkas körmönstret av trafikflödets storlek. I denna studie differentierades utsläppsfaktorerna m.h.a. flödesförhållandena för att ta hänsyn till detta.

Vid klassning av gatunätet efter de flödesvariationer som råder under veckan och under dygnet delades körmönstren in i hög- eller lågtrafiktid. Tider för högtrafik visas i tabell 10, medan övriga tider räknas som lågtrafik. För de väglänkar som innehöll information om uppmätt flöde i form av årsmedeldygnstrafik (ÅDT), beräknades flödet per timme i hög- respektive lågtrafik via multiplikation med faktorerna i tabell 11. Vidare dividerades värdet med antalet körfält per väglänk. Flödesenheten blev då fordon per timme och körfält.

Tabell 10. Tider för högtrafik, övriga tider är lågtrafik (Vägverket, 1990).

	Centrum gator	Icke centrum gator
Vardag	16:00 - 18:59	07:00 - 08:59 15:00 - 16:59
Lördag	11:00 - 14:59	11:00 - 14:59
Söndag	13:00 - 18:59	12:00 - 14:59 17:00 - 17:59

Tabell 11. Andel per timme för hög- och lågtrafik respektive centrum och icke centrum gator (Jensen, 1997; Ekman, 2000).

	Centrum gator	Icke centrum gator
Högtrafik	8.64%	9.32%
Lågtrafik	3.41%	3.14%

Vidare grupperades väglänkarna in i tre flödesintervall för hög- respektive lågtrafik: mindre än 200 fordon per timme och körfält, mellan 200 och 700 fordon per timme och körfält, mer än 700 fordon per timme och körfält. Ytterligare en undergrupp utgjordes av de väglänkar som saknade flödesmätning. För gator med flödesmätningar har trafikflödet lagts in i databasen per timme (fordon/h * körfält) dels i högtrafik och dels i lågtrafik. Dessa klassades i flödesklass 1-3 enligt tabell 12. Bränsleförbrukningen på väglänkar med flödesmätningar kunde därmed differentieras beroende på aktuell trafikflödesklass. Indelningsgränserna baseras på tidigare forskningsresultat rörande vid vilka trafikflöden viktiga körmönsteregenskaper påverkas (Ericsson, 2000a; Brundell-Freij och Ericsson, 2005).

Tabell 12. Gruppindelning för trafikflöde.

Grupp	Indelningsspecifikation
0	Inga flödesmätningar utförda
1	≤ 200 fordon/h och körfält
2	200 – 700 fordon/h och körfält
3	≥ 700 fordon/h och körfält

6.1.3 Utplockning av körmönster samt beräkning av bränsleförbrukning

Från ISA-databasen togs körmönsterdata ut för varje vägklass (1-22, tabell 9). Parametrarna från databasen var: datum, klockslag, löpande tid, varvtal, hastighet, väglänkid och fordonsid. Fordonsid som tillhörde bussar utelämnades i sökningen då studien enbart behandlade personbilar. För att hålla den utvalda datamängden på en hanterlig nivå togs endast en viss del av den totala datamängden ut. Primärt söktes kördata ut från en vecka innan aktiveringen av den aktiva gaspedalen till den dagen på aktiveringen skedde. Vid de sökningar då en klass fick mindre än en timmes körning på klassens väglänkar ökades antalet dagar för sökningen. Översteg sökningens datamängd mer än 14 timmars körning per klass användes inte det överstigande materialet på grund av ohanterlig datamängd. Totalt användes 15 437 körmönster i analysen.

Den utplockade rådatan kördes igenom ett egenskrivet program som dels delade upp data i enskilda datafiler för varje körmönster och dels delade upp data efter hög- eller lågtrafiktid. I rådatan förekom ibland kortare avbrott i loggningen. Vid tidsglapp kortare än två sekunder ”lagades” körmönstret (hastighet och varvtal) genom en linjär interpolering mellan värdet innan och värdet efter. Var glappet längre än två sekunder användes inte körmönstret i analysen. Körmönstren bearbetades därefter med ett program som utförde en utjämning av eventuella mätfel genom lokalt viktad minsta-kvadrat-regression (kapitel 2.3.3).

Från utjämningsprogrammet kom färdiga körmönster ut som gick att läsa in i emissionsberäkningsprogrammen Veto och Vetess (kapitel 2.3.2) för att få ut bränsleförbrukningen.

Vetess används för beräkning av bränsleförbrukningen hos bilmodellerna Skoda Octavia och VW Polo 16V och Veto för en Volvo 940. Därmed representerades en diesebil samt en liten och stor bensinbil. Utifrån bränsleförbrukningen från dessa tre modeller skapades en ”medelbil” baserat på respektive bilkategoris fördelning i Sverige år 2003 (Bil Sweden, 2004).

Diesebil:	Skoda Octavia	4.7%
Liten bensinbil:	VW Polo 16V	38.6%
Stor bensinbil:	Volvo 940	56.7%

Bilar som kördes med ett annat drivmedel än diesel eller bensin utgjorde år 2002 mindre än 1% av det totala antalet bilar i Sverige (Bil Sweden, 2004) och togs därför inte hänsyn till i denna studie.

6.1.4 Analysmetoder

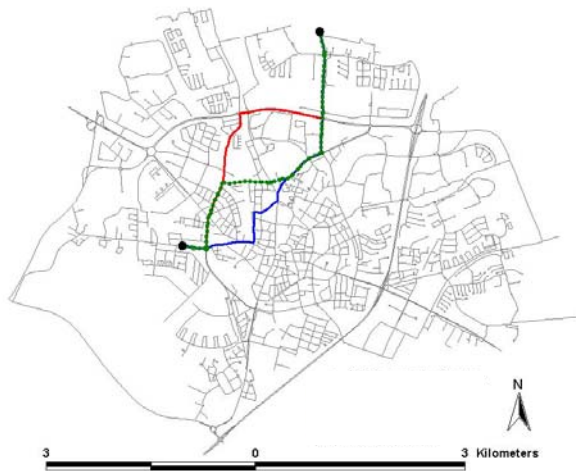
De 15437 körmönstren från utjämningsprogrammet kördes även genom programmet Parametrar (kapitel 3.3, samt Bilaga 1). Med nyckeln ”körningsid” (ett unikt nummer för varje körmönster) kopplades körmönsterparametrarna från programmet Parametrar och bränsleförbrukningen för de tre fordonen från emissionsprogrammen Vetess och Veto ihop. Därefter länkades denna information samman med kartan och därmed med flödesdatan för varje väglänk där det förekommit en körning (Axelsson och Ericsson, 2004).

Vidare beräknades den totala bränsleförbrukningen (l) för varje körmonster och för respektive biltyp. Varje körmonster klassificerades, enligt tabell 12, utifrån vilket trafikflöde som hade gällt då körningen gjordes utifrån uppgifter om ådt, tid på dygnet, och väglänkens egenskaper. Detta resulterade i 61 väglässer som delats upp efter flöde.

För att få ut det totala medelvärdet i bränsleförbrukning (l/fkm) för vart och en av de 61 väglässerna, dividerades den totala mängden bränsle i liter med den totala körsträckan från alla körningar inom klassen. Dessa 61 totala medelvärden kopplades till GIS-kartans attributtabell, uppdelat på hög respektive lågtrafik. För varje väglänk i kartan multiplicerades bränsleförbrukningen (l/fkm) med väglänkens längd (km) varpå varje väglänk fick en totalmängd bränsle i liter, den så kallade generaliserade bränslekostnaden. De väglänkar där uppgift om ådt saknades fick samma värde i både hög- och lågtrafik.

6.1.4.1 Skattning av bränslereduktion genom vägvalsoptimering med statistiska förhållanden

Hela resor inom Lunds tätort plockades ut slumpmässigt från ISA-databasen. En hel resa innebar här 1) från att motorn startar till att den stängs av alternativt körs in i eller ut ur tätorten, 2) att resan är längre än fem minuter lång och 3) att resans syfte var en resa mellan två punkter utan att köra en omväg för att t.ex. hämta upp någon. Det senare avgjordes genom att studera rutten som fordonet tog på kartan. I och med att det inte enbart var start- och målpunkterna för resan som bestämde om resan kunde ingå i analysen medförde det att varje resa krävde en del manuellt arbete. Vidare kunde GPS-positioneringens koppling till väglänken ibland vara felaktig alternativt vara avbruten i ISA-databasen varpå ytterligare manuellt arbete krävdes. Totalt plockades 109 hela resor ut från ISA-databasen av vilka 50 av dessa hade ett vägval som skiljde sig från ett vägval som var optimerat på bränsleförbrukning. Då resan på första och sista väglänken inte inbegrep hela väglänken plockades de bort så att analysen skulle vara jämförbar mellan verkligt vägval och vägval optimerat på bränsle, tid respektive sträcka. Genom att använda Dijkstras algoritm (Zhao, 1997) i GIS-programmet beräknades det bränslesnålaste, det snabbaste och det kortaste vägvalet mellan varje verklig resas start- och målpunkt för de 50 resorna, se exempel i figur 13.



Figur 13. Exempel på det snabbaste (röd linje), det närmaste (blå linje) och det bränslesnålaste (grön linje) vägvalet illustrerat i kartan. Det verkliga vägvalet var här samma som det snabbaste vägvalet.

Bränsleförbrukningen, tidsåtgången samt reslängden jämfördes mellan de olika vägvalen. Den totala bränsleförbrukningen för en resa (T) beräknas med ekvationen (1).

$$T = \sum_{i=1}^n (\text{länklängd}_{(i)} * \text{bränsleförbrukning}_{(i)}) \quad \text{Ekvation (1)}$$

där (T) är den totala bränsleförbrukningen för en resa i liter, (n) är antalet väglänkar under resan, (i) är väglänk; länklängden är i km och bränsleförbrukningen är i liter per fkm. För utförligare beskrivning hänvisas läsaren till artikel I (Ericsson et al., 2006).

6.1.4.2 Skattning av bränslereduktion genom vägvalsoptimering med realtidsdata från probbilar

Bränsleoptimeringen av vägval i den första delen i navigeringsstudien baseras på statistiska förhållanden för olika väglänkar samt flödesfördelningen mellan hög- och lågtrafikstider. I nästa steg beräknades även potentialen till bränslereduktion genom probbilsinformation om trafikförhållanden, t.ex. köbildningar och andra trafikstörningar, som tillfälligt skulle kunna öka bränsleförbrukningen på en specifik väglänk, så kallad dynamisk navigering. 284 fordon från ISA-databasen användes som fiktiv probbilsflotta, varav 120 av dessa bilarna skattades vara i drift samtidigt under försöksperioden. På vart och en av de 50 resorna som inte valt det bränslesnålaste vägvalet lades en fiktiv trafikstörning ut. Vilken väglänk trafikstörningen lades ut på baserades på sannolikheten för att en trafikstörning inträffar, se nedan. Vidare beräknades ett nytt vägval utifrån de nya förutsättningarna där det fanns en trafikstörning under resan. Genom att registrera om det fanns ett bränslesnålare vägval eller inte för de 50 resorna beräknades sannolikheten att det fanns ett annat mer bränsleoptimalt vägval då det inträffat en trafikstörning på en specifik väglänk samt hur mycket bränsle som eventuellt gick att spara. Slutligen skattades den totala sannolikheten att det sker en trafikstörning i Lund, att en probbil upptäcker trafikstörningen och att det finns ett annat mer bränsleoptimalt vägval.

För att skatta den totala bränslereduktionen genom vägvalsoptimering med probbilsinformation sattes fem studieområden upp: 1) definition av trafikstörning, 2) skattning av sannolikheten att en trafikstörning förekommer, 3) skattning av sannolikheten att en trafikstörning blir upptäckt av en probbil, 4) skattning av sannolikheten att det finns ett annat mer bränsleoptimalt vägval och 5) skattning av den totala potentialen av bränslereduktion genom att använda probbilsinformation i Lund.

Definition av trafikstörning

Tre kriterier sattes upp för att en företeelse skulle definieras som en trafikstörning: 1) företeelsen skulle vara relativt ovanlig och ligga utanför den "naturliga" variationen av företeelser i trafikmiljön, 2) företeelsen skulle innehålla en parameter som uppfattas som irriterande av föraren och 3) det skulle vara möjligt att beskriva extra bränsleförbrukningsåtgång utifrån en indikator på trafikstörningen. Flera parametrar, så som t.ex. medelreshastighet och medelstoppetid på olika specifika vägläsningsklasser, testades som indikatorer på trafikstörningar. För detta användes de 15 437 körmoder som plockats ut från ISA-databasen. Vid en jämförelse mellan den faktiska hastigheten på en väglänk och medelhastigheten för den valda väglänken gick det inte att urskilja någon tydlig gräns för när det förekom t.ex. en köbildning eller någon annan form av trafikstörning. Vidare testades parametern total stopptid (< 2 km/h) på en väglänk som indikator för när en trafikföreteelse klassas som trafikstörning genom att plotta stopptiden för varje körmoder uppdelat på respektive vägläsningsklass. Slutligen valdes total stopptid som indikator på en trafikstörning, med ett tröskelvärde att stopptiden skulle vara längre än 80 sekunder. Detta baserades på att 80 sekunders stopptid eller mer är ovanliga, att den skulle vara längre än omloppstiden för trafiksignalerna i Lund, att tidigare studier inom framför allt kollektivtrafik har visat på att stopptid i trafiken uppfattas som irriterande (Norheim och Ruud, 2002; Kjørstad, 1995; Berge och Amundsen, 2001) och att det är möjligt att kvantifiera ökningen i bränsleförbrukningen utifrån stopptid.

Skattning av sannolikheten att en trafikstörning förekommer på en resa, $P(t)$

Risken att det förekommer en trafikstörning på en väglänk skattades genom att beräkna förhållandet mellan förekomsten av trafikstörning för en vägläsningsklass och det totala antalet körmoder på vägläsningsklassen. Här användes de 15 437 körmoder som slumpmässigt plockats ut från ISA-databasen. Trafikstörning på lokala bostadsgator plockades bort med motiveringen att stopptiden sannolikt inte var kopplad till en trafikstörning utan snarare till att någon steg på eller av, föraren skapar rutorna medan motorn är igång etc. Skattade sannolikheter för trafikstörningar finns i tabell 2 i artikel I (Ericsson et al., 2006). Vidare beräknades den relativa risken för att en trafikstörning ska inträffa på de olika vägläsningsklasserna så att summan av sannolikheten för de olika vägläsningsklasserna blir ett. Detta för att ta fram på vilka vägläsningsklasser som trafikstörningar ska fördelas ut på för de 50 resorna. Storleken av extra utlagd tidsåtgång, pga. trafikstörning, beräknades genom att subtrahera medelstoppstiden där stoppen var längre än 80 sekunder med medelstoppstiden för respektive vägläsningsklass, tabell 2 i artikel I (Ericsson et al., 2006). Skattningen av sannolikheten att det förekommer en trafikstörning på en resa beräknades m.h.a. risken att det förekommer en trafikstörning på någon väglänk bland de 15 437 körmoder och den relativa frekvensen av trafikstörningar på olika gatutyper (exklusive

lokala bostadsgator) från de 50 resorna, ekvation (2). De 50 resorna bestod av 1 387 väglänkar (exklusive lokala bostadsgator inräknat).

$$P(t) = \frac{k * \sum_{i=1}^n (r_i * f_i)}{N} \quad \text{Ekvation (2)}$$

där P(t) är sannolikheten att en trafikstörning förekommer på en resa, (k) är antalet väglänkar för 50 resor exklusive lokala bostadsgator (1387), (n) är antalet väglänkar (22), (r_i) är risken att det förekommer en trafikstörning på väglänken (i), (f_i) är frekvensen av körningar på väglänken (i) för de (N) resor, (N) är antalet resor (50).

Skattning av sannolikheten att en trafikstörning blir upptäckt av en probbil, P(u)

På var och en av de 50 resorna fanns en trafikstörningslänk utlagd. Varje resa hade lagrad information om datum och tidpunkt. För att studera om det fanns en eventuell probbil som kunde larma om trafikstörningen användes hela ISA-databasens fordonsflotta, dvs. 284 fordon. En trafikstörning definierades som upptäckt om minst en probbil hade kört på den trafikstörda väglänken mellan 0 till 15 minuter innan resan startade. Sannolikheten att en trafikstörning blev upptäckt av en probbil beräknades därefter genom förhållandet mellan antalet upptäckta trafikstörningar dividerat med det totala antalet trafikstörningar.

Skattning av sannolikheten att det finns ett annat mer bränsleoptimerat vägval vid en trafikstörning, P(v)

Den extra bränsleförbrukningen, vid en trafikstörning på någon av de 50 resornas väglänkar, beräknades genom en regressionsanalys för förhållandet mellan bränsleförbrukningen och körd sträcka samt stopptid enligt ekvation (3). Data för analysen utgjordes av de 15 437 körmonstren för vilka även bränsleförbrukningen hade beräknats. α-parametern skattades till 0.905 liter per körd mil och β-parametern skattades till 0.000456 liter per sekund stopptid.

$$\text{Bränsleförbrukning} = \alpha * \text{körd sträcka} + \beta * \text{stopptid} \quad \text{Ekvation (3)}$$

där: α = 0.905 l/körd mil
 β = 0.000456 l/sek stopp

Den extra bränsleåtgången lades ut för de trafikstörda väglänkarna på de 50 resorna. Därefter kördes en ny vägvalsnavigering mellan de 50 start- och målpunkterna med optimering på bränsle. Beroende på om det fanns ett mera bränsleoptimerat vägval resulterade den nya simuleringen i antingen samma vägval med en ökad bränsleförbrukning eller ett nytt vägval. Skattningen av sannolikheten att det fanns ett annat mer bränsleoptimerat vägval vid en resa med trafikstörning beräknades genom förhållandet mellan antalet resor som fick ett nytt vägval och det totala antalet resor som studerades.

Skattning av den totala potentialen av bränslereduktion genom att använda probbilsinformation, PB

Skattningen av den totala potentialen av bränslereduktion, genom att använda probbilsinformation, baseras på sannolikheten att det sker en trafikstörning under resan,

sannolikheten att en probbil upptäcker trafikstörningen och sannolikheten att det finns ett annat mer bränsleoptimalt vägval. Vidare beräknades:

1) medelbränslereduktionen vid en resa där probbilsinformation givit ett nytt vägval i samband med en trafikstörning, BR.

2) den totala bränslereduktionspotentialen (BP) av probbilsinformation genom ekvation (4):

$$PB = P(t) * P(u) * P(v) * BR \quad \text{Ekvation (4)}$$

där

$P(t)$ = sannolikheten att en trafikstörning förekommer på en resa

$P(u)$ = sannolikheten att en trafikstörning blir upptäckt av en probbil

$P(v)$ = sannolikheten att det finns ett annat mer bränsleoptimerat vägval vid en trafikstörning

BR = medelbränslereduktionen vid en resa där probbilsinformation givit ett nytt vägval i samband med en trafikstörning.

3) medeltidreduktionen vid en resa där probbilsinformation givit ett nytt vägval i samband med en trafikstörning, TR.

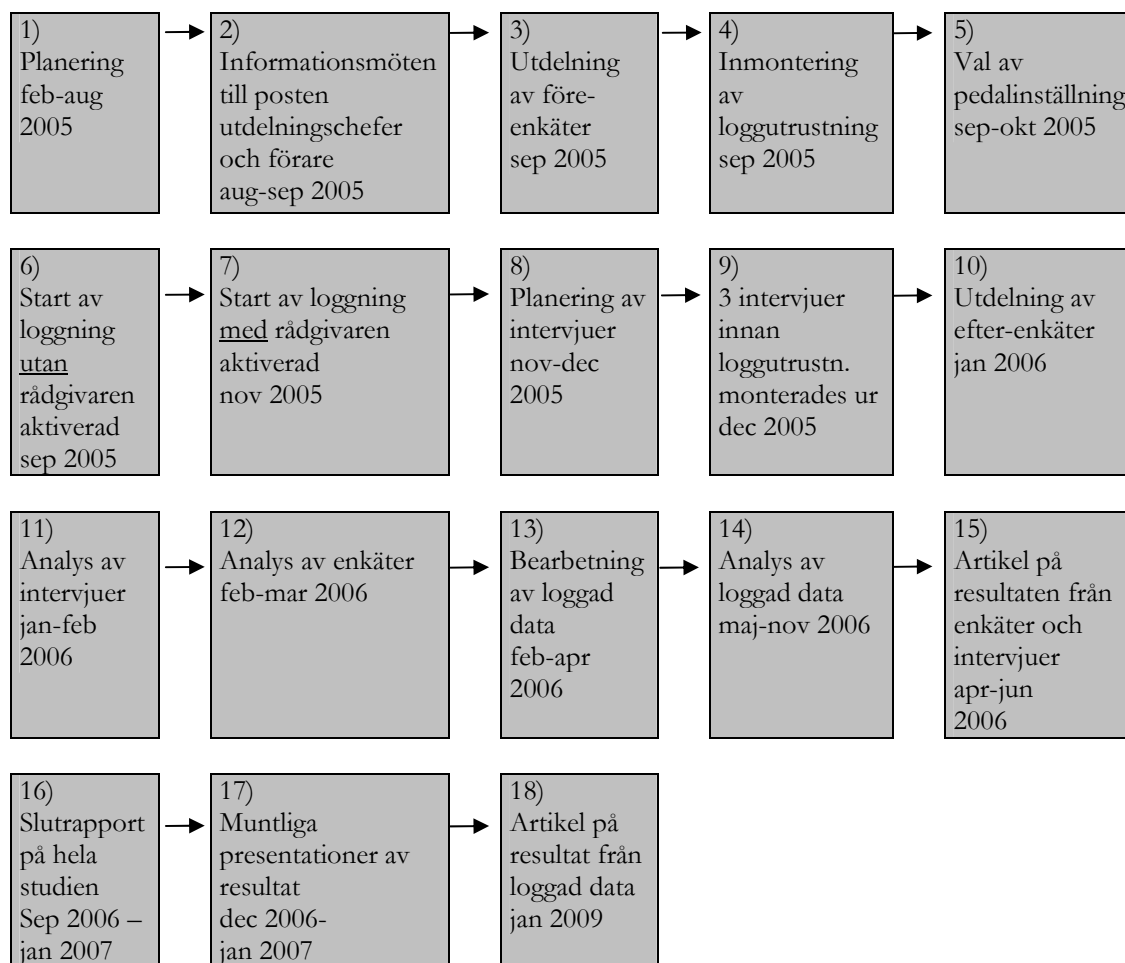
7 Accelerationsrådgivaren

I studien ARP (AccelerationsRådgivare Posten) var syftet att utvärdera om bränsleförbrukningen kan reduceras med ett stöd i form av en accelerationsrådgivare installerad i bilen. Vidare studerades om emissionerna CO, HC och NO_x påverkas av rådgivaren, hur körmönstret förändras samt hur testförarna har upplevt och använt accelerationsrådgivaren. Under körning gav accelerationsrådgivaren ett mottryck i gaspedalen vid kraftig acceleration. Mottrycket var endast rådgivande och gick att ”trampa igenom” om en högre acceleration krävdes. Utvärderingen skedde i samarbete med Posten AB och Imita AB. Accelerationsrådgivaren utvecklades av Imita AB och hade produktnamnet Traffic Budgeter.

I början av 2000-talet utbildades majoriteten av postens chaufförer i EcoDriving för att minska bränsleförbrukningen och därmed den totala bensinkostnaden. Vinsten var stor till en början men efter en tid föll förarna tillbaka till sin gamla körstil igen. Detta väckte frågan om vilka andra insatser eller hjälpmedel som fanns för att reducera bränsleförbrukningen, vilket ledde till att samarbetsprojektet ARP startades under våren 2005 mellan Posten AB, Lunds Tekniska Högskola Institutionen för Teknik och samhälle och Imita AB.

I tabell 13 visas en översiktlig struktur av projektets gång. Projektet startade under våren 2005 med planering och i augusti samma år deltog de berörda utdelningskontorens chefer och en del förare vid ett informationsmöte. I samband med mötet delades så kallade före-enkäter ut som vidare distribuerades av utdelningscheferna och skulle fyllas i av alla eventuella testförare. På två av utdelningskontoren gavs muntlig presentation om projektets upplägg, hur utrustningen fungerade och hur inloggning skulle gå till. Vidare monterades loggutrustning för registrering av körmonster in i fyra bilar i tre olika postdistrikt. Under denna period lånade jag en av testbilarna för att utföra mätningar som skulle leda fram till vilken inställning pedalmotståndet skulle ha. I mitten av september 2005 aktiverades loggningsutrustningen (utan att aktivera accelerationsrådgivaren) för att samla in körmonsterdata på hur bilarna kördes utan att rådgivaren var inkopplad. 6-8 veckor senare aktiverades rådgivaren och kördata fortsatte att loggas under ytterligare 6-8 veckor. Under slutet av loggningsperioden genomfördes tre intervjuer för att skapa en förståelse för hur förarna upplevde och använde sig av rådgivaren. Efter avslutad loggning skickades en enkät ut till alla som kört under testperioden. Loggad data bearbetades och vidare analyserades intervjuer och enkäter.

Tabell 13. Översiktlig projektplan



7.1 Analys av körmönster

7.1.1 Val av fordon

För att minska antalet påverkande faktorer installerades accelerationsrådgivaren enbart i postbilar av märket Renault Kangoo. Bilarna skulle vara bensindrivna, automatväxlade och med en 1.6 liters motor. Antalet testbilar valdes till fyra stycken med motiveringen att det dels inte fick vara för många bilar inblandade om problem med utrustningen skulle uppstå som därmed kunde störa produktionen och dels att det inte fick vara för få bilar så att mängden körddata med olika förare och olika uppdragstyper skulle bli för tunt. De distrikt som var med i studien var därmed valda utifrån att det skulle finnas en tillgänglig bil med de egenskaper som nämnts ovan, att alla typer av postuppdrag skulle finnas representerade i något av distrikten samt att både tätorts- respektive landsbygdskörning skulle ingå i de dagliga körturerna.

I denna studie togs enbart hänsyn till de effekter som kunde studeras under perioden då loggningsutrustningen satt i fordonet samt de svar som enkäter och intervjuer gav.

Långtidseffekter av accelerationsrådgivaren, som t.ex. möjliga effekter på bromsklossarna m.m., varken analyseras eller diskuteras.

7.1.2 Accelerationsrådgivarens uppbyggnad

Accelerationrådgivaren består av fyra olika delar: 1) CPU (Central Processing Unit) som hämtar kördata, bearbetar och analyserar data och skickar iväg instruktioner om vad som skall utföras till en mekanisk enhet, 2) en mekanisk enhet som genomför kommandon från CPU'n om när ett mottryck skall påbörjas eller avslutas, 3) en gaspedal och 4) en kontrollpanel.

För att utförligare beskriva accelerationsrådgivaren och dess inställningar är följande stycke direkt citerat från en funktionsbeskrivning av Traffic Budgeter, skrivet av Imita AB (2005). ”Den mekaniska delen av TB består av en mekanikenhet, som via en wire kopplad till gaspedalen ger ett mekaniskt motstånd vid en flyttbar distinkt tryckpunkt, vars läge regleras av utrustningens elektronikenhet. Genom att föraren vilar foten mot gaspedalens tryckpunkt kan fordonets acceleration och hastighet regleras av utrustningen. Föraren har dock alltid möjlighet att trycka förbi det mekaniska motståndet och är därigenom inte begränsad av utrustningen t.ex. i paniksituationer.

Den grundläggande regleringen av fordonets acceleration sker genom att tryckpunktens läge flyttas så att gaspedalen tillåts sjunka med en inställbar linjär hastighet. Denna hastighet är inställbar i nio steg. Under körning mäts dessutom fordonets acceleration kontinuerligt och multipliceras med en konfigurerbar konstant. Det erhållna värdet används sedan i regleringen för att ytterligare begränsa tryckpunktens förflyttning i nedåtgående riktning proportionellt mot uppmätt accelerationsvärde. För att ge föraren möjlighet att ge tillräckligt gaspådrag från stillastående utan att behöva trycka förbi det mekaniska motståndet finns möjlighet att justera tryckpunktens startläge. De två inställningsparametrarna benämns i följande kapitel som pedalhastighet (1-9 steg) och initialläge (1-9 steg).

7.1.3 Val av motstånd

För att välja inställningskombination av pedalhastighet och initialläge användes bränsleförbrukningsindikatorer samt en bedömning av när motståndet blev ”alltför” besvärande som skulle kunnat leda till att användandet av rådgivaren skulle minska. Av tidsskäl testades inte alla 9*9 inställningsmöjligheter. Istället valdes systematiskt 16 olika inställningskombinationer för att skapa en heltäckande bild av hur parametrarna samverkar, tabell 14. För varje vald kombination gjordes 4 till 6 körningar med hastighetsökningar från 0 till 60 km/h där gaspedalen låg på tryckpunkten men inte ”trampades igenom”. Större eller mindre motstånd i accelerationen orsakade av fysiska omständigheter undveks genom att testkörningarna gjordes på plant underlag utan hinder av övrig trafik eller hastighetsbegränsande åtgärder. Körningarna analyserades med körmönsterparametrar som tidigare visat på bränslereduktion, samt tidsåtgången som ett förenklat mått på förarens acceptans. Körningarna från de 16 inställningarna rangordnades och resultatet blev att inställningen med initialläge 4 och pedalhastighet 4 valdes (Larsson, 2007).

Tabell 14. 16 stycken inställningar valdes systematiskt ut. Första siffran i koden representerar pedalhastighetsinställningen och andra siffran initialläges inställning. Ett lågt värde innebär högt motstånd och ett högt värde innebär ett lågt motstånd.

Initialt läge Pedalhastighet	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2		22		24		26		28	
3									
4		42		44		46		48	
5									
6		62		64		66		68	
7									
8		82		84		86		88	
9									

7.1.4 Loggning av kördata

Under de totalt drygt 12 veckorna som bilarna loggades skulle föraren vid varje körning mata in 1) personligt id-nummer och 2) kod för vilken typ av uppdrag som skulle köras, tabell 15. I undersökningen fanns det inget syfte att undersöka någons specifika individs körstil eller bränsleförbrukning, men för att kunna kontrollera för personskillnader var det nödvändigt att loggningen mättes på individnivå, varpå varje förare skulle mata in ett eget personligt id-nummer.

Tabell 15. Uppdragskod

Kod	Typ av uppdrag
1	Närserviceuppdrag
2	Företagsbrevbäring
3	Brevlådetömning
4	Stadsbrevbäring
5	Lantbrevbäring
6	Buntkörning
7	Övrigt

Loggdata från körningarna var uppdelade i filer där filnamnet angav förar-id, uppdrags-id, registreringsnummer, unikt nummer för en hel resa och ett löpnummer. Varje fil innehöll kördata med tid, hastighet och varvtal som var loggat fem ggr/sek. Mätningen av hastighet registrerades lokalt i respektive bil och kalibrerades kontinuerligt mot en gps.

7.1.5 Bearbetning av kördata

Med hjälp av ett beräkningsprogram (Bratt och Ericsson, 1999) utfördes en utjämning av hastighetssekvenserna genom lokalt viktad minsta-kvadrat-regression (kapitel 2.3.3). För att beräkna körmönsterparametrar användes programmet "Parametrar" och för att beräkna bränsleförbrukning och emissionsfaktorer användes emissionsmodellen Veto. Veto-modellen

anpassades för en Renault Kangoo med 1.6 liters motor och automatisk växellåda och är verifierad för att modellera både bränsleförbrukning och emissionsfaktorer.

Under en postrunda skapas det vanligtvis flera körfiler. Under de flesta rundor stänger föraren av motorn någon gång för att t.ex. gå in och lämna eller hämta ett paket, och så länge föraren kodar in att det är en fortsättning på tidigare uppdrag vid nästa bilstart går det att summera bränsleförbrukningen för hela uppdragsresan. Totalt blev det 2 219 filer utan att accelerationsrådgivaren var aktiverad och 2 368 filer med accelerationsrådgivaren.

7.1.6 Analys

Analysen av körmönster gjordes på 4 nivåer. I första nivån (A) var alla körfiler med från alla tre postdistrikten samt alla uppdragstyper. Detta analysmaterial var inte sammanslaget till hela uppdrag utan varje körfil behandlas som en observation. En körfil innebar antingen att föraren hade stannat och stängt av bilen eller att loggningsutrustningen hade registrerat att bilen körts i en ny kartzon, vilket i sin tur ledde till att det skapades flera körfiler under ett uppdrag.

I andra nivån (B) gjordes analyserna på alla körfiler men de var uppdelade efter vilket distrikt de kommer från. Två av postdistrikten var stadsdelar i Malmö och ett postdistrikt var kopplat till ett större samhälle. Denna nivå skapades med motiveringen att acceptansen till accelerationsrådgivaren kan variera mellan distrikten och därmed i vilken grad förarna har följt rådgivaren.

I nästa nivå (C) har körfiler som tillhör samma resa slagits samman till hela uppdrag. För detta krävdes att förarna hade loggat in när de påbörjade ett nytt uppdrag vilket de gjort i två av distrikten.

I den sista nivån (D) analyseras tre specifika slingor där både föraren och körrundan var oförändrad mellan körtillfällena. De tre slingorna plockades ut genom att de var lika långa samt att de innehöll samma kombination av uppdragstyper. Slinga 1) var 5.4 mil lång och hade uppdragstypen stadsbrevbäring, slinga 2) var 6.3 mil lång och hade uppdragstypen lantbrevbäring och slinga 3) var 6.5 mil lång och hade uppdragstypen företagsbrevbäring.

Jämförelserna utan och med accelerationsrådgivare på de olika nivåerna är gjorda med t-test på medelvärden för bränsleförbrukning och kraftiga accelerationer ($>1.5 \text{ m/s}^2$). T-test utan och med accelerationsrådgivare är gjort för CO, NO_x, HC på nivå (A) och (D). Signifikansnivån, dvs. sannolikheten att en sann hypotes förkastas, valdes till $\alpha = 0.05$.

7.2 Enkäter

Under ett informationsmöte fick de berörda utdelningskontorens chefer information om projektet. I samband med mötet delades enkäter med id-nummer ut till utdelningscheferna som de sedan fick distribuera till de anställda som eventuellt skulle komma att köra någon av testbilarna. När loggningsperioden var slut delades ytterligare en enkät ut till alla som kört någon av testbilarna.

7.2.1 Framtagning av frågor

Frågorna i enkäterna var huvudsakligen av sluten karaktär, där uppbyggnad och designen till stor del var hämtad från ISA-projektets enkätstudie (Falk et al., 2002).

Det fanns fyra typer av frågor:

-
1. Frågor med svarsskala från (1)-(5), där (1) = mycket dåligt och (5) = mycket bra.
 2. Ja, nej eller "vet ej"-frågor
 3. Kryssa i ett eller flera alternativ-frågor
 4. Öppna frågor
-

I enkäterna delades frågorna in i tre delämnar: 1) bränsleförbrukning och utsläpp från biltrafik, 2) accelerationsrådgivare och 3) personliga uppgifter. Totalt hade före-enkäten 14 frågor, Bilaga 2, och efter-enkäten 10 frågor, Bilaga 3, varav flera av frågorna hade undersektioner med olika delfrågor.

7.2.2 Bearbetning

Den så kallade före-enkäten besvarades av 19 förare och efter-enkäten av 11 förare. Skillnaden mellan de båda enkäterna kan förklaras av att alla som fyllde i före-enkäten inte använde någon av testbilarna när de var installerade med accelerationsrådgivare. Enkäterna kodades in i ett Excel-dokument.

7.2.3 Analys

En av enkätstudiens frågor gick ut på att förarna fick svara på hur de trodde att åtta olika faktorer skulle påverkas vid körning med accelerationsrådgivare respektive hur de tyckte att det faktiskt upplevdes när de hade kört med AR. Med hjälp av Wilcoxon's rangsummetest utfördes en jämförelsestudie för att studera om det fanns någon statistiskt signifikant skillnad i hur förarna upplevde systemet efter att de kört med det inkopplat. 10 av de 11 efter-enkätsvaren kunde användas i testet, då det krävs att det är samma personer som har svarat på både före- och efter-enkäten.

7.3 Intervjuer

I utvärderingen av en accelerationsrådgivare gjordes tre intervjuer i slutet av mätperioden.

7.3.1 Planering

Detta kapitel tar upp den planering som gjordes innan intervjuerna utfördes. Kapitlet är uppdelat i intervjuguidens struktur, som beskriver hur guiden och frågorna har tagits fram, samt urval och antal intervjupersoner, som beskriver vilka intervjupersoner som valts ut och varför.

Intervjuguidens struktur

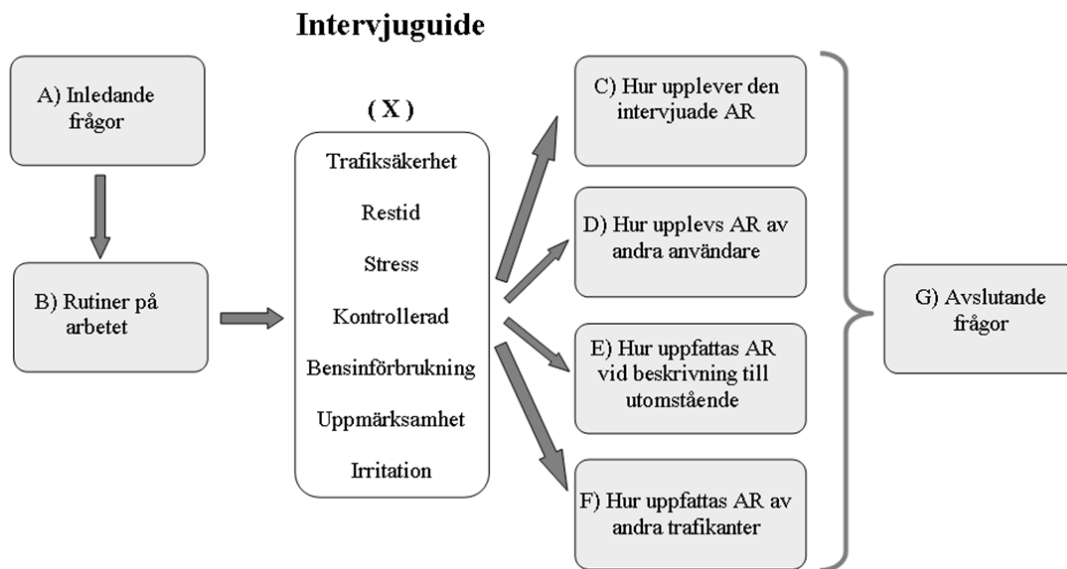
Vid planeringen av vilka frågor som skulle ställas vid intervjun utgick jag från delar av de frågeområden respektive svar från den så kallade "före"-enkäten. En av frågorna var:

Hur tror Du att följande faktorer kommer att ändras för Dig när Du kör med en accelerationsrådgivare inkopplad i en postbil?

- a) Restiden*
- b) Säkerheten i trafiken*
- c) Irritationen i trafiken*
- d) Stressen i trafiken*
- e) Upplevelsen att vara kontrollerad*
- f) Körglädjen i trafiken*
- g) Din uppmärksamhet i trafiken*
- h) Bensinförbrukningen*

där svarsalternativen var från 1 (*Minska mycket*) till 3 (*Oförändrat*) till 5 (*Öka mycket*). Svaren härifrån gav en indikation på vilka frågor som dessa förare trodde skulle ”förändra” sig mest och därmed ge en övergripande bild av hur tankarna hos testförarna såg ut innan försöket trädde ikraft. Enkäten visade att testförarna trodde att bränsleförbrukningen skulle ha störst förändring genom att minska, därefter kom följande faktorer i sjunkande ordning: upplevelsen att vara kontrollerad (öka), restiden (öka), körglädjen (minska), irritationen (öka), säkerheten (öka), stressen (öka) och din uppmärksamhet i trafiken (oförändrad).

Utifrån enkätsvaren utformades en övergripande intervjuguide, figur 14. Strukturen av frågorna var tänkta att till viss del ha karaktären av ”en riktat öppen” och till viss del av en ”halvstrukturerad”. Den riktat öppna intervjun innebär att forskaren söker efter en individs upplevelse av en företeelses kvaliteter samt ”*en sammanhangsbestämd kunskap om de kvaliteter som forskaren har fördefinierat*” (Lantz, 1993, sid 21). Applicerat på denna studie så är den riktat öppna strukturen grund för att beskriva upplevelsen av att köra med en accelerationsrådgivare. Till skillnad från den riktat öppna intervjuformen så innebär den halvstrukturerade formen att forskaren ”*söker kunskap om begreppens kvantiteter och eventuella relationer mellan begreppen*” (Lantz, 1993, sid 21) och var tänkt att användas för att ta reda på användandet av accelerationsrådgivaren. Valet av att blanda strukturgraden i intervjun medför att frågornas karaktär kan variera mellan att vara extremt öppna och börja med ”Berätta om” eller riktigt slutna frågor som t.ex. kan vara ledande för att få svar på en bestämd hypotes (Jacobsen, 1993).



Figur 14. Övergripande intervjuguide där block C, D, E och F är ur den intervjuade testförarens uppfattning angående frågeområdena under (X). AR står för accelerationsrådgivare.

Intervjuguiden beskriver upplägget av intervjun och börjar med några allmänna frågor, så kallade "bakgrundsvariabler" (Lantz, 1993), block (A) i figur 14, om anställningen vid posten och hur posten har utvecklats. Tanken var att frågor i början skulle få intervjupersonen att känna sig bekväm i situationen och prata om något välkänt men också att höra hur eventuella stora och små förändringar har tagits emot. Om synen på förändringar är positiv kan det vara tänkbart att en förändring i form av att köra med en accelerationsrådgivare i bilen tas emot lättare. Nästa block i intervjun handlade om rutiner i arbetet, block (B) i figur 14, för att få en bredare förståelse i vad yrket innebär, dvs. en grund att stå på innan frågorna om själva rådgivaren tas upp. Rutiner i arbetet innefattar bl.a. vilka körningstyper som intervjupersonen har, hur bilarna används och sköts, men också hur den sociala gemenskapen fungerar för att senare kunna fråga mer om huruvida accelerationsrådgivaren har diskuterats mycket. Nästa block (X) i guiden är frågeområden som ska appliceras på följande block: hur den intervjuade testföraren (DITF) upplevt accelerationsrådgivaren, block (C) i figur 14, hur accelerationsrådgivaren upplevs av andra användare enligt DITF, block (D), hur accelerationsrådgivaren uppfattats vid beskrivning till utomstående enligt DITF (E) och hur accelerationsrådgivaren har uppfattats av andra trafikanter enligt DITF, block (F) i figur 14. Frågeställningarna i dessa block är tänkta som indirekta frågor, dvs. till viss del kan de ge svar på vad andra tycker men det kan också vara en formulering för vad DITF tycker (Kvale, 1997). I det sista blocket ställdes avslutande frågor som hade till syfte att sammanfatta och avrunda intervjun.

Urval och antal intervjupersoner

Urvalet av vilka personer som skulle intervjuas var dels begränsat till de 19 testförare som har kört med accelerationsrådgivaren, dvs. ett kriteriumurval och dels valdes en urvalsgrund att minst en person från varje utdelningsdistrikt skulle intervjuas och den testföraren skulle ha kört bilen relativt mycket i förhållande till alla som har kört testbilen, dvs. ett strategiskt urval.

Det strategiska urvalet att välja minst en intervjuad från varje distrikt grundade sig i en hypotes att testförarnas åsikter inom ett distrikt färgas av varandra. Genom detta urval kan intervjuaren ge en mer mångsidig bild. För alla tre distrikten har testbilen körts till största del av en till tre personer. Kontakten med intervjupersonerna på respektive distrikt var utdelningscheferna och i samtliga fall valdes den person som han trodde hade kört testbilen vid flest tillfällen. Antalet som intervjuades slutade på tre personer. Att det inte blev fler intervjuer berodde på att det inte fanns tid inom ramen för studien.

7.3.2 Intervjutillfället

De tre intervjuerna ägde rum veckan innan jul och loggningsutrustningen var aktiverad för sista veckan, vilket innebar att förarna hade fått cirka 6 veckors erfarenhet av accelerationsrådgivaren. Innan intervjun började fick DITF ett informationsblad som kort beskrev syftet, upplägget av intervjun, att intervjun förväntades att ta cirka 45 minuter, vilka sekretessskyldigheter som fanns samt var de kunde nå mig om det skulle uppstå frågor efteråt. I samband med informationsbladet informerades DITF muntligt med de punkter som står i början av frågeformuläret och ett informerat samtycke gjordes där DITF godkände att intervjun spelades in på en bandspelare.

Under intervjuerna användes inte de färdigformulerade frågorna i den omfattning som var tänkt från början. Många av frågeområdena, som var planerade att ställas i ett senare sammanhang kom upp naturligt i ett annat delområde. Detta medförde att direktfrågor om specifika ämnen ibland inte behövdes ställas. Totalt tog respektive intervju dryga timmen.

7.3.3 Analys

Transkribering

Intervjuerna transkriberades ordagrant av mig från kassettband till textdokument. Då fokus i denna analys inte låg på hur något sades utan på vad som sades, dvs. inte en sociolingvistisk analys (Kvale, 1997), uteslöts nästan alla ljudinlägg i form av "Mm", "Äh" och "Hm". Varje intervju bidrog till mellan 19 till 20 sidors text där varje inlägg numrerades för att det skulle bli lättare att hitta i utskriften vid analysen.

Metod för analys

Tillvägagångssättet vid analysen skedde under flera steg. De tre intervjuerna skrevs ut och lästes igenom. 19 olika analysområden togs fram, främst hämtat från de teman som fanns i intervjuguiden, som sedan markerades i de utskrivna intervjuerna. Analysområdena klipptes ut och sorterades. Vidare lästes intervjuerna igenom igen för att upptäcka likheter och olikheter mellan de intervjuade personerna, hitta motsägelser och oväntade svar från individuella intervjuer samt försök till att hitta betydelsefulla eller återkommande ord utifrån syftet. Utifrån delvis gamla och delvis nya analysområden skapades en omfattande matris med områdena på y-axeln och respektive kortfattade intervjuuttalande på x-axeln. Detta var ett försök till en så kallad meningskoncentrering (Kvale, 1997). Matrisen delades in i användandet och upplevelsen av accelerationsrådgivaren samt en grupp för övrigt. Sist fylldes matrisen på med material från de 19 första analysområdena. Ur etisk och läsighetssynpunkt är valda citat i resultatdelen lätt redigerade men innebörden är kvar.

Del C - Resultat

8 Bränsleoptimerat vägval

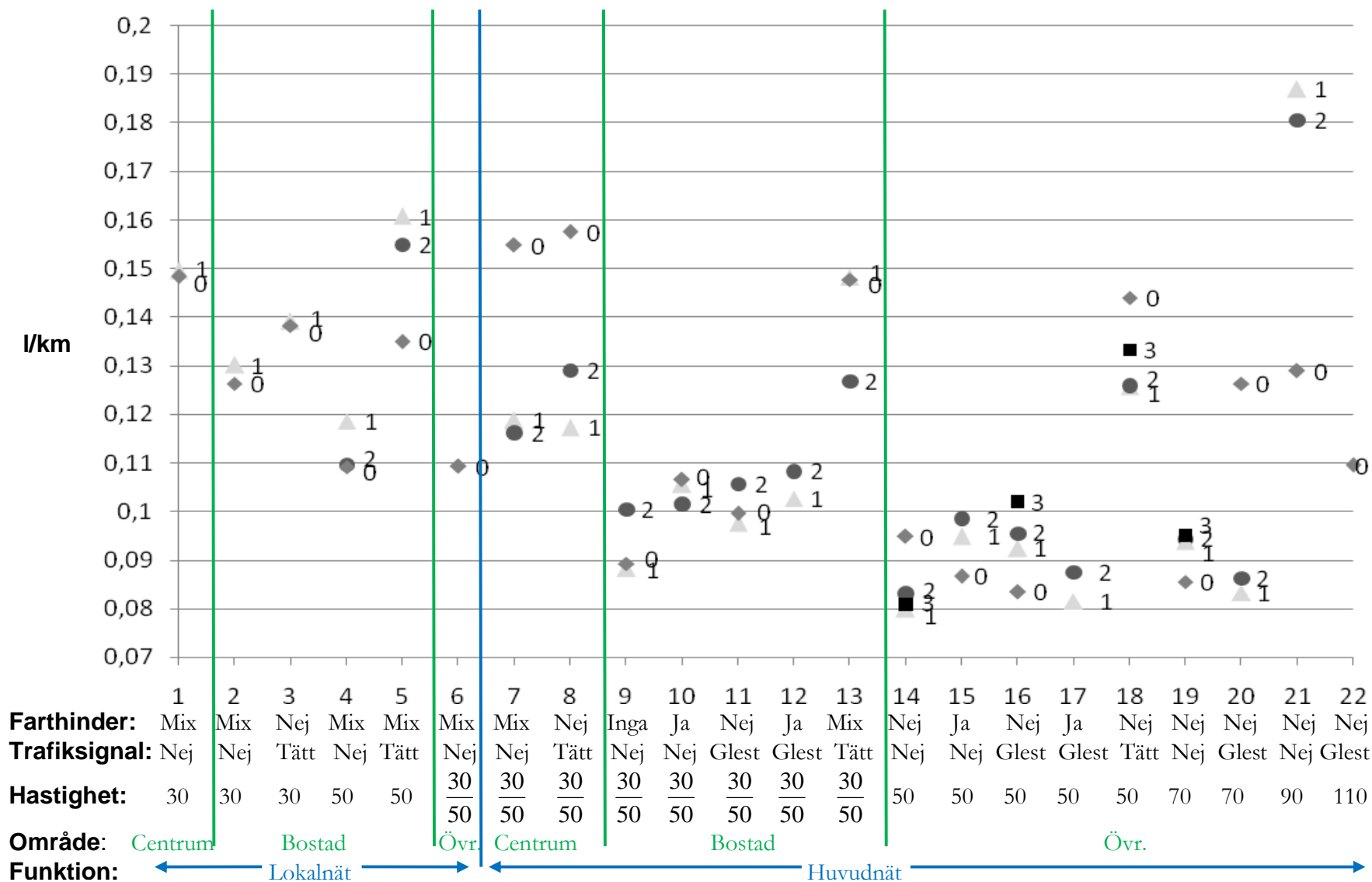
8.1 Klassificeringssystem

Lunds gatunät klassades in baserat på vägfunktion, områdestyp, hastighetsgräns, förekomst av signalreglerade korsningar, förekomst av hastighetsbegränsande åtgärder samt trafikflöde i hög- och lågtrafik. Till grund för denna klassning låg tidigare forskning som visat ha betydelse för bränsleförbrukningen (Brundell-Freij och Ericsson 2005; Smidfelt Rosqvist, 2003; Ericsson, 2000a; Smidfelt Rosqvist, 1998). Totalt resulterade denna indelning i 22 statistiska vägklasser som efter flödesindelningen blev 61 klasser. I figur 15 visas resultatet bränsleförbrukningen (l/fkm) för de 22 vägklasserna, uppdelade i flödesgrupperna 0 till 3 från tabell 12. Resultaten i figur 15 visar att lokalgator i alla typer av områden samt huvudgator lokaliserade i centrum generellt sett ger hög bränsleförbrukning. Vidare kan det utläsas att där det är tätt med trafiksignaler är det generellt sett högre bränsleförbrukning än på länkar med motsvarande vägförhållande utan tätt med trafiksignaler.

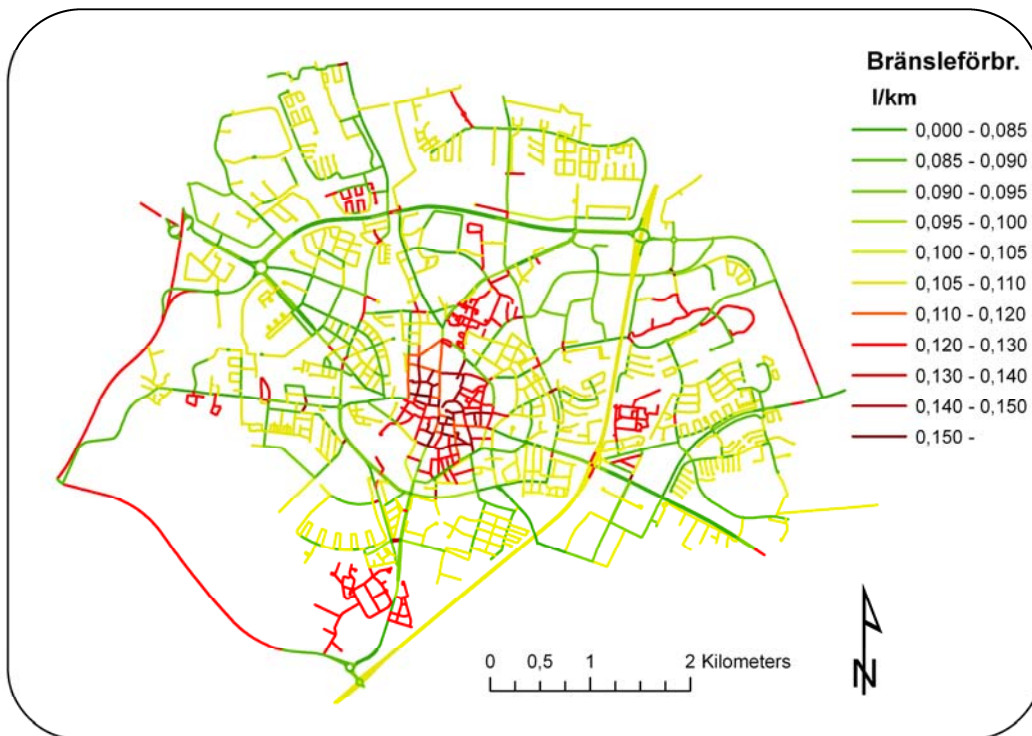
I figur 16 illustreras bränsleförbrukningen över Lund under lågtrafiktid baserat på de 61 klasserna. Figuren visar att bränsleförbrukningen är hög på t.ex. centrumgator där antalet interaktioner med andra trafikanter är stort. Angående klassificeringen av hastighetsgräns, förekomst av hastighetsbegränsande åtgärder samt trafikflöde i hög- och lågtrafik gick det inte att urskilja några tydliga samband i denna studie.

Det var generellt små skillnader i bränsleförbrukningen på olika gator under högtrafiktid jämfört med lågtrafiktid (Axelsson och Ericsson, 2004). Väglänkar med lägre utsläpp i högtrafik fanns främst på centrala gator. En hypotetisk förklaring till detta kan vara att ett högt trafikflöde på dessa gator skulle kunna innebära en lägre men jämnare hastighet. Detta på grund av att det är kortare sträcka mellan korsningar och andra "hinder", exempelvis övergångsställen, att det inte är lönt att accelerera upp vid högt flöde.

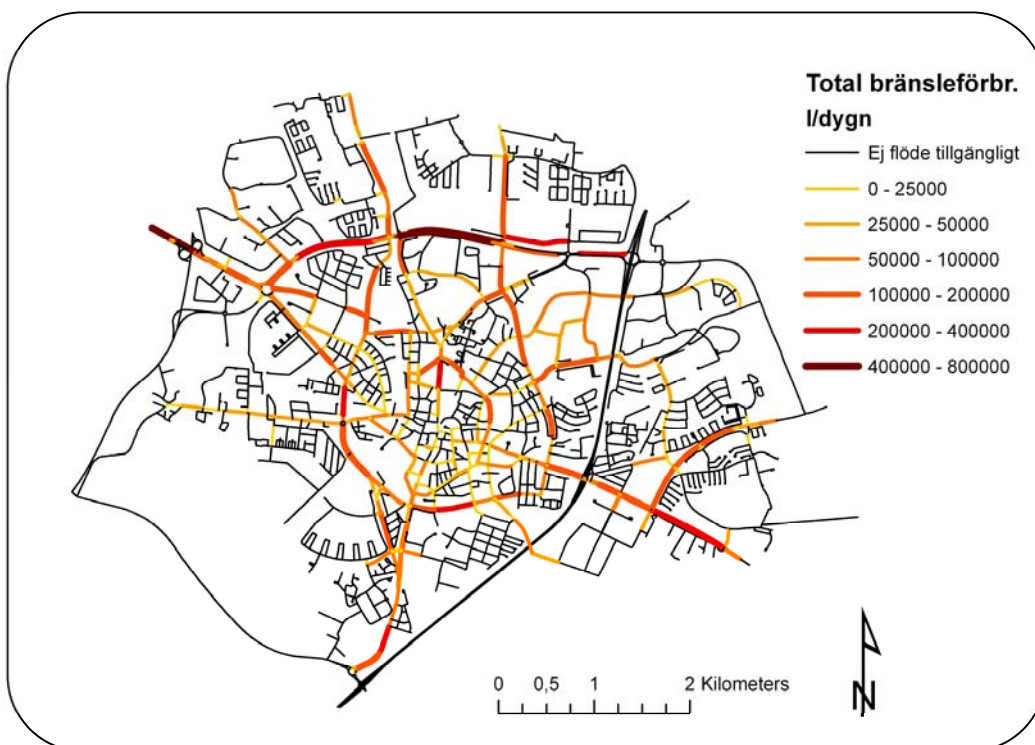
I figur 17 illustreras bränsleförbrukningen i liter per dygn för de väglänkar där trafikflöde fanns tillgängligt. För den totala bränsleförbrukningen (l) har både bränsleförbrukningen (l/fkm) och det totala trafikarbetet (fkm) avgörande betydelse. Detta framgår tydligt vid en jämförelse mellan figur 16 och figur 17 där exempelvis centrumgatorna har bland de högsta bränsleförbrukningsnivåerna (l/fkm) medan de totala nivåerna (l) är låga. Vice versa är det på ringleden norr om centrum där bränsleförbrukningen (l/fkm) är låg, figur 16, (i förhållande till centrumgatorna), men där det höga trafikarbetet (fkm) genererar en hög total bränsleförbrukning (l), figur 17.



Figur 15. X-axeln anger de 22 väglklasserna och y-axeln anger bränsleförbrukningen. Siffrorna 0 till 3 är trafikflödesklasserna från tabell 12 för de 22 väglklasserna.



Figur 16. Bränsleförbrukningen i l/km under lågtrafiktid.



Figur 17. Den totala bränsleförbrukningen l/dygn.

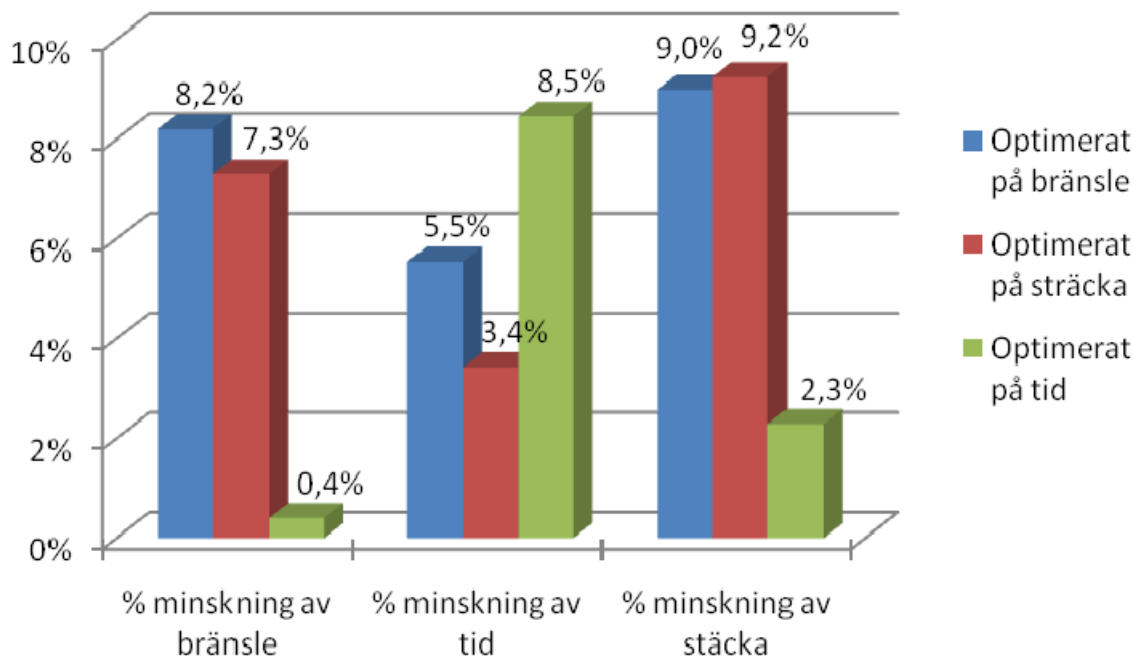
8.2 Skattning av bränslereduktion med statistiska förhållanden

Baserat på den bränsleförbrukning (l/fkm) som beräknats per väglänk i hög- respektive lågtrafiktid kunde den totala bränsleförbrukningen skattas för hela resor. Från ISA-databasen plockades 109 slumpvis utvalda hela resor ut. 50 av dessa resorna hade inte ett vägval som var samma som det bränsleoptimerade vägvalet, vilket motsvarar 46% av resorna. Räknat i total bränsleförbrukning skulle dessa 50 resorna kunnat spara i genomsnitt 8.2% bränsle, figur 18. Utslaget på de 109 resorna skulle en genomsnittlig bränslebesparing per resa bli 4.0%.

Vid en optimering efter kortaste sträckan kunde i genomsnitt 7.3% bränsle sparas för de 50 resorna i jämförelse med det verkliga vägvalet. Detta innebär att man kan minska sin bränsleförbrukning nästan lika mycket när man optimerar efter sträcka som efter bränsle (8.2% i jämförelse med 7.3%), figur 18. Motsvarande bränslereduktion optimerat efter tid blev 0.4%, vilket är försumbart i sammanhanget.

Den procentuella tidsvinsten för de 50 resorna vid en optimering på bränsle blev 5.5%, vid en optimering på sträcka blev den 3.4% och vid en optimering på tid blev den 8.5% i jämförelse med verkligt vägval, figur 18. Detta betyder att även restiden gynnas av att navigera efter det bränslesnålaste vägvalet.

Den procentuella minskningen i längd för de 50 resorna i jämförelse med verkligt vägval blev relativt snarlik när optimeringen gjordes för bränsle respektive för sträcka, figur 18. Reslängden förkortades ungefär 9% i genomsnitt vid optimering på bränsle och sträcka medan sträckan endast kortades 2.3% när optimeringen baserades på tid.



Figur 18. Procentuell minskning av bränsle, tid och sträcka i jämförelse med verkligt vägval för de 50 resorna.

8.3 Skattning av bränslereduktion med probbilsinformation

För att beräkna den totala potentialen av bränslereduktion PB, genom att inkludera realtidsinformation från probbilar om var det förekommer trafikstörningar vid vägvalsnavigering, multiplicerades $P(t)$, $P(u)$, $P(v)$ och BR, ekvation 4.

- Skattning av sannolikheten att en trafikstörning förekommer på en resa i Lund, $P(t)$, blev 2.7%. Detta beräknades genom förhållandet mellan förekomsten av trafikstörning för en vägklass dividerat med det totala antalet körningar på vägklassen.
- Skattning av sannolikheten att en trafikstörning blir upptäckt av en probbil, $P(u)$, blev 26%. Detta beräknades genom förhållandet mellan antalet upptäckta trafikstörningar dividerat med det totala antalet trafikstörningar.
- Skattning av sannolikheten att det finns ett annat mer bränsleoptimerat vägval vid en trafikstörning, $P(v)$, blev 76%. Detta beräknades genom förhållandet mellan antalet resor som fick ett nytt vägval dividerat med det totala antalet resor som studerats.
- Medelbränslereduktionen vid en resa med probbilsinformation, givet ett nytt vägval, i samband med en trafikstörning, BR, blev 7.6%.

Skattning av den totala potentialen av bränslereduktion genom att använda probbilsinformation om var det förekommer trafikstörningar, PB, gav en bränslereduktion på 0.04%, ekvation 4.

Medeltidreduktionen vid en resa där probbilsinformationen givit ett nytt vägval i samband med en trafikstörning, TR, blev 15%.

8.4 Slutsatser av potentialen av ett navigeringssystem för bränsleoptimerat vägval

Klassificeringen av Lunds tätorts vägnät visade att vägklasser med:

- hög täthet av signalreglerade korsningar ger hög bränsleförbrukning i jämförelse med vägklasser med motsvarande förhållanden utan tätt med signalreglering,
- lokalgator tenderar att ge högre bränsleförbrukning jämfört med huvudgator,
- huvudgator lokaliserade i centrum tenderar att ge hög bränsleförbrukning jämfört med övriga huvudgator och
- förekomst av hastighetsbegränsande åtgärder påvisade inga generella tendenser till högre eller lägre bränsleförbrukning i jämförelse med vägklasser med motsvarande förhållanden utan hastighetsbegränsande åtgärder.

Klassificeringen visade generellt på små skillnader i bränsleförbrukningen på olika gator under högtrafiktid jämfört med lågtrafiktid. Vidare gick det inte att utläsa några tydliga skillnader i bränsleförbrukning för de olika hastighetsindelningarna.

Den totala potentialen av bränsleoptimerad navigering utan probbilsinformation visade att 46% av resorna i Lund inte hade ett bränsleoptimalt vägval. På dessa resor skulle man kunna spara i genomsnitt 8.2% bränsle, vilket innebar 4% bränslebesparing utslaget över alla resor. De resor som inte hade ett bränsleoptimalt vägval, skulle dessutom sparat 5.5% i tid om de optimerat på bränsle. Optimering efter kortaste sträcka resulterade i nästan lika stor bränslebesparing som optimering efter total bränsleförbrukning, däremot var optimering efter sträcka inte lika positiv ur tidssynpunkt.

Skattning av den totala potentialen av bränslereduktion, genom att använda probbilsinformation beträffande var det förekommer trafikstörningar, gav en bränslereduktion på 0.04%. Detta är en försumbar bränslebesparing. Sannolikheten att det sker en trafikstörning på en resa i Lund skattades till 2.7% och att denna trafikstörning sedan upptäcks av en probbil skattades till 26%.

9 Accelerationsrådgivaren

Under loggningsperioden har testbilarna gått mellan totalt 230 – 460 mil. Fördelningen mellan utan och med accelerationsrådgivare var jämt fördelad. Bränsleförbrukningen och emissionsfaktorerna är framtagna från emissionsmodellen Veto, anpassad för den aktuella bilmodellen Renault Kangoo.

9.1 Skattning av bränslereduktion

I detta avsnitt redovisas hur accelerationsrådgivaren har påverkat bränsleförbrukningen baserat på de fyra analysnivåerna (A) – (D) (analysnivåerna beskrivs utförligare i kapitel 7.1.6):

-
- A. alla körfiler från alla distrikt,
 - B. alla körfiler uppdelade på distrikt,
 - C. sammanslagna körfiler till hela uppdrag och
 - D. analys som baseras på tre specifika slingor.
-

Bränsleförbrukning på nivå (A), (B) och (C) visade inte någon statistiskt signifikant skillnad ($p < 0.05$) vid körning med accelerationsrådgivaren. En anledning till att det inte gav någon effekt skulle kunna vara att förarna helt enkelt inte har följt rådgivningen och trampat igenom motståndet. Vid analys av andelen tid med kraftig acceleration ($> 1.5 \text{ m/s}^2$) framgår dock en statistiskt signifikant skillnad, dvs. andel tid med kraftig acceleration har minskat när rådgivaren är installerad, tabell 16. På nivå (D) visar slinga 1) en statistiskt signifikant bränslereduktion medan slinga 2) och 3) inte gör det. Samtliga slingor på nivå (D) har minskat andelen tid med kraftiga accelerationer, tabell 16.

Tabell 16. Bränsleförbrukning samt andel tid med kraftiga accelerationer utan och med accelerationsrådgivare på nivå (A), (B), (C) och (D). *= $p<0.0$., **= $p<0.01$ och ***= $p<0.001$

Analysnivåer	Antal körmonster		Bränsleförbrukning (l/fkm)		% tid med kraftig acc. (% sek)	
	Före	Efter	Utan/Med rådgivare	Sig.	Utan/Med rådgivare	Sig.
Nivå (A) Alla filer	2219	2368	0.116/0.118	-	2.8/1.7	***
Nivå (B)						
Distrikt 1)	1318	1210	0.111/0.115	-	2.5/1.9	***
Distrikt 2)	784	985	0.123/0.122	-	3.4/1.4	***
Distrikt 3)	117	173	0.118/0.121	-	2.9/2.1	***
Nivå (C)						
Närserviceuppdrag	5	13	0.095/0.099	-	1.1/1.4	-
Företagsbrevbäring	38	36	0.106/0.107	-	2.6/1.0	***
Brevlådetömning	2	1	-	-	-	-
Stadsbrevbäring	60	51	0.113/0.119	-	2.4/1.4	***
Lantbrevbäring	30	31	0.102/0.103	-	5.0/1.8	***
Buntkörning	41	52	0.098/0.097	-	2.0/0.5	***
Övrigt	6	0	-	-	-	-
Nivå (D)						
Slinga 1)	27	30	0.134/0.129	***	3.0/1.8	***
Slinga 2)	17	31	0.102/0.103	-	5.9/1.9	***
Slinga 3)	18	17	0.101/0.104	-	2.1/1.6	*

9.2 Skattning av emissionsreduktion

Utvärderingen av huruvida accelerationsrådgivaren reducerar emissionerna HC, CO och NO_x gjordes m.h.a. att jämföra emissionsfaktorerna (g/fkm) utan och med rådgivaren aktiverad.

Från ett emissions perspektiv visade resultaten på att accelerationsrådgivaren inte gav någon statistiskt signifikant minskning på nivå A där alla körfiler var med i analysen, tabell 17. En jämförelse mellan utan och med rådgivaren gjordes även på nivå (D), dvs. för de tre slingorna. Här visade resultaten att slinga 1) och slinga 2) reducerade både HC, CO och NO_x statistiskt signifikant, tabell 17. Kopplingen mellan höga accelerationer och ökade halter av NO_x och HC har observerats i flera tidigare studier (Ericsson, 2001; Johansson et al., 2003; Jost et al., 1995), vilka innebär att en minskad andel tid med kraftiga accelerationer borde minska utsläppet av dessa ämnen.

Tabell 17. Emissionerna HC, CO och NO_x utan och med accelerationsrådgivare på nivå (A) och (D).
 *=p<0.05, **=p<0.01 och ***=p<0.001

	HC (g/fkm)		CO (g/fkm)		NO _x (g/fkm)	
	Utan/Med rådgivare	Sig.	Utan/Med rådgivare	Sig.	Utan/Med rådgivare	Sig.
Nivå A) Alla filer	0.093/0.095	-	2.48/2.50	-	0.24/0.24	-
Nivå D) Slinga 1)	0.116/0.108	***	3.12/2.94	***	0.28/0.27	***
Slinga 2)	0.074/0.068	***	2.19/1.86	***	0.22/0.20	***
Slinga 3)	0.077/0.080	-	2.07/2.06	-	0.21/0.21	-

9.3 Hur påverkades körmönsterparametrarna?

Tidigare studier har visat att kraftiga accelerationer ($>1.5\text{m/s}^2$) ger en ökad bränsleförbrukning och emissionsfaktor (Ericsson, 2001). I utvärderingen av accelerationsrådgivaren har de kraftiga accelerationerna minskat statistiskt signifikant på samtliga analysnivåer. Att framför allt bränsleförbrukningen trots det uppvisar ett nollresultat visar på komplexiteten för hur olika körmönsterparametrar kan påverkas av respektive samvariera med varandra. Genom att studera körmönsterparametrar görs försök till att förklara varför bränsleförbrukningen och emissionsfaktorerna endast minskade för slinga 1). De körmönsterparametrar som studerades på analysnivå (A) och (D) utan och med accelerationsrådgivare var: andel stopptid, andel tid i sju olika hastighetsintervall, medelhastigheten, rpa, andel tid i fem olika retardationsintervall och andel tid i fem olika accelerationsintervall, tabell 18.

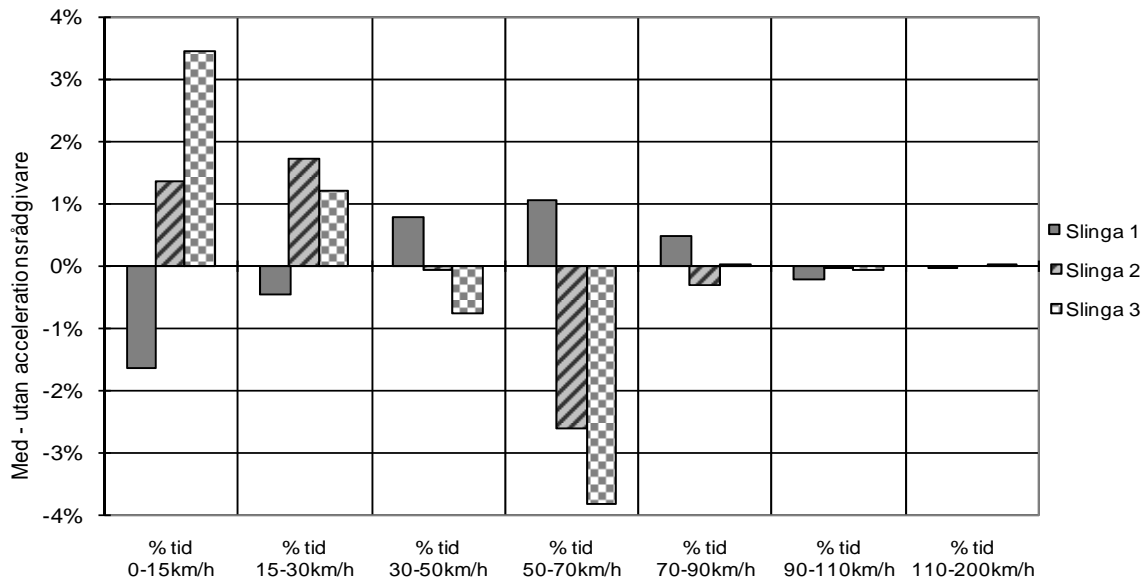
I tabell 4 finns en sammanställning över vilka körmönsterparametrar som enligt Ericsson (2001) tidigare har visat statistiskt signifikant effekt på en ökad bränsleförbrukning. Vid en jämförelse mellan dessa körmönsterparametrar och de värden som beräknats för slinga 1) hade samtliga parametrar ändrats i linje med vad som minskar bränsleförbrukningen. För slinga 1) hade andel stopptid minskat, andel tid med kraftiga accelerationer ($>1.5\text{m/s}^2$) hade minskat ($p<0.05$), rpa hade minskat ($p<0.05$), andel tid i hastighetsintervall 50-70 km/h hade ökat ($p<0.05$) och andel tid i hastighetsintervall 70-90 km/h hade också ökat ($p<0.05$), tabell 18. Det vill säga alla körmönsterparametrar för slinga 1) som var beräknade och som tidigare visat påverka bränsleförbrukningen gick i reducerande riktning. Vid analys på alla körfiler samt för slinga 2) och 3) gick inte alla de viktigaste körmönsterparametrarna i samma riktning som för slinga 1). Andel stopptid ökade något, andelen tid i hastighetsintervallen 50-70 km/h minskade statistiskt signifikant och andelen tid i hastighetsintervallet 70-90 km/h minskade något för slinga 2). I figur 19 visas förändringen i andel tid i de sju olika hastighetsintervallen mellan utan och med accelerationsrådgivare för slinga 1), 2) och 3), dvs. andel tid med accelerationsrådgivare minus andel tid utan accelerationsrådgivare. Förändringen av andelen tid i olika hastighetsintervall för slinga 1) utmärker sig tydligt i jämförelse med slinga 2) och 3) genom att vara riktad åt motsatt håll i samtliga hastighetsintervall upp till 90 km/h.

Tabell 18. Beräknade körmönsterparametrar utan och med accelerationsrådgivare för analysnivå (A) med alla filer och analysnivå (D) slinga 1), 2) och 3).
 *= $p < 0.05$, **= $p < 0.01$ och ***= $p < 0.001$

Körmönsterparameter	Nivå A) Alla filer			Slinga 1)			Slinga 2)			Slinga 3)		
	Utan	Med	Sig.	Utan	Med	Sig.	Utan	Med	Sig.	Utan	Med	Sig.
% Stopptid (>2 km/h)	11.8%	12.5%	*	10.6%	10.0%		12.1%	12.5%	-	14.5%	16.2%	-
% Tid, 0–15 km/h	35.1%	37.3%	*	53.3%	51.7%	*	30.6%	31.9%	-	36.6%	40.0%	-
% Tid, 15–30 km/h	24.2%	25.5%	-	28.6%	28.2%	-	19.3%	21.0%	***	24.6%	25.8%	-
% Tid, 30–50 km/h	26.8%	26.1%	-	10.3%	11.1%	*	28.0%	27.9%	-	27.7%	26.9%	-
% Tid, 50–70 km/h	10.9%	8.3%	***	4.5%	5.6%	***	17.7%	15.1%	***	10.3%	6.5%	*
% Tid, 70–90 km/h	1.9%	2.1%	-	2.5%	3.0%	*	4.1%	3.8%	-	0.4%	0.4%	-
% Tid, 90–110 km/h	0.9%	0.7%	*	0.8%	0.5%	*	0.4%	0.3%	-	0.2%	0.2%	-
% Tid, 110–200 km/h	0.1%	0.1%	-	0.0%	0.0%	-	0.0%	0.0%	-	0.1%	0.2%	-
Medelhastighet km/h	27.3	25.8	-	19.0	19.9	**	31.1	29.7	*	25.0	23.1	-
Rpa	1.34	1.29	**	1.54	1.45	*	1.49	1.38	*	1.07	1.05	-
% Tid, ret. >2.5 m/s ²	0.4%	0.3%	***	0.5%	0.3%	*	0.4%	0.2%	***	0.2%	0.1%	*
% Tid, ret. 2.5–1.5 m/s ²	3.1%	2.7%	***	6.3%	5.9%	-	5.0%	4.0%	-	1.8%	1.6%	-
% Tid, ret. 1.5–1.0 m/s ²	5.0%	5.0%	-	7.4%	7.4%	-	6.8%	6.5%	-	3.8%	3.9%	-
% Tid, ret. 1.0–0.5 m/s ²	10.5%	11.0%	-	11.4%	11.5%	-	11.7%	11.6%	-	10.0%	10.2%	-
% Tid, ret. 0.5–0 m/s ²	30.6%	30.6%	-	22.2%	22.8%	-	28.0%	27.5%	-	34.4%	33.4%	-
% Tid, acc. 0–0.5 m/s ²	30.8%	30.5%	-	24.7%	24.6%	-	23.6%	25.2%	-	34.1%	33.3%	-
% Tid, acc. 0.5–1.0 m/s ²	10.9%	12.3%	***	15.1%	15.6%	-	10.9%	13.9%	***	9.6%	10.2%	-
% Tid, acc. 1.0–1.5 m/s ²	5.6%	5.7%	**	9.5%	10.1%	*	7.6%	9.2%	***	4.1%	4.2%	-
% Tid, acc. 1.5–2.5 m/s ²	2.6%	1.6%	***	3.0%	1.8%	***	5.8%	1.9%	***	2.0%	1.6%	-
% Tid, acc. >2.5 m/s ²	0.2%	0.2%	-	0.1%	0.0%	*	0.1%	0.0%	***	0.1%	0.1%	-

ret. = retardation

acc. = acceleration



Figur 19. Förändringen i andel tid i sju olika hastighetsintervall mellan utan och med accelerationsrådgivare för slinga 1), 2) och 3).

9.4 Hur användes och upplevdes accelerationsrådgivaren?

Det primära syftet vid utvärderingen av accelerationsrådgivaren var att studera hur accelerationsrådgivaren påverkar körmönstret och bränsleförbrukningen. I detta ingår att analysera användningen av accelerationsrådgivaren som en del av förarens efterlevnad till systemet, figur 12. Om inte systemet används som det är planerat eller inte efterföljs blir inte resultaten de avsedda. Vidare var det även viktigt att studera hur föraren upplevde rådgivningen bl.a. som underlag för en eventuell nationell satsning för Posten AB. Utifrån före- respektive efterstudien med enkäter samt tre intervjuer studerades hur testförarna har använt och upplevt accelerationsrådgivaren under testperioden.

Användning

För att besvara frågan hur accelerationsrådgivaren har använts på de tre utdelningskontoren har främst material från intervjuerna analyserats.

Svaret på frågan om testförarna har efterlevt rådgivningen eller trampat igenom motståndet har en avgörande betydelse för den totala utvärderingen av förarstödet. Några tydliga generella drag om när ett genomtramp skedde är svårt att ge men några intervju svar indikerade på att genomtramp oftast skedde när föraren kände sig osäker på trafiksituationen, kände att han/hon inte ville hindra andra trafikanter eller hade bråttom. Exempelvis skedde ofta genomtramp i samband med att DITF (den intervjuade testföraren) skulle svänga ut på en trafikerad väg eller vid omkörning. Det framkom också tendenser till att om avståndet mellan stoppen är kort, kändes det inte lönt att trampa igenom motståndet.

Följande citat exemplifierar när genomtramp sker men också problematiken i att tolka ett motsägelsefullt resultat från en kvalitativ studie (I=intervjuare och DITF=den intervjuade testföraren).

Tidigt under intervjun:

- (I) *Den här accelerationsrådgivaren, har den varit en stor förändring?*
(DITF) *Svar nä, jag ignorerade den efter en vecka, det kan jag säga med en gång.*
(I) *Ignorera?*
(DITF) *Ja, den fanns där inte, jag trampade igenom, det gick inte att köra med den. De flesta hävdar att det är en trafikfara helt enkelt. Man vill gärna smita ut, ibland står man dumt när man är ute och kör brevlådetömning. Ibland är det mycket trafik och man vill bara smita ut i en lucka för att komma vidare, om man då trampar på gaspedalen och den börjar sega sig och de kommer ikapp bakom och hänger sig på tutan för att man helt plötsligt bara är ivägen. Man måste ibland smita ut och följa med trafiken och det går inte när den är där om man ska följa den som den är. Så att vad jag har hört så trampar nog de flesta igenom för att flyta med. Jag försökte den första veckan att köra efter hur man ska accelerera men det blev ett irritationsmoment.*

Lite senare under intervjun:

- (I) *Så det är när du ska ut på en trafikerad gata som du trampar igenom.*
(DITF). *Ja, precis.*
(I) *Om det inte skulle vara så mycket trafik, trampar du igenom då också?*
(DITF) *Nä, det gör jag inte, det är bara när det behövs om jag säger så, annars finns det ingen anledning. Du vet, jag har kanske tjugofem trettio meter mellan lådorna så det är ingen idé att trampa igenom där.*

Under senare delen av intervjun:

- (I) *Hur mycket tror du att resultatet påverkas efter hur mycket man har följt accelerationsrådgivaren?*
(DITF) *Hur då menar du? Om jag hade kört hela tiden efter den?*
(I) *Mm*
(DITF) *De flesta har nog kört efter den, för de har inte tänkt på att man kan trampa igenom, så de flesta har nog följt den.*

Anledningen till det motsägelsefulla svaret om huruvida de flesta har följt rådgivaren kan ha flera förklaringar. I och med den ledande frågan, under den senare delen av intervjun, kan det uppstått en förståelse hos DITF om svårigheten att avgöra effekten av rådgivningen. Vad som inte framgår i dessa citat, men som framgick under intervjun, var att DITF trodde att bränsleförbrukningen skulle öka alternativt bli oförändrat vid körning med accelerationsrådgivaren. Andra förklaringar till de motsägelsefulla citaten kan vara att i början ville DITF klart och tydligt lägga fram sina åsikter om accelerationsrådgivaren och därmed kanske överdrev något, eller kan det ha varit så att DITF ville avsluta intervjun och tänkte att det var detta intervjuaren ville höra?

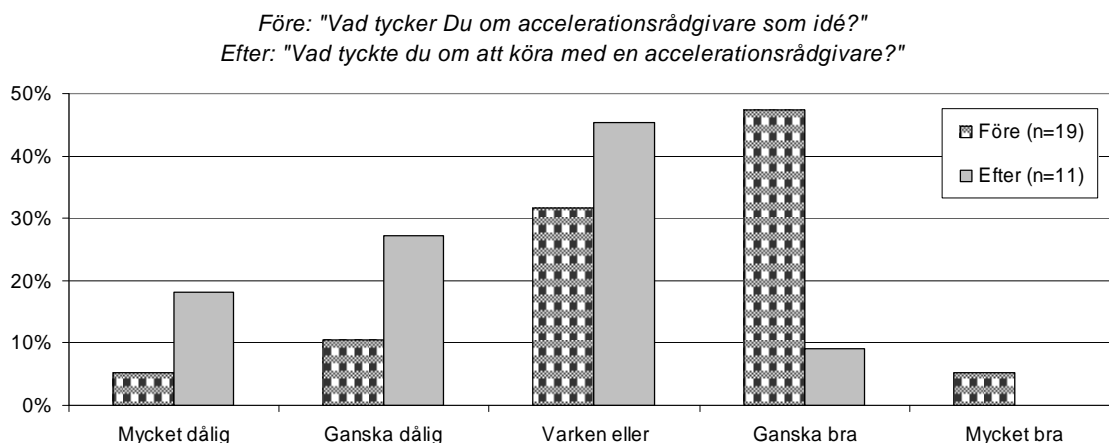
För DITF som hade sina uppdrag på landsbygd, i villakvarter eller i nybyggnadsområden kändes inte problemet igen med att accelerationsrådgivaren var svår att följa när de skulle

svänga ut. Följande citat är hämtat från DITF som körde mestadels på landsbygd: ”När det har varit situationer då man har behövt accelerera så tycker jag att det har varit fullt tillräckligt, så det har inte hindrat mig alls.” En hypotes från detta är att genomtrampning vanligtvis sker i samband med hög trafikbelastning.

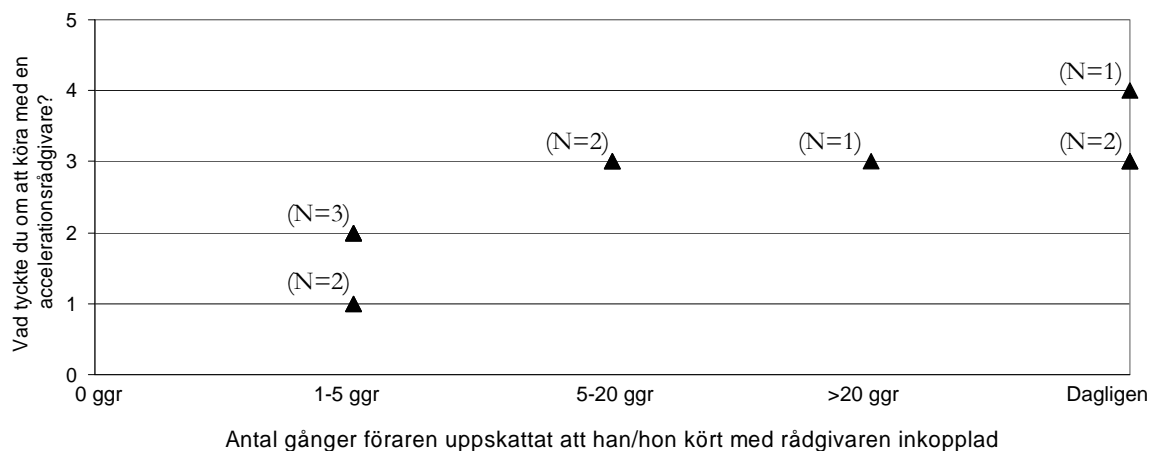
Upplevelse

Resultaten för att beskriva upplevelsen av att köra med en accelerationsrådgivare är hämtade från före- respektive efterenkätundersökningen samt från de tre intervjuerna.

Resultat från enkätstudiens före-frågor visade på att den generella uppfattningen om att köra med en accelerationsrådgivare var ”varken eller” eller ”ganska bra”, figur 20. Efter loggningsperioden var attityden mindre positiv och hade minskat från ett medelvärde på 3.37 till 2.45 där 1=mycket dåligt, 2=ganska dåligt, 3=varken eller, 4=ganska bra och 5=mycket bra. Vid en parvis analys, som inkluderade enbart de förare som svarat på både före- och efterenkäten, så var 3 av 10 svar oförändrade och 7 av 10 svar var mindre positiva vid efterenkäten. Dock, vid en jämförelse mellan vad förarna tyckte generellt om att köra med en accelerationsrådgivare och hur ofta de har kört med någon av testbilarna under perioden när rådgivaren var aktiverad visade på att det fanns en tendens till att de som kört ofta var mer positiva till systemet än de som bara testat rådgivaren någon gång, figur 21.



Figur 20. Enkät svar där testförarna fick svara på en generell fråga om vad de tyckte om accelerationsrådgivaren före respektive efter loggningsperioden.



Figur 21. Förhållandet mellan attityden till accelerationsrådgivaren och antalet gånger föraren hade kört med systemet. På y-axeln betyder 1=Mycket dåligt, 2=Ganska dåligt, 3=Varken eller, 4=Ganska bra och 5=Mycket bra. (N=11)

En av enkätstudiens frågor gick ut på att förarna fick svara på hur de trodde att åtta olika faktorer skulle påverkas vid körning med accelerationsrådgivare respektive hur de tyckte att det faktiskt upplevdes när de hade kört med accelerationsrådgivare. Föreenkäterna för de åtta faktorerna visade att förarna trodde att restiden skulle öka, trafiksäkerheten, irritationen och stressen skulle förbli ganska oförändrad, upplevelsen av att känna sig kontrollerad skulle öka, körglädjen skulle minska, uppmärksamheten skulle bli oförändrad och bränsleförbrukningen skulle minska. Med hjälp av Wilcoxons rangsummetest utfördes en jämförelsestudie för att studera om det fanns någon statistiskt signifikant skillnad i hur förarna upplevde systemet efter att de kört med rådgivaren inkopplad. Av de åtta faktorerna var det endast trafiksäkerhet (minskat) och bränsleförbrukning (ökat) som visade på en statistiskt signifikant skillnad ($p < 0.1$).

En av de åtta faktorerna som skulle beskriva upplevelsen av att köra med accelerationsrådgivaren var huruvida tidsåtgången förändras med eller utan en accelerationsrådgivare. Upplevelsen från intervjupersonerna skiftade mellan att tiden ökar eller att den förblir oförändrad. En förklaring till dessa skillnader kan vara att föraren inte märkt av rådgivningen pga. en körstil där accelerationsrådgivaren sällan ingriper eller att föraren trampat igenom ofta. Om testföraren trampar igenom ofta borde inte någon skillnad uppstå i tidsåtgång, likaså om man vid normal körning inte accelererar upp snabbt så är det rimligt att tidsåtgången upplevs oförändrad. Om testföraren i normala fall brukar accelererar upp snabbt och nu följt rådgivaren kan det förväntas att han/hon upplevt att tidsåtgången har ökat. Resultaten från enkätstudien visade dock att det var något fler förare som tyckte att restiden kändes oförändrad, snarare än att restiden ökade, efter att de kört med accelerationsrådgivaren.

Hur accelerationsrådgivaren har upplevts beror till stor del på utifrån vilken situation föraren är försatt i när han/hon känner av att motståndet i gaspedalen träder in. Från en intervju framkom att rådgivningen kunde upplevas seg och som ett irritationsmoment i vissa situationer. Ur ett körperspektiv upplevde en annan intervjuperson att körningen blev mjukare, citat nedan (I=intervjuare och DITF=den intervjuade testföraren):

- (I) *Hur tror du uppfattningen skulle vara om man förstörde projektet?*
 (DITF) *Genom att sätta in en accelerationsrådgivare i alla Postens bilar?*
 (I) *Ja.*
 (DITF) *Det är alltid motstånd till nya grejer. Möjligtvis lite motstånd i början men jag tror att efter ett tag så har de vant sig vid det, plus att de ser att när de väl kör märker de att det blir en mjukare körning.*

Ur stressynpunkt så upplevde ingen av de intervjuade på en direktfråga att de blev stressade till följd av accelerationsrådgivaren. Detta är en aning förvånande eftersom beskrivningen av accelerationsrådgivaren var t.ex. ”trög”, ”seg” och ”bromsande”. I en intervju uttryckte snarare DITF att accelerationsrådgivaren var positiv för stressnivån. Därmed inte sagt att det inte är stressande för någon. Enligt enkäterna hade stressfaktorn ökat när accelerationsrådgivaren var installerad jämfört med vad förarna trodde innan de testat systemet. Av de 11 förare som svarade på efterenkäterna tillhörde en stor andel något av Malmödistrikten, dvs. något av de distrikt där många uppdrag körs på vägar med hög trafikbelastning varpå det skulle kunna förklara en ökad stresskänsla.

9.5 Slutsats av effekten av accelerationsrådgivaren

Analyserna av körmönsterparametrar visade att andelen tid med kraftiga accelerationer ($>1.5 \text{ m/s}^2$) hade minskat statistiskt signifikant, vilket kan tolkas som att testförarna av accelerationsrådgivaren har följt systemet. Baserat på alla körningar utan och med accelerationsrådgivaren gick det dock inte att påvisa någon statistiskt signifikant skillnad i bränsleförbrukning eller för emissionerna CO, HC och NOx. Däremot visade analysen att för en specifik körslänga av tre minskade bränsleförbrukningen statistiskt signifikant och samtliga analyserade emissioner minskade för två av körslängorna. För slängan där bränslet reducerats hade andel stopptid minskat, andel tid med kraftiga accelerationer ($>1.5 \text{ m/s}^2$) hade minskat statistiskt signifikant, rpa hade minskat statistiskt signifikant, andel tid i hastighetsintervall 50-70 km/h hade ökat statistiskt signifikant och andel tid i hastighetsintervall 70-90 km/h hade ökat statistiskt signifikant. Dessa körmönsterparametrar har i tidigare studie (Ericsson, 2001) visat på en bränslereducerande effekt. En förklaring till varför bränsleförbrukningen inte minskade statistiskt signifikant baserat på samtliga körmönster skulle kunna vara att kraftiga accelerationer inte ensamt minskar bränsleförbrukningen. Potentialen till en bränslereduktion beror också på förarens normala körstil. För förare som ofta använder kraftiga accelerationer och regelbundet når en högre hastighet till följd av den kraftiga accelerationen borde det finnas en bränslebesparingspotential.

Vid en jämförelse mellan vad förarna tyckte generellt om att köra med en accelerationsrådgivare och hur ofta de har kört med någon av testbilarna under perioden när rådgivaren var aktiverad visade på att det fanns en tendens till att de som kört ofta var mer positiva till systemet än de som bara testat rådgivaren någon gång. Från intervjuerna framkom att faktorer som påverkar hur accelerationsrådgivaren efterlevs var t.ex. trafikbelastningen, avstånd mellan stopp och kunskap om förarstödet.

Del D - Diskussion och slutsats

10 Diskussion

För att minska det totala trafikarbetet, och därmed den totala bränsleförbrukningen och emissionerna från transporter, krävs åtgärder på både strategisk, taktisk och operationell nivå. Att använda ett tekniskt stöd till föraren om var, när eller hur ett fordon bör framföras i trafikmiljön är framför allt en åtgärd på operationell nivå, dvs. den nivån när det redan är bestämt att en resa kommer att utföras och med vilket färdmedel. Från litteratursökningen samt från den egna utvärderingen av två förarstöd framgår att det finns goda möjligheter att använda förarstöd med syfte att påverka körstilen och vägvalet för att minska den totala bränsleförbrukningen och emissionerna. Idag finns det endast ett fåtal förarstöd på marknaden som har detta som primärt syfte. De flesta förarstöd som är under utveckling eller som finns på marknaden är utformade i säkerhetssyfte, även om en bieffekt i många fall är att de också minskar bränsleförbrukningen och emissionsfaktorerna.

Flera studier har visat att körstilen går att påverka för att minska sin bränsleförbrukning. Vid exempelvis utbildning i sparsam körstil minskar bränsleförbrukningen omkring 10% i direkt anslutning till utbildningen. Problemet är dock att få föraren att ändra sin körstil på lång sikt och hålla kvar reduktionen. För detta påstår jag att det i många fall krävs både motivation hos föraren och kontinuerlig feedback. Genom ett förarstöd som kontinuerligt förmedlar visuell, audiell eller taktill feedback om önskad körstil eller önskat vägval samt att stödet ges i rätt tid och på ett korrekt sätt kan en ökad motivation uppnås hos föraren. Dock krävs det fortsatt forskning på både på hur förarstödet ska vara utformat för att minska den totala bränsleförbrukningen och emissionerna men också hur föraren bäst uppnår hög efterlevnad. Vidare vore det spännande att på längre sikt integrera förarstöd som inte enbart agerade på den operationella nivån utan även på den taktiska, t.ex. ett system som visar alternativa färdmedelsval i realtid.

Som tidigare nämnts kan man tänka sig två typer av förarstöd som skulle kunna hjälpa föraren att minska den totala bränsleförbrukningen och/eller emissionerna. Antingen system som hjälper föraren genom att anpassa körstilen eller genom val av väg. Vid anpassning av körstilen är det framförallt en anpassning till fordonet och vägmiljön för att i varje situation få lägsta möjliga bränsleförbrukning (l/fkm) respektive emissionsfaktor (g/fkm). Oavsett vilket vägval som görs kan körstilen optimeras för att minska bränsleåtgången och emissionerna. Vid optimering av vägval är det en optimering för hela resan, dvs. kombinationen av olika väglänkar, som den totala bränsleförbrukningen och emissionen optimeras efter. För optimering av bränsleförbrukning för en hel resa är det därmed en kombination av förarens körstil i olika trafikmiljöer och vägvalet som är viktigt.

I figur 12 beskrivs *förarstödet potential* och *förarens efterlevnad av förarstödet* som två grundfaktorer att utgå från när man skattar den totala effekten av ett förarstöd med syfte att reducera bränsleförbrukningen och/eller emissionerna. Vid skattningen av den totala effekten i form av bränslereduktionen för bränsleoptimerat vägval har enbart förarstödet potential studerats. Det vill säga, det har inte gjorts några analyser om huruvida framtida förare faktiskt skulle följa det vägval som en navigator räknar ut som det bränslesnålaste vägvalet. Det är troligt att efterlevnaden skulle kunna bli hög, särskilt om miljömedvetenheten ökar och det finns ett ekonomiskt incitament i att kunna minska sin bränsleförbrukning. Vid en skattning av den

totala effekten av ett förarstöd med syfte att optimera efter det bränslesnålaste vägvalet behövs därför ytterligare studier av stödets efterlevnad.

För att skatta accelerationsrådgivarens totala effekt studerades både förarstödet potential och förarnas efterlevnad till rådgivaren. Potentialen skattades genom att jämföra bränsleförbrukningen och emissionsfaktorerna utan och med rådgivaren aktiverad. Efterlevnaden analyserades med intervjuer, före- och efterenkäter samt genom att studera hur körmönsterparametrar förändrades utan och med accelerationsrådgivaren. Enligt Lees och Lee (2007) är det viktigt att stöd till föraren ges både vid rätt tid och ges korrekt. Dessa faktorer borde vara avgörande för tilltron till ett förarstöd, vilket i sin tur medför i vilken utsträckning som systemet efterlevs. Vad gäller förarens efterlevnad till accelerationsrådgivaren framkom det att körmönsterparametern *andel tid med kraftiga accelerationer* hade minskat statistiskt signifikant på samtliga analysnivåer. Detta kan tolkas som att testförarna har följt stödet, men det visar inte i vilken utsträckning eller i vilka situationer som det efterlevts. Från intervjuer med tre testförare framkom tendenser att efterlevnaden till accelerationsrådgivaren varierade efter flera faktorer, t.ex. trafikbelastningen (om det var ett högt trafikflöde trampades motståndet igenom oftare), avstånd mellan stopp (kort mellan stoppen medförde färre genomtramp) och kunskap om förarstödet (om föraren tänkte på att det gick att trampa igenom motståndet). Huruvida accelerationsrådgivaren gav feedback som gavs i rätt tid kan diskuteras. Eftersom rådgivningen är fix, i betydelsen att den t.ex. inte känner av att det är ett högt trafikflöde i trafikmiljön runtomkring, kan feedbacken ses som att den inte är rätt i tid. Ett sätt att kringgå detta problem skulle kunna vara att accelerationsrådgivaren var förprogrammerad att inte ge lika stort motstånd i gaspedalen under högtrafiktider. Å andra sidan var accelerationsrådgivaren avsett att användas för att minska bränsleförbrukningen varpå en avvägning mellan systemets utformning och att uppnå hög acceptans måste göras för att systemet ska efterlevas men också ge en så stor effekt som möjligt. Vidare kan man konstatera att om föraren inte vågar köra ut på en trafikerad väg, pga. rädslan att inte hinna upp i ”rätt” hastighet tillräckligt snabbt och därmed öka risken att bli påkörd bakifrån, kan den totala stopptiden öka vilket är en parameter som i sig medför ökad bränsleförbrukning. I vilken utsträckning accelerationsrådgivarens råd är korrekta i Lees och Lee’s mening (2007) kan tolkas på två sätt. Om stödet är ”korrekt” kan tolkas som att stödets hård- och mjukvara fungerar som avsett. Korrekthet kan också tolkas som att stödet skall ge den förväntade effekten, t.ex. minskad bränsleförbrukning. Med denna tolkning är det svårare att säga något om förarens efterlevnad till följd av korrektheten eftersom föraren inte direkt kan avgöra om bränsleförbrukningen minskar.

10.1 Bränsleoptimerat vägval

Från ISA-databasen plockades körmönster ut i väglklasser baserat på faktorer som påverkar bränsleförbrukningen. För detta användes information om hur gatunätet såg ut vid den tiden, dvs. mellan åren 1999 och 2001. I gatunätet råder det dock ständigt ombyggnationer och tillfälliga omskyltningar av exempelvis hastigheter, vilket medförde att en länks väglklass kunde variera under dessa år. Utplockningen av körmönster baserades på en allmän klassning varpå enskilda körmönster inte nödvändigtvis stämmer med väglklassen.

Under projektets gång gjordes flera omklassningar och sammanslagningar av väglklasser, t.ex. när antalet körningar i en klass blev för litet för att representera en väglklass. Om det är få väglänkar i en väglklass är det viktigt att dessa gator har mycket trafik för att minska risken att de körmönster som används inte bara representeras av en eller ett fåtal bilar och förare. En klass med få väglänkar skulle kunna medföra att resultatet påverkas i alltför hög grad av t.ex. att en av väglänkarna låg vid en jourbutik där många ofta stannar till och mycket folk gick över gatan. Om så är fallet finns det en osäkerhet för att körmönstret kan ge ett missvisande resultat som inte är representativt för den väglklassen. Bränsleförbrukningen i figur 15 gäller för väglklassen och inte för enskilda gator. Detta innebär därför att det är viktigt att bränsleförbrukningen för de 61 klasserna tolkas i relation till varandra och inte som absoluta värden.

För bränsleförbrukningen och därmed CO₂-utsläppet är det den totala mängden som är avgörande för miljöpåverkan så som växthuseffekten, medan för t.ex. NO_x och HC vilka är skadliga ur hälsosynpunkt är det koncentrationerna och därmed var de släpps ut som påverkar skadeverkningsen. Från figur 16 och 17, som beskriver bränsleförbrukningen i l/fkm respektive den totala bränsleförbrukningen (l/dygn) på de delar av vägnätet det fanns tillgång till flödesmätningar, framgår att framförallt väglänkar med höga trafikflöden ger upphov till stor total bränsleförbrukning. Dessa vägar hade med undantag för väglklass 18 relativt sett låg bränsleförbrukning mätt i l/fkm. En slutsats av detta är att en minskning av total bränsleförbrukning främst kan uppnås genom en reduktion av trafikarbetet exempelvis via ändrade resmönster. Sekundärt kan den totala bränsleförbrukningen även minskas genom att begränsa trafikarbetet på de väglklasser som har den högsta bränsleförbrukningen, då dessa väglklasser har störst effekt per fordonskilometer. Exempel på sådana väglklasser är samtliga gator i lokalnätet samt huvudgator i centrum. Fortsatt begränsning av biltrafik exempelvis i centrum och i lokala bostadsområden är därmed att eftersträva. Det är dock viktigt att på olika sätt bevara en hög tillgänglighet till butikerna i centrum så att kunder inte väljer att åka till externa köpcentra istället vilka endast nås med bil och därigenom öka trafikarbetet.

Vid beräkningen av bränsleförbrukning för respektive väglklass som delats upp efter flöde användes ett medelvärde av hur fördelning av stora bensinbilar, små bensinbilar och dieslbilar såg ut för hela landet. Bilparken i Lund kan sett annorlunda ut i jämförelse med Sverige i stort. Det bör också noteras att olika bilmodeller reagerar olika på olika körstilar varpå det hade varit en fördel om ett större antal modeller ingått i studien för att beräkna medelbränsleförbrukningen.

För att skatta potentialen för bränsleoptimerat vägval användes verkliga körningar i Lund, dvs. både vid framtagning av bränsleförbrukning för olika väglklasser och för att studera förarens verkliga vägval. Försökspersonerna i ISA-studien var ovetande om att deras körmönster och vägval skulle studeras ur ett bränsleperspektiv vilket jag ser som en fördel då det annars kan vara svårt att avgöra hur mycket deras körstil och vägval skulle ha påverkats.

Den totala potentialen för bränslebesparande navigering utan probbilar gav en bränslereduktion på i genomsnitt 4%. Om man jämför detta värde med den bränslevinst som långtidseffekten från Ecodriving har visat på, dvs. 4.6-7% beroende på studie (Trivector Traffic AB, 1999; Johansson och Karlsson, 2008; Koucky & Partners Miljökonserter, 2004), är det en tillräckligt stor bränsle- och därmed miljövinst för att fortsätta utveckla produkten. Flera navigeringsföretag har uttalat intresse av framtida samarbete att utveckla produkten i större skala. Vid en sådan satsning i verklig trafikmiljö vore det intressant att studera hur många som, och hur ofta man använder sin navigator; hur många som skulle välja alternativet "det bränsleoptimala vägvalet" framför det närmaste eller det snabbaste vägvalet och hur stor bränslebesparing det skulle bli? I en framtida utveckling av bränsleoptimerad navigering är det även viktigt att kontinuerligt utvärdera och uppdatera bränsleförbrukningen för olika väglklasser. Exempelvis hade det i kuperade städer varit intressant att inkludera väglutning i klassningen.

Andra analyser som skulle vara intressanta är att studera hur emissionsfaktorerna för CO, HC eller NO_x hade sett ut för de olika väglklasserna, hur vägvalet hade påverkats om navigeringen skulle optimerats efter emissioner och hur olika körmönsterparametrar varierat för olika väglklasser.

Vad gäller den totala potentialen för bränsleoptimerad navigering som inkluderar dynamisk trafikinformation från probbilar var potentialen mycket liten i Lund. En bränslebesparing på endast 0.04% i genomsnitt. En anledning till denna låga siffra var bland annat att trafikstörningar som företeelse är ganska ovanliga i Lund, den skattade sannolikheten att det skulle förekomma en trafikstörning under en resa i Lund var 2.7%. Vidare var det endast 26% av trafikstörningarna som skulle blivit upptäckt av en probbil i denna studien. Om alla trafikstörningar skulle upptäckas skulle ändå den totala bränslebesparingen bli endast 0.15%. Denna förstudie är baserad på data från en medelstor stad. Besparingspotentialen, både med och utan probbilsinformation, skulle eventuellt kunna vara ännu större i större städer där vägvalsalternativen blir fler. Vidare kan man tänka sig att stadsstrukturen och markanvändningen också kan påverka den totala potentialen för bränslebesparande navigering. Till exempel kan inte en långsträckt stad med endast en större genomfartsled ge så många olika vägval att välja mellan.

10.2 Accelerationsrådgivaren

Planeringen av att utvärdera en accelerationsrådgivare påbörjades under våren 2005 i samarbete med Posten AB och Imita AB. Loggningen av körmönster utan och med accelerationsrådgivare skedde under hösten 2005. I samband med att loggningen skulle påbörjas skedde personlig information om projekten på två av postdistriktskontoren. Samtliga postdistrikt fick informationsblad, både om projektet i stort och i detalj hur det berör just dem i deras körning med någon av testbilarna. I varje testbil fanns en kortfattad informationsbroschyr som beskrev hur föraren skulle logga in sitt id-nummer, vilket uppdrag som körningen gällde mm. I de två utdelningsdistrikten som fick personlig information fungerade inloggningen som planerat medan för det tredje utdelningsdistriktet fungerade inte inloggningen tillfredsställande. Detta innebar att mängden körmonsterdata för analysnivå (C) och (D) reducerades med ungefär en tredjedel, och därmed minskade tillförlitligheten av resultaten för dessa analysnivåer. En konklusion från detta är att betydelsen av information är oerhört viktig vid alla projekt där testpersoner är inblandade.

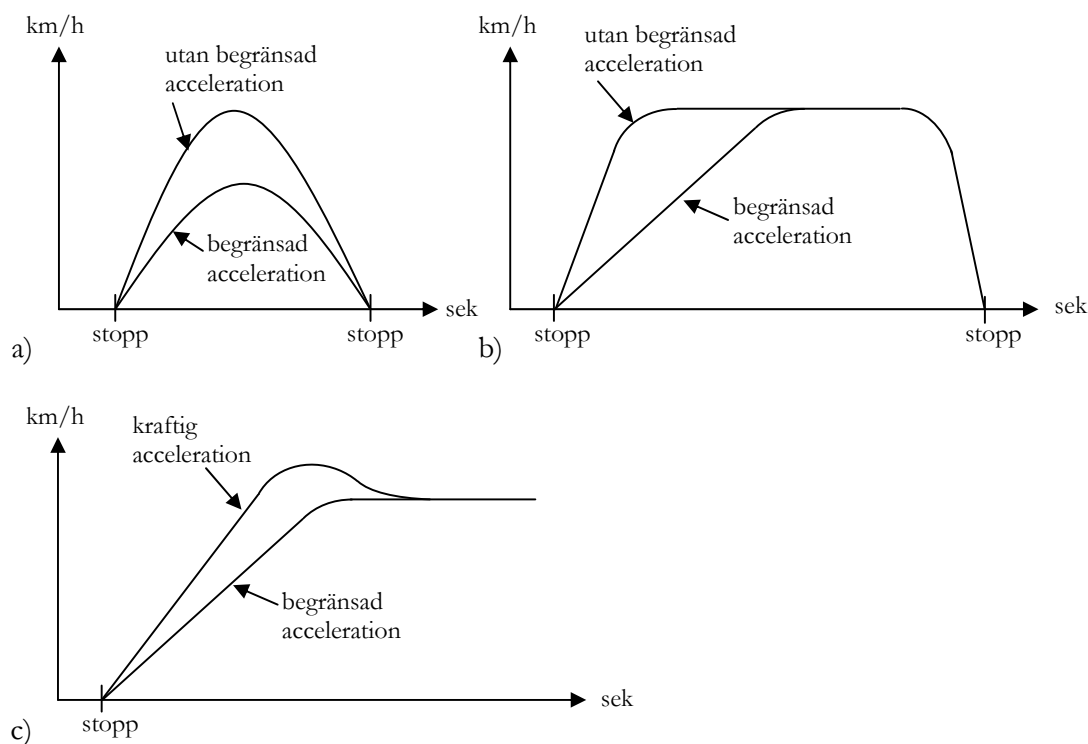
Utvärderingen av bränsleförbrukning för accelerationsrådgivaren har baserats på loggade körmonster som beräknats m.h.a. emissionsprogrammet Veto. Då förbrukningen inte mätts från bilen innebär detta att variationer så som vindmotstånd, temperaturvariation, skillnad i lastvikt, friktion mot underlaget, lutning etc. inte tas hänsyn till i detta projekt. Skillnaden mellan dessa parametrar utan och med accelerationsrådgivaren har i denna utvärdering antagits vara försumbar.

Resultatet att bränsleförbrukningen inte minskar statistiskt signifikant med en accelerationsrådgivare installerad, mer än för en specifik slinga, är förvånande då tidigare studie har visat att kraftiga accelerationer ($> 1.5 \text{ m/s}^2$) påverkar bränsleförbrukningen negativt. Detta resultat visar på komplexiteten av hur olika körmonsterparametrar påverkar varandra. En förväntad effekt av accelerationsrådgivaren vore att de kraftigaste accelerationerna minskade, att rpa minskade samt att medelhastigheten sänktes. Vad gäller de kraftigaste accelerationerna samt rpa så minskade de både på analysnivå A) och D) som förväntat. Däremot visade det sig att den enda analysen som påvisade en statistiskt signifikant reduktion av bränsle var slinga 1) där föraren hade ökat sin medelhastighet, istället för minska den. En förklaring till varför accelerationsrådgivaren inte gav någon bränslereduktion på de övriga slingorna skulle kunna vara att accelerationsrådgivaren inte har använts, dvs. motståndet i gaspedalen har trampats igenom varpå man inte kan förvänta sig någon körmonsterförändring. Denna förklaring kan dock förkastas då körmonsterparametern ”andelen tid med kraftiga accelerationer” ($>1.5 \text{ m/s}^2$) har minskat statistiskt signifikant på samtliga analysnivåer. En annan förklaring skulle kunna vara att accelerationsrådgivaren ökar andelen stopptid och tid med låga hastigheter (0-15 km/h och 15-30 km/h) och minskar andelen tid med hastigheter mellan 50-70 km/h, vilket också framkommit i tidigare studier som viktiga bränsleparametrar, tabell 4. Detta påstående stämmer för analysnivå A) och för de två slingor där det inte gick att påvisa någon bränslereduktion, tabell 18. En förskjutning av andelen tid i dessa hastighetsintervall medför att andelen tid med hastigheter som ligger i det intervall där motorn arbetar som mest optimalt ur bränslebesparingssynpunkt minskar, dvs. mellan 50-90 km/h beroende på baserad studie (André och Hammarström, 2000; Ericsson, 2001; Haworth och Symmons, 2001; El-Shawarby et al., 2005). För slinga 1), där accelerationsrådgivaren faktiskt gav en bränslereducerande effekt

hade andelen tid i låga hastigheter minskat (>30 km/h), stopptiden minskat och andelen tid i hastighetsintervallen 50-70 samt 70-90 km/h ökat. Det kan också vara noterbart att slinga 1) hade en betydligt större andel tid med mycket låga hastigheter (drygt 50%) i jämförelse med analysnivå A) och de andra två slingorna (30-40%). Detta skulle kunna innebära att potentialen att minska andelen tid med låga hastigheter var högre.

En faktor som också påverkar bränsleförbrukningen är avståndet mellan stoppen i kombination med vilken hastighet som föraren har tänkt komma upp i. Enligt Dyson et al. (2001) är det bättre ur bränsleperspektiv med hastigheter närmare 40 km/h om avståndet mellan stoppen är kortare än 550 m medan det är bättre med hastigheter närmare 60 km/h om avståndet mellan stoppen är längre än 550 m. Hur avståndet är mellan stoppen för postens slingor i kombination med förarens önskade hastighet är i denna studie inte känd. I figur 22 illustreras tre scenarier hur en accelerationsrådgivare skulle kunna påverkat körmönstret. Om det är tätt mellan stoppen och det inte förekommer "någon" konstant hastighet kan en begränsande acceleration medföra att topphastigheten blir lägre, figur 22a. Detta borde resultera i en lägre total bränsleförbrukning då det går åt mindre energi att få upp ett fordon i en lägre hastighet än en högre. För slinga 1) som var en stadsbrevbäringsslinga med hög andel tid med låga hastigheter skulle detta scenariet kunna stämma in. I figur 22b där det är längre mellan stoppen kan en begränsande acceleration medföra minskande andel tid med konstant hastighet samt andel tid med hastigheter kring fordonets optimala bränsleförbrukningshastighet. Dessa parametrar kan leda till ökad bränsleförbrukning, men som Dyson et al. (2001) kom fram till i sin studie är även hastigheten en avgörande faktor. I figur 22c utgår jag från hypotesen att vid kraftiga accelerationer är det vanligt att föraren initialt når en högre hastighet än avsett som sedan bromsas bort. I en jämförelse med om föraren kör med en begränsad acceleration skulle man kunna tänka sig att den initiala hastighetstoppen uteblir, vilket skulle leda till en lägre bränsleförbrukning.

Vid analys av hur körmönstret påverkades av accelerationsrådgivaren framkom inte bara att de kraftigaste accelerationerna minskade utan även att de kraftigaste retardationerna ($>1.5\text{m/s}^2$) minskade statistiskt signifikant, tabell 18. Hypotetiskt skulle detta kunna förklaras med att det har varit kort mellan stoppen vilket medfört att topphastigheten inte blivit lika hög varpå inbromsningen inte heller blir lika kraftig. En annan förklaring skulle kunna vara att föraren fick ett lugnare körbeteende med accelerationsrådgivaren, som medförde att han/hon körde med större framförhållning vilket gav en mindre andel tid med kraftiga inbromsningar.



Figur 22. Tre scenarier av hur körmönstret kan påverkas av begränsad acceleration.

Då accelerationsrådgivaren endast är utvärderad för körning med postbilar, med en bilmodell och med en fast inställningskombination hade det varit intressant att utöka studien för att avgöra om det finns en bränslebesparingspotential för körningar med andra syften, andra bilmodeller och en annan inställning. Systemet vore även intressant att studera ur trafiksäkerhetssynpunkt i och med att både de kraftigaste accelerationerna och retardationerna minskar vilket skulle kunna främja interaktionen med andra trafikanter.

För att studera hur förarna använde och upplevde accelerationsrådgivaren utfördes två enkätundersökningar, en före loggningsperioden och en efter, samt tre stycken intervjuer med en förare från vart och ett av de tre postdistrikten. Att med hjälp av enkäter och intervjuer komplettera en kvantitativ analys bidrar till en djupare förståelse av hur rådgivaren har accepterats. En ytterligare tänkbar studie vore att inkludera observationer i utvärderingen, dvs. att en observatör åker med under några uppdrag för att studera hur och när förarna accelererar och därmed använder sig av accelerationsrådgivaren.

Vid utvärderingen av accelerationsrådgivaren är det viktigt att tänka på att förarna inte själva har valt att montera in en accelerationsrådgivare i sina arbetsbilar. Hur detta har påverkat förarnas användning och upplevelse går endast att spekulera kring. I och med att förarstödet går att trampa igenom, vilket medför att föraren själv kan bestämma i varje enskild situation om rådgivningen ska efterföljas, borde acceptansen för systemet vara högre än om accelerationen var låst till rådgivningen.

11 Slutsats

Utifrån resultaten som redovisats i denna licentiatuppsats kan konstateras att:

- Det finns goda möjligheter att utveckla förarstöd som syftar till att reducera bränsleförbrukning och/eller emissioner. Detta har belysts m.h.a. en omfattande litteraturstudie samt utvärderingar av två system.
- För att utvärdera effekten från förarstöd är det viktigt att både skatta potential och efterlevnad av stödet. Förarstöd med syfte att minska bränsleförbrukningen och emissionerna kan delas in i stöd som optimerar körstilen respektive vägvalet.
- För att kunna utvärdera potential och efterlevnad krävs ofta såväl kvantitativa som kvalitativa angreppssätt.
- I arbetet exemplifieras metoder för att utvärdera förarstöd med fokus på bränsleförbrukning och emissioner.
- Utvärderingen av ett navigeringssystem för bränsleoptimerat vägval visade på god potential att minska den totala bränsleåtgången. Detta ger stöd för att gå vidare och testa ett sådant system med avseende på användarintresse, funktion och efterlevnad i verklig trafik.
- Utvärderingen av accelerationsrådgivaren visade på god efterlevnad, men i nuvarande form på en begränsad potential för bränsleförbrukning. Dock visar litteraturstudien att förarstöd som ger kontinuerlig feedback på körstil kan ha god potential för bränsleförbrukningen och emissionerna.

Referenser

- Adell E. och Varhelyi A., 2008, *Driver comprehension and acceptance of the active accelerator pedal after long-term use*. Transportation Research Part F 11 (2008) 37-51
- Ahn K., Rakha H., Trani A. och Van Aerde M., 2002, *Estimating vehicle fuel consumption and emissions based on instantaneous speed and acceleration levels*. Journal of Transportation engineering, 182-190
- Ahn K. och Rakha H., 2008, *The effects of route choice decisions on vehicle energy consumption and emissions*. Transportation Research Part D 13 (2008) 151-167
- André M. och Hammarström U., 2000, *Driving in Europe for pollutant emissions estimation*. Transportation Research Part D 5 (2000) 321-335
- Artemismodellen, 2007, *Artemis 0.4d*. Cost 346 – Road model, Version Beta-0.4d. www.infras.net/artemis
- Axelsson H. och Ericsson E., 2004, *Miljöeffekter i form av CO₂-utsläpp på Lunds gatunät*. Bulletin 225, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för Teknik och samhälle, Avd. Trafikteknik
- Banister D., 2008, *The sustainable mobility paradigm*. Transport Policy 15 (2008) 73-80
- Berge G. och Amundsen A., 2001, *Holdninger og transportmiddelvalg – en litteraturstudie*. Oslo: Transportøkonomisk institutt TØI-rapport 512
- Biding T. och Lind G., 2002, *Intelligent stöd för anpassning av hastighet (ISA). Resultat av storskalig försöksverksamhet i Borlänge, Lidköping, Lund och Umeå under perioden 1999-2002*. Vägverket. Publikation 2002:94. Borlänge 2002-09
- Bil Sweden, 2004. *Bilismen i Sverige 2003*, Bil Sweden Bilindustriföreningen in cooperation with Gamlin & Zeipel, Stockholm
- Bratt H. och Ericsson E., 1999, *Estimating speed and acceleration profiles from measured data*. In: Proceedings of 8th International Symposium and Air pollution, Graz, Austria, 1999, 11
- Brundell-Freij K. och Ericsson E., 2005, *Influence of street characteristics, driver category and car performance on urban driving patterns*. Transportation Research Part D 10 (2005) 213-229
- Chovan J.D., Tijerina L., Alexander G. och Hendricks D.L., 1994, *Examination of lane change crashes and potential IVHS countermeasures*. U.S. Department of Transportation. National Highway Traffic Safety Administration. Final report March 1004
- De Vlieger I., 1997, *On-board emission and fuel consumption measurement campaign on petrol-driven passenger cars*. Atmospheric Environment. Vol. 31. No. 22 (1997) 3753-3761
- Dialect, 2008, Återförsäljare för Garmin, Hewlett-Packard, Holux, Jvc, Magellan Navigation, Microsoft, Navigon, Navman, Nokia, Sony, Sony Ericsson Mobile Communication och Tomtom. Dialectbutiken i Kristianstad är specialinlästa på GPS'er. Butiken ringdes upp 2008-08-20. http://www.dialect.se/m4n?famid=0&manid=0&oid=etailer-product&catgr=0&_locale=1&viewMode=1&prodid=100973 (2008-08-20)
- Ding Y. och Rakha H., 2002, *Trip-based explanatory variables for estimating vehicle fuel consumption and emission rates*. Water, Air and Soil Pollution: Focus 2: (2002) 61-77

- Doughterty M., 1997, *A block queueing syste for slow moving traffic*. Transportation research Part D 2 (1997) 259-270
- Dyson, Taylor, Woolley och Zito, 2001, *Lower urban speed limits – trading off safety and environmental impact*. Paper presented at the 24th Australian Transport Reseach Forum, Hobart
- ETC, 2009, European Topic Centre on Air and Climate Change.
<http://lat.eng.auth.gr/copert/> (2009-03-15)
- Ekman L., 2000, *Sänkt hastighet i bostadsområden – önskan eller verklighet?* Bulletin 180, Department for Technology and Society, Lund Institute of Technology, Lund University, ISSN 1404-272X
- El-Shawarby I. Ahn K. and Rakha H., 2005, *Comparative field evaluation of vehicle cruise speed and acceleration level impacts on hot stabilized emissions*. Transportation Research Part 10 (2005) 13-30
- Emotor, 2007, *MINI ökar körglädjen och minskar bränsleförbrukningen*, emotor.se 2007-07-04 Bilar, <http://www.emotor.se/nyheter/visa.php?2100>
- Ericsson E., 1996, *Att mäta bilars körmönster. En metodstudie*. Licentiat vid Institutionen för trafikteknik, Tekniska Högskolan i Lund, Lunds Universitet, Bulletin 137
- Ericsson E., 2000a, *Urban driving patterns – characterization, variability and environmental implications*. Bulletin 186, Ph.D. Thesis, Department of Technology and Society, Traffic Planning, Lund Institute of Technology, Lund University, Lund, 2000
- Ericsson E., 2000b, *Variability in urban driving patterns*. Transportation Research Part D 5 (2000) 337-354
- Ericsson E., 2001, *Independent driving pattern factors and their influence on fuel use and exhaust emission factors*. Transportation Research Part D 6 (2001) 325-345
- Ericsson E., Larsson H. och Brundell-Frej K., 2006, *Optimizing route choice for lowest fuel consumption – Potential effects of a new driver support tool*. Transportation Research Part C 14 (2006) 369-383
- EUR-Lex CO₂ 80/1268/EEG, 2004, *M2 Rådets direktiv*. Europa Kommissionen, 1980L1268 — SV — 19.02.2004 — 004.001 — 1 http://publications.europa.eu/index_sv.htm (2009-03-14)
- Falk E., Hjalmdahl M., Risser R. och Várhelyi A., 2002, *Testförarnas attityd till ISA*. Delrapport 3 LundaISA. Dep. of Technology and Society, Lund Inst. of Technology, Sweden, 2002
- Goodwin P. och Noland R. B., 2003, *Building new roads really does create extra traffic: a response to Prakash et al*. Applied Economics, 35 (2003) 1451-1457
- Hammarström U., 1999, *Mätning och simulering av bilavgaser – körning med och utan busvagn i laboratorium och på väg*. VTI meddelande 856, 1999
- Hammarström U. och Karlsson B., 1987, *VETO – ett datorprogram för beräkning av transportkostnader som funktion av vägstandard*. VTI meddelande 501. Statens väg- och trafikinstitut. Linköping. 1987.

- Hausberger S., 2008, Kontaktperson för emissionsmodellen Phem, Prof. Dr vid Technical University of Graz, Institution for Internal Combustion Engines and Thermodynamics. hausberger@vkmb.tugraz.at
- Haworth N. och Symmons M., 2001, *The relationship between fuel economy and safety outcomes*. Monash University accident research centre. Report documentation page. Report No. 188, ISBN 0 7326 1487 2
- HBEFA, 2009, *The Handbook Emission Factors for Road Transport*. <http://www.hbefa.net/> (2009-03-15)
- Hjälmdahl M., 2004, *In-vehicle speed adaption. On the effectiveness of a voluntary system*. Bulletin 223, Ph.D. Thesis, Department of Technology and Society, Traffic Planning, Lund Institute of Technology, Lund University, Lund, 2004
- Imita AB, 2005, *Funktionsbeskrivning – Traffic Budgeter*. En mailad funktionsbeskrivning av Lars Svensson 2005-08-31
- IPCC, 2007, *Climate Change 2007 - Mitigation of Climate Change*, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press (2007)
- Jacobsen J. K., 1993, *Intervju. Konsten att lyssna och fråga*. Studentlitteratur, Lund
- Jensen S., 1997, *Standardised Traffic inputs for the Operational Street Pollution Model (OSPM)*. NERI Technical Report No. 197, Ministry of Environment and Energy, Köpenhamn
- Johansson B., 1999, *The economy of alternative fuels when including the cost of air pollution*. Transportation research Part D 4 (1999) 91-108
- Johansson H., Färnlund J. och Engström C., 1999, *Impact of EcoDriving on emissions and fuel consumption, A pre-study*. Publication 1999:165E. Swedish National Road Administration
- Johansson H., 2001, *Hastighet, bränsleförbrukning och emissioner vid landsbygdsförhållanden*. TFK Institutionen för transportforskning
- Johansson H., Gustafsson P., Henke M. och Rosengren M., 2003, *Impact of EcoDriving on emissions*. Transport and Air Pollution. Proceedings from the 12th Symposium, Avignon 16-18 June 2003
- Johansson H. och Nilsson L., 2004, *Klimatstrategi för vägtransportsektorn*. Vägverket publikation 2004:102
- Johansson H. och Karlsson F., 2008, *Handledning för beräkning av förändrade CO₂-utsläpp. Beräkningshandledning för CO₂*, Vägverket, Version 2.4 080825
- Jost P, Hassel D., Weber F.J. och Sonnborn K.S., 1992, *Emission and fuel consumption modelling based on continuous measurements*. Deliverable. No. 7, EU DRIVE project V 1053. Modelling of emissions and consumption in urban areas (MODEM)
- Jost P., Jourmard R. och Hickman A.J., 1995, *Influence of instantaneous speed and acceleration on hot passenger car emissions and fuel consumption*. SAE Research Program Explores Mobile Cooling Options for Emission Reduction and Energy Efficiency, Dokument nr 950928, Warrendale

- Joumard R., André M., Vidon R., Tassel P. och Pruvost C., 2000, *Influence of driving cycles on unit emissions from passenger cars*. Atmospheric Environment 34 (2000) 4621-4628
- Kjorstad K.N., 1995, *Kollektivtrafikantenes preferenser. Erfaringer fra Moss, Grenland*, Kristiansand, Tromsø og Ålesund. Oslo: Transportøkonomisk institutt TØI-rapport 312
- Koucky & Partners Miljökonserter, 2004, *Grön Trafikskola Möjligheter och svårigheter med sparsam körning i körkortsundervisningen – en sammanställning av genomförda projektutvärderingar*. Rapport av Koucky & Partners Miljökonserter på uppdrag av Vägverket
- Kvale S., 1997, *Den kvalitativa forskningsintervjun*. Studentlitteratur, Lund
- Lantz A., 1993, *Intervjumetodik, den professionellt genomförda intervjun*. Studentlitteratur, Lund
- Larsson H., 2006, *The acceptance of an acceleration advisory tool for more energy-efficient car driving*. Proc. Int. Symp. "Environment and Transport", Transport and Air Pollution Conference, Reims, France, June 12-14 2006
- Larsson H., 2007, *Effekten av en accelerationsrådgivare. Analys ur ett bränsle-, emissions- och förarperspektiv baserat på körningar med postbilar*. Bulletin 233, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för Teknik och samhälle, Trafik och väg
- Larsson H. och Ericsson E., 2009, *The effects of an acceleration advisory tool in vehicles for reduced fuel consumption and emissions*. Transportation Research Part D 14 (2009) 141-146
- Laureshyn A., Ardö H., Jonsson T., och Svensson Å., 2008, *Application of automated video analysis for behavioural studies: concept and experience*. Proceedings of 10th International Conference on Application of Advanced Technologies in Transportation, Athens, 27-31 May
- Lees M.N. och Lee J.D., 2007, *The influence of distraction and driving context on driver response to imperfect collision warning systems*. Journal Ergonomics, Publisher: Taylor & Francis
- Lindgren A., 2007, *Driving safety in the future? Driver Needs and Requirements for Advanced Driver Assistance Systems*. Doctoral thesis, Department of Computer Science and Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg University
- Malmö Stad, 2004, *Så reser malmöborna – Sammanställning och analys av resdagbok*. Rapport av Gatukontoret och Stadskontoret i Malmö stad och Trivector Traffic AB
- Norheim B. och Ruud A., 2002, *Markedsorientert kollektivtransport*. Oslo: Transportøkonomisk institutt TØI-rapport 603
- NVV, 2008, *Sweden's National Inventory Report 2008*, Naturvårdsverket 2008
- Parasuraman R., Sheridan T.B. och Wickens C.D., 2000, *A model for types and levels of human interaction with automation*. IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics – Part A: Systems and humans, Vol. 30, nr 3
- Pelkmans L., Debal P., Hood T., Hauser G. och Delgado M.R., 2004, *Development of a simulation tool to calculate fuel consumption and emissions of vehicles operating in dynamic conditions*. DECADE-project, 5th Framework of the European Commission in the programme Energy
- Pelkmans L. och Debal P., 2006, *Comparison of on-road emissions with emissions measured on chassis dynamometer test cycles*. Transportation research Part D 11 (2006) 233-241

- Riley V., 1989, *FAIT: A systematic methodology for identifying system design issues and tradeoffs*. IEEE, pp 1036-1038
- Robertson S., Ward H., Marsden G., Sandberg U. och Hammarström U., 1998, *The effect on noise, vibration and emissions from vehicles* (MASTER Working Paper R 1.2.1). <http://www3.vtt.fi/yki/yki6/master/master.htm>
- Rogers J., 2003, *Adults Learning*. Brain book AB, WS Bookwell, Finland 2003
- Ruppert D., 1997, *Empirical-bias bandwidths for local polynomial nonparametric regression and density estimation*. Journal of the American Statistical Association, 92:1049-1062
- Samuel S., Austin L. och Morrey D., 2001, *A strategy for operation of a vehicle in the optimum emission zone*. ADAS01: International Conference on advanced driver assistance systems 17-18 sep 2001. Conference publication No. 483
- Sheridan T.B., 1989, *Telerobotics. Automatica*, Vol. 25, No 4, 487-507
- Sjodin Å., Jerksjö M., Sandström C., Erlandsson L., Almén J., Ericsson E., Larsson H., Hammarström U., Yahya M-R. och Johansson H., 2009, *Implementering av ARTEMIS Road Model i Sverige. Slutrapport*. IVL Rapport B1831
- Smidfelt Rosqvist L., 1998, *Avgasemissioner och bränsleförbrukning i gatunät med olika egenskaper*. Licentiat vid Institutionen för trafikteknik, Tekniska Högskolan i Lund, Lunds Universitet, Bulletin 167
- Smidfelt Rosqvist L., 2003, *On the relations between driving patterns, exhaust emissions and network characteristics in urban driving*. Doctoral thesis, Bulletin 213, Lund Institute of Technology, Department of Technology and Society, Traffic planning
- Smidfelt Rosqvist L. och Ericsson E., 2003, *Using Driving Patterns for Emission Estimations: When Should One Calculate Averages?* Submitted to the Conference Air Pollution, September 2003, Catania, Italy
- Tideman M., van der Voort M.C., van Arem B. och Tillema F., 2007, *A review of lateral driver support systems*. Proceedings of the 2007 Intelligent Transportation Systems Conference, Seattle, USA sep 30-oct 3, 2007
- Transek, 2000, *Förbifart Stockholm*. Trafikanalys och samhällsekonomisk kalkyl, i Vägverket Region Stockholm. Rapport 2000:0434
- Trivector Traffic AB, 1999, *Utvärdering av EcoDriving i Region Mälardalen*, Rapport 1999:49
- US EPA, 2009, *United States, Environmental Protection Agency*. <http://epa.gov/OMSWWW/m6.htm> (2009-03-15)
- Vägverket, 1990, *Biltrafikens tidsmässiga variationer 1989*. Publikation 1990:35
- Vägverket, 2003, *Den goda resan. Förslag till nationell plan för vägtransportssystemet 2004-2015*. Underlagsrapport Miljö. Vägverket publ. 2003:100
- Vägverket, 2008a, *Sparsam körning*. Vägverkets hemsida 2008-12-08 <http://www.vv.se/filer/13734/sparsam.pdf>

- Vägverket, 2008b, Hastighet och miljö. Presentation av Håkan Johansson på Vägverket, Miljöstrategiska enheten
- Vägverket, 2008c, *PC emission limit*. Excelfil med kravnivåer skickad från Håkan Johansson på Vägverket, Miljöstrategiska enheten, 2008-09-05
- Van der Laan J.D., Heino A., De Waard D., 1997, *A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics*. Transportation Research Part C 5 (1997) 1-10
- Van der Voort M., Dougherty M.S. och Van Maarseveen M., 2001, *A prototype fuel-efficiency support tool*. Transportation Research Part C 9 (2001) 279-296
- Van Mierlo J., Maggetto G., van de burgwal E. och Gense R., 2004a, *Driving style and traffic measures – influence on vehicle emissions and fuel consumption*. Journal of automobile engineering 218 (2004) 43-50
- Van Mierlo J., Timmermans J.M., Maggetto G., Van den Bossche P., Meyer S., Hecq W., Govaerts L. och verlaak J., 2004b, *Environmental rating of vehicles with different alternative fuels and drive trains: a comparison of two approaches*. Transportation reseach Part D 9 (2004) 387-399
- Varhelyi A., 2002, *The effects of small roundabouts on emissions and fuel consumption: a case study*. Transportation Research D 7 (2002) 65-71
- Williams A.F., Kyrychenko S.Y. och retting R.A., 2006, *Characteristics of speeders*. Journal of safety research 37 (2006) 227-232
- Zhao, Y., 1997, *Vehicle Location and Navigation Systems*. ITS, Artech House Inc., Boston, London, ISBN 0-89006-861-5
- Åhman M. och Nilsson L.J., 2008, *Path dependency and future of advanced vehicles and biofuels*. Utilities Policy 16 (2008) 80-89
- Åkerman J. och Höjer M., 2006, *How much transport can the climat stand? –Sweden on a sustainable path in 2050*. Energy policy 34 (2006) 1944-1957

Del E - Artiklar I-III

Artikel I

Ericsson E., Larsson H. och Brundell-Frej K., 2006, *Optimizing route choice for lowest fuel consumption – Potential effects of a new driver support tool*. Transportation Research Part C 14 (2006) 369-383

Artikel II

Larsson H., 2006, *The acceptance of an acceleration advisory tool for more energy-efficient car driving*. Proc. Int. Symp. "Environment and Transport", Transport and Air Pollution Conference, Reims, France, June 12-14 2006

Artikel III

Larsson H. och Ericsson E., (2009), *The effects of an acceleration advisory tool in vehicles for reduced fuel consumption and emissions*. Transportation Research Part D, Vol 14/2 pp 141-146

Artikel I

Optimizing route choice for lowest fuel consumption – Potential effects of a new driver support tool

Eva Ericsson *, Hanna Larsson, Karin Brundell-Frejij

Department of Technology and Society, Traffic Planning, Lund Institute of Technology, Lund University, P.O. Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

Abstract

Today, driver support tools intended to increase traffic safety, provide the driver with convenient information and guidance, or save time are becoming more common. However, few systems have the primary aim of reducing the environmental effects of driving. The aim of this project was to estimate the potential for reducing fuel consumption and thus the emission of CO₂ through a navigation system where optimization of route choice is based on the lowest total fuel consumption (instead of the traditional shortest time or distance), further the supplementary effect if such navigation support could take into account real-time information about traffic disturbance events from probe vehicles running in the street network. The analysis was based on a large database of real traffic driving patterns connected to the street network in the city of Lund, Sweden. Based on 15437 cases, the fuel consumption factor for 22 street classes, at peak and off-peak hours, was estimated for three types of cars using two mechanistic emission models. Each segment in the street network was, on a digitized map, attributed an average fuel consumption for peak and off-peak hours based on its street class and traffic flow conditions. To evaluate the potential of a fuel-saving navigation system the routes of 109 real journeys longer than 5 min were extracted from the database. Using Esri's external program ArcGIS, Arcview and the external module Network Analysis, the most fuel-economic route was extracted and compared with the original route, as well as routes extracted from criteria concerning shortest time and shortest distance. The potential for further benefit when the system employed real-time data concerning the traffic situation through 120 virtual probe vehicles running in the street network was also examined. It was found that for 46% of trips in Lund the drivers' spontaneous choice of route was not the most fuel-efficient. These trips could save, on average, 8.2% fuel by using a fuel-optimized navigation system. This corresponds to a 4% fuel reduction for all journeys in Lund. Concerning the potential for real-time information from probe vehicles, it was found that the frequency of disturbed segments in Lund was very low, and thus so was the potential fuel-saving. However, a methodology is presented that structures the steps required in analyzing such a system. It is concluded that real-time traffic information has the potential for fuel-saving in more congested areas if a sufficiently large proportion of the disturbance events can be identified and reported in real-time.

© 2006 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords: Fuel consumption; Probe vehicle; Driving pattern; Navigation system; Street types; Traffic flow; Street classification; Traffic disturbance

* Corresponding author. Tel.: +46 46 222 91 38; fax: +46 46 12 32 72.
E-mail address: Eva.Ericsson@tft.lth.se (E. Ericsson).

1. Introduction

Today the emission of CO₂, which is directly related to the consumption of carbon-based fuel, is regarded as one of the most serious threats to the environment through the greenhouse effect. Globally, transport accounts for about 21% of CO₂ emission although there are considerable differences between global regions (Gorham, 2002). According to the EEA (2003) transport is the second largest source of greenhouse gas emissions, in particular CO₂ and N₂O, in the EU, and road transport is by far the largest emission source within the transport sector (92% in 2001).

The demand for transport is the main factor governing environmental effects, see Fig. 1. Demand is in turn affected by several factors, for example, socio-economic development, land use factors, traffic planning, etc. The choice of mode of transport and route determines the traffic load on the road network expressed as vehicle kilometres. The second important factor governing the total fuel use and emissions is the specific fuel consumption factor (FCF) (litre/10 km) and emission factors (g/km) of the vehicles. The specific emission and fuel consumption depend on the type of vehicle but also on how the vehicle is driven, i.e., how the driver uses the accelerator, the brakes and changes gear in different situations. This is in turn affected by the local environment (e.g. road function and design, type of intersections, type of local neighbourhood, Brundell-Freij and Ericsson, 2005) and the traffic conditions on the road in which he/she is driving. Thus the driving pattern is affected by both the more static properties of the road network and the more dynamic traffic conditions. To archive an environmentally sustainable transport system measures must be taken at all points along the chain, from transport demand to the use of vehicles causing actual emissions. This paper focuses at the possibilities to affect the total fuel consumption per vehicle and trip by affecting the thick arrows, Fig. 1, acknowledging the fact that the shortest distance is not always equivalent with the most fuel-saving route.

Today, driver support tools intended to increase traffic safety, provide the driver with convenient information and guidance or save time, are becoming more common. Although some driver support tools have been evaluated concerning environmental effects few driver support systems have the primary aim of reducing the environmental effects of the trip. One exception is the subject research by van der Vort et al. (2001) which presents a prototype fuel-efficiency tool which supports an energy-saving driving style through advice to the driver on when to change gear and when to accelerate. The logic of the tool takes into account both the tactical and strategic aspects of driving. Evaluation in a driving simulator showed an overall potential in reduction of fuel consumption of 16%.

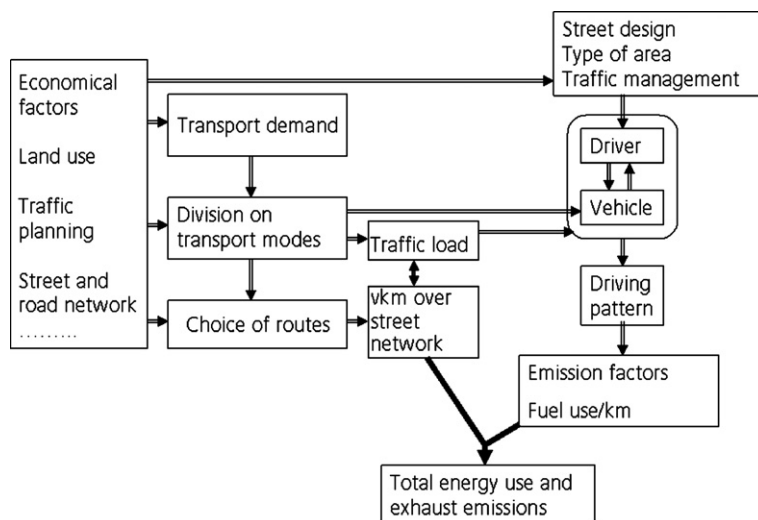


Fig. 1. A model for how vehicular emissions and fuel consumption is generated. This study focus on the total fuel consumption per trip through the combination of vehicle km and specific fuel consumption factors represented by the thick arrows (Ericsson, 2001).

The fuel consumption of a specific trip is not only affected by the distance driven but also by the driving pattern of the car, i.e. speed, acceleration and gear changing, over the road sections involved. This project was aimed at estimating the potential of reducing fuel consumption and emissions of CO₂ through a driver support in terms of navigation support where optimization of route choice is based on lowest total fuel consumption (instead of the traditional shortest time or distance). Further the aim was to estimate the supplementary effect if such navigation support took into account real-time information concerning traffic disturbance events from probe vehicles running in the street network. The starting point is our previous research on how driving pattern varies with street environment (street function, geometric design and traffic flow conditions), and how this affects emissions and fuel consumption of the individual vehicles (Brundell-Freij and Ericsson, 2005; Ericsson, 2001).

The analyses in the present study were based on a large database of real traffic driving patterns collected during a large-scale trial involving intelligent speed adaptation (ISA) in the city of Lund in Sweden (Hjälmdahl, 2004). The study area included the built-up area of Lund, see Fig. 2, a medieval city with a population of 78000 inhabitants characterized by its university. Example of other data collections with overall objectives to register representative driving behaviour data is the Swedish driving pattern study (Ericsson, 2001) and the *Commute Atlanta* initiative that includes the collection and analysis of second-by-second vehicle speed, position, and engine operating data (Li et al., 2005).

Based on 15437 cases of data from the ISA trial the FCF's for 22 street classes, at different traffic conditions at peak and off-peak hours, were estimated for three cars using two vehicle simulation models based on detailed engine maps. Each road segment in the street network of Lund was attributed an average FCF for peak and off-peak hours, based on its street class and traffic flow conditions.

To evaluate the potential of a fuel-saving navigation system the routes of 109 real journeys were extracted from the database. Using ESRI's external program ArcGIS, ArcView and the external module Network Analysis, three alternative routes based on: (1) the shortest time, (2) the shortest distance, and (3) the lowest fuel consumption were generated and compared with the original route. Further was estimated the potential for additional fuel-saving if the navigation system was able to take into account real-time data, from probe vehicles running in the system. The thought was to re-route the trip if traffic disturbances occurred on the initially prescribed route in those cases this was estimated to be advantageous for the fuel consumption.

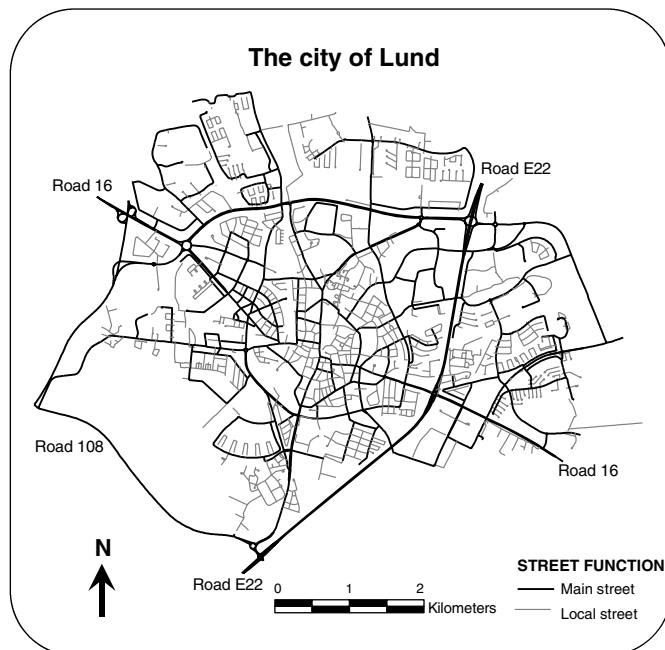


Fig. 2. The street network, main and local streets, in the city of Lund.

The potential for saving fuel for a static and a dynamic system was estimated. In addition, the effect on time and distance driven using the fuel-saving navigation was monitored.

2. Material

In the ISA trial in Lund, years 1999–2002, 284 vehicles were equipped with a navigation unit with a digital map, and a data recorder registering driving behaviour (Hjälmdahl, 2004). The driving pattern was registered in each car before and after an active accelerator pedal (AAP) was installed preventing the driver from speeding. The driver population was based on a randomized sample of car owners in Lund (recruited from the public, 246 private cars, and local companies in Lund, 38 company cars) and the equipment was normally in use between five and eleven months, one before the AAP device was installed, and the rest after. In the present study only data obtained before the AAP was installed were used. Characteristic data concerning vehicle speed, engine speed and position through GPS (global positioning system) were logged five times per second and stored in a MS SQL database. Using the GPS data, the position of the vehicle could be compared with the location in the digital map. Each road segment in the study area had a unique key number which was used to connect the driving patterns from the ISA database to the classified street segments.

Static road information such as type of local environment, street function, signed speed limit, location of traffic-calming measures, location of traffic signals and traffic flow conditions (based on average daily traffic, ADT) was collected for each street segment in the study area from a related study by Smidfelt Rosqvist (2003) and from the municipality of Lund.

3. Method

This section includes five parts. The first part introduces the different street types and the basis on which the streets were classified. In the second part the estimation of FCF for each street type, based on real traffic driving patterns, is described, together with the application of the factors in an attribute table which was connected to the digital road network. In the third part, the method used for study the potential fuel-saving through route choice based on the lowest fuel consumption compared with the shortest distance or shortest time is described. The fourth part describes the methodology employed to study the potential fuel-saving when using real-time information from probe vehicles.

3.1. Classification of street types

In this study the classification of street types is based on six different grounds. The first five grounds are static and describe the function and origin of the road network in terms of: street function, type of environment, speed limit, density of traffic signals, traffic-calming measures, while the sixth ground is dynamic and describes the traffic flow at peak and off-peak hours.

The six characteristics are based on properties shown to be of specific importance for emissions and fuel consumption factors in previous research (Brundell-Frej and Ericsson, 2005; Ericsson, 2001; Ericsson, 2000; Smidfelt Rosqvist, 2003), but also on the combination of street types in the field area and to what extent the ISA database could assist with enough data. However, some of the street types were quite rare and in a few combinations there was not enough data, so some street types were merged. The final number of static street types was 22, or 61 when including the traffic flow conditions.

Street function: The classification by function consisted of street segments defined as either part of a main road or thoroughfare road or as part of the local road network. Characteristic for the local road network is that these segments are subordinate to the main road network, i.e. they may have stop signs, give-way signs or a lower priority at junctions controlled by traffic lights. In total the local road network constitutes 47% of the road network studied in Lund.

Type of environment: The type of environment is defined by the settlement in the local neighbourhood in which the street is located, and includes the city centre (central business district, CBD), residential areas and other types of areas (for example, industrial areas and neighbourhoods that can be characterized as a communication area).

Speed limit: Speed limits in the research area were 30, 50, 70, 90 or 110 km/h. Because of the scarcity of driving patterns or the number of physical segments in some groups, the speed limits of 30 and 50 km/h had to be merged in eight cases.

Density of junctions controlled by traffic lights: According to Brundell-Freij and Ericsson (2005) and Smidfelt Rosqvist (2003) the density of junctions controlled by traffic lights affects driving patterns and thus fuel consumption and emission to a considerable extent. The classification of the street network has therefore been divided into three groups. Group (1) consists of street segments with no physical connection to any junctions controlled by traffic lights, group (2) consists of segments longer than 200 m between two junctions controlled by traffic lights OR segments that are longer than 100 m between a junction controlled by traffic lights and any other junction, and group (3) consists of segments shorter than 100 m between a junction controlled by traffic lights and another junction OR the distance between two junctions controlled by traffic lights less than 200 m.

Traffic-calming measures: Previous studies of the effects of traffic-calming measures on fuel consumption and emissions show that the consumption of fuel for an entire journey decreases with the passages of traffic-calming measures (Smidfelt Rosqvist, 2003). In this study the roads were classified into two groups, those with traffic-calming measures and those without.

Traffic flow: The road sections and driving patterns that were collected from the database were classified in terms of the traffic flow conditions. For roads for which ADT were available the driving patterns and FCF were divided on three groups. The groups were (1) traffic flow less than 200 vehicles/hour per lane, (2) between 200 and 700 vehicles/hour per lane, and (3) more than 700 vehicles/hour per lane. The classification was based on curves for the hourly traffic flow estimated from the fractions for diurnal and weekly variations of ADT. The fractions of vehicular flow extracted by Jensen (1997) were used for streets outside the CBD while the fractions calculated by Ekman (2000) were used for streets in the CBD. For streets for which ADT was known the FCF could thus be differentiated according to the flow class that would be related to the actual time of day when the journey was made. For road links for which ADT were not available only one traffic flow class was used (marked 0 in Fig. 4) for peak as well as for off peak hours. Finally the traffic flow conditions on each road segment was classified for peak respective off peak hours, Table 1, according to the flow classes (1)–(3). For road sections for which ADT were missing the same flow class (0) were attributed both peak and off peak hours. In Fig. 4 the occurring flow classes are marked 0–3.

Further details on the classifications of the street network can be found in the report by Axelsson and Ericsson (2004).

3.2. Estimation of fuel consumption factors (FCF's) for each street class

Many driving patterns for the 22 static classification grounds were extracted from the ISA database. The data were divided into peak and off-peak hours and further on the actual flow classes in the two groups respectively. This formed altogether 61 classes of external environments for the calculation of FCF's. For each class, the average fuel consumption (litres/10 km) was estimated and linked to the classified digital map.

The ISA database is extremely large and due to restrictions on computer capacity it was not possible to use the entire database. For the present study, driving patterns of each car from the last week of driving before the installation of the AAP were extracted. The aim was to obtain at least 7 h of driving patterns from each of the 22 street classes in order to obtain at a representative sample for the estimation of FCF for each street class. For some street classes, this first data extraction did not result in sufficient amount of data. For these classes further data were extracted until a database consisting of 15437 real traffic driving patterns with codes for street class and time of day was created for the present study.

Table 1
Peak hours in the study area, other time of day is off peak hours

	Streets in CBD	Streets outside CBD
Monday–Friday	16:00–18:59	07:00–08:59 15:00–16:59
Saturday	11:00–14:59	11:00–14:59
Sunday	13:00–18:59	12:00–14:59 17:00–17:59

Each registered driving pattern was processed according to a methodology presented by Bratt et al. (1999) using local kernel regression to filter the speed data to reduce the effects of small inaccuracies that result from data logging of speed. This method estimates the acceleration profile from measured speed data while minimizing the variance and bias of the estimation. For each driving pattern, a set of kinematic parameters was calculated, for example average total stop time (speed < 2 km/h) which were later used in the part investigating the potential effect of receiving real-time traffic information from probe vehicles (Section 3.4).

The fuel consumption was estimated for each individual driving pattern using two vehicle simulation models (microscopic engine map models). This kind of models use detailed speed profiles (second by second) of a vehicle to calculate fuel consumption and emissions for the individual vehicles at specific trips. The models make the calculations based on the engine maps and other specific vehicle parameters. One of the models, VeTESS was developed in the European 5th Framework Programme project DECADE (Pelkmans et al., 2004). The other model, VETO, was developed at the Swedish National Road and Transport Research Institute. Both models have been validated in terms of their estimation of fuel consumption and emissions against measured data (see Hammarström, 1999; Pelkmans et al., 2004). Other examples of this kind of emission model is the Phem (Passenger car and Heavy duty Emission Model) developed at Graz University (Zallinger et al., 2005; Hausberger et al., 2003).

Three vehicles were used in this study (i.e. engine maps and other vehicle parameters) to calculate the fuel consumption: a Volvo 940 (using the VETO model), and a VW Polo 16V and a Skoda Octavia Diesel (using the VeTESS model). Thus for each of the 15 437 driving patterns the fuel consumption was estimated for three different cars, a large and a small petrol-fuelled car and a medium-sized diesel car. The number of three cars is likely to be too small to describe the detailed behaviour of a vehicle fleet in terms of fuel consumption. However to be able to model more cars further engine maps had to be available which were not the case. Yet since fuel consumption show larger stability between car models than exhaust emissions the use of three cars of different size and performance were assumed sufficient to estimate the potential effect of the different driver support tools. A weighted average FCF was calculated for each case based on the occurrence of the three car types in Sweden, giving 56.7% large petrol-driven cars, 38.6% small petrol-driven cars and 4.7% diesel-fuelled cars (Bil Sweden, 2004).

The weighted average FCF for each case (a driving pattern over a specific street section) was aggregated over the 61 classes of street and traffic conditions to one average fuel consumption (litres/km) for each class. These values were linked to the digital map and the total fuel consumption per vehicle on each segment was calculated by multiplying the average fuel consumption (litres/km) by the length of the segment (km). Two values were calculated for each segment, one for peak and one for off-peak hours. The values depended on which one of the three established traffic flow classes (or the class for no ADT available) each segment belonged to at peak and off-peak hours.

3.3. Method for comparing different route choices

Each journey included in the ISA trial has a unique identification number. From this list of numbers, a set of real journeys was randomly extracted and their points of origin and destination noted. A journey in this sense is the period between starting the engine and stopping the engine. Sometimes the GPS equipment lost contact with the satellites and the journey was thus interrupted. If the GPS established contact again this would be registered as a new journey. Therefore, apart from the huge number of real trips, the database also includes many short, incomplete journeys. Because of this, and since it is less probable that very short journeys would need route guidance we set a minimum limit on the journey of 5 min duration. Further more, according to the map matching, the structure in the database was not perfectly simple whereupon each journey required manual checking further limiting the number of journeys. This manual procedure included excluding journeys where the route did not have a specific starting and stopping point, for example if the driver took a detour. In total 109 real journeys were extracted, of which 50 showed a difference in fuel consumption between the actual route and the route optimized for least fuel consumption. Of the 50 journeys, 35 were driven in off-peak hours and 15 in peak hours. The first and last street segments were removed for each journey to ensure that the length of the journey would be equivalent to the length of the street segment on the digital map. This means

that some classes are less represented than in reality, for example, street segments classified as residential areas, which is a common class in this type of environment.

Using the network analyst tool in ESRI's ArcView program, which is based on Dijkstras algorithm (Zhao, 1997), the routes between the origin and destination of the 50 journeys were optimized with regard to: (1) the lowest fuel consumption, (2) the shortest time, and (3) the shortest distance. The fuel consumption, time and distance were compared for the three routes.

The total fuel consumption for one journey (T) can be calculated by using Eq. (1)

$$T = \sum_{i=1}^n (\text{link length}_{(i)} * \text{fuel consumption factor}_{(i)}) \quad (1)$$

where T , total fuel consumption for one journey; n , number of segments included in the journey; i , type of segment.

For each of the optimized parameters the other two were estimated. For example, when the route was optimized for the shortest time, the distance and fuel consumption for that route were estimated.

3.4. Method for studying the potential fuel-saving using real-time information from probe vehicles

The first phase of this study explored the effect of a static navigation system when the most fuel-saving route was estimated based on fixed FCF'S depending on street class and average traffic flow conditions at peak and off-peak hours based on historical data. This system does not take into account temporarily increased fuel consumption along a specific segment due to congestion or other disturbances in traffic flow.

The second phase of the study was aimed at estimating the potential for additional fuel-saving using real-time information from probe vehicles running in the street network. This would give a dynamic route guidance system. Dynamic rout guidance can be classified into either multi-vehicle (system-wide) dynamic route guidance which guides all vehicles on the road network while minimizing the total travel cost of all vehicles (e.g. described by Deflorio, 2003) or single-vehicle dynamic route guidance which guides and minimizes the travel cost of this particular vehicle (Zhao, 1997). The first part of this study, Section 3.3, dealt with the potential effect of a static route guidance system while this part deals with the potential effect of a single-vehicle dynamic route guidance. Examples of the issues investigated in this context are: How can a disturbance in traffic flow conditions be identified using speed data from probe vehicles? How common are such events? How are disturbances distributed over different street classes? What effects does a disturbance have on the fuel consumption of the car?

There is reason to believe that in the near future many new cars will be equipped with IT platforms making it possible for them to act as floating cars or probes. Li and McDonald (2002) regard probe vehicle as an efficient method to collect real-time travel information, other widely used possibilities are the use of detectors and video cameras. When studying the possibility of obtaining information on traffic conditions in real-time via data from probe vehicles, the number of vehicles needed to cover a street network is crucial. This obviously depends on the size of the city. A calculation by Davidsson et al. (2002) indicates that the number of probes that would be needed to cover the entire Gothenburg area (a Swedish city of 481 000 inhabitants) would have to exceed 1100 or, on average, one vehicle per kilometre of road, during peak hours. In the present study, the complete ISA database including data on continuously registered speed time profiles in connection with location, date and time of day, was regarded as a database of on the average 120 probe vehicles running in Lund city (altogether 284 vehicles participated in the study but not all cars were in the test at the same time period). Lund city has a total road length of 290 km, which means $120/290 = 0.4$ 'probe' vehicles per km road. Thus, a hypothesis was that the number of 'probe' vehicles in the ISA trial might be too small to cover the street network of Lund.

The analysis consists of the following steps. A definition of an indicator of a traffic disturbance event as registered by a probe vehicle was established. On each of the 50 journeys that had been assigned a fuel-optimized route we included an artificial (imaginary) traffic disturbance penalty. The disturbance was localized to a randomly selected segment of the suggested route. A procedure based on the overall probability of a disturbance in a specific street class was used to decide which segment would be given the penalty.

The probability that the disturbance would be discovered by a probe vehicle was estimated. The criterion for this was that at least one of the vehicles in the ISA database should have passed the disturbance on the specific day within 15 min before the studied journey started. For this part of the calculations the complete ISA database was used. The extra fuel consumption resulting from disturbances on segments of different street classes was estimated. For each artificial disturbed segment the extra fuel was attributed. A new route optimization was performed. It was then noted whether a better (more fuel-efficient) route existed and if so how much fuel could be saved.

The total potential for fuel-saving through dynamic route guidance was calculated using the total probabilities that a traffic disturbance would take place in Lund, that the disturbance would be detected by a probe vehicle, and that another more fuel-efficient route existed. The average fuel-saving for the journeys that would benefit from such a system, as well as the total potential including all journeys was also calculated.

The analysis employed to estimate the effect of probe vehicles sending information concerning traffic disturbance involved five parts: (1) the definition of a traffic disturbance event, (2) the estimation of the probability of a traffic disturbance event, (3) the probability of the disturbance being discovered by a probe vehicle, (4) the probability that another, more fuel-saving route, existed, and (5) the total potential for fuel-saving using information from probe vehicles in Lund.

3.4.1. Definition of an indicator of a traffic disturbance

A disturbance event in traffic may be defined in many different ways. In this study we established three criteria that should be met for an event detected by a probe vehicle to be classified as a disturbance. (1) The event should represent a relatively rare incidence and lie outside the 'normal' variation in a specific traffic environment, (2) the event should be associated with a measure or parameter that is perceived as irritating by drivers, and (3) it should be possible to connect the parameter used to describe the event to the fuel consumption of the car.

Using a subset of 15437 real traffic driving patterns with codes for street class and time of day, we studied the possibility of using different parameters to identify traffic disturbance events. Parameters connected with average travelling speed or stop times on different segment types as well as the travelling time, were tested. Other studies e.g. Li and McDonald (2002) have studied how to estimate travel time through single probe vehicles to be used in Advanced Traveller Information systems. In those studies it was possible to compare the actual travelling speed for the probe vehicle with the average travelling speed which was estimated through information from detectors and cameras along the actual street section. In our study we aim at covering a whole street network and it was not possible to collect enough data from each individual road section. Instead the street network was divided into altogether 61 different street classes for which the average travelling speed and total summarized stop time was calculated through the driving patterns. According to our tests the relation between (1) the actual speed on the link and (2) the average speed for the street class to which the link belonged was found to be rather continuously distributed and no obvious limit for congestion or disturbance was detected. For example at road links having intersections controlled by traffic lights the normal variation in travelling speed was wide. Instead the parameter *total stop time* (total time speed < 2 km/h, sum of all events over the driving pattern i.e. includes single as well as multiple stops) on a specific segment was chosen as a parameter to indicate a traffic disturbance on the road section. The parameter is thus not related to single stops only but to the total stop time while travelling the link. The relative occurrence and duration of total stop time for different street classes in Lund is shown in Fig. 3. To meet the criterion of a relatively rare event, and thus not including incidents within the normal variation in traffic flow, the length of the total stop time on a segment was required to exceed 80 s. Fig. 3 shows that stop times over 80 s were rare and randomly distributed. On the average the stop time for disturbed links was divided on 2.73 stops. The general applicability of this parameter can be questioned. There is always a risk that some of the probe vehicle that would have more than 80 s would not actually be in a traffic jam but idling while picking up a passenger. However, measurements of the frequency of stop times on various street types in another Swedish city, Västerås (for a description of the data see e.g. Ericsson, 2001) showed the same frequency pattern. To capture low speeds at links the average travelling speed could as well have been an option for the indicator. However the data in this study did not show any obvious limit under which the travelling speed could be interpreted as a result of an uncommon event, traffic congestion or other disturbance. A stop time over 80 s on a segment was chosen as limit for

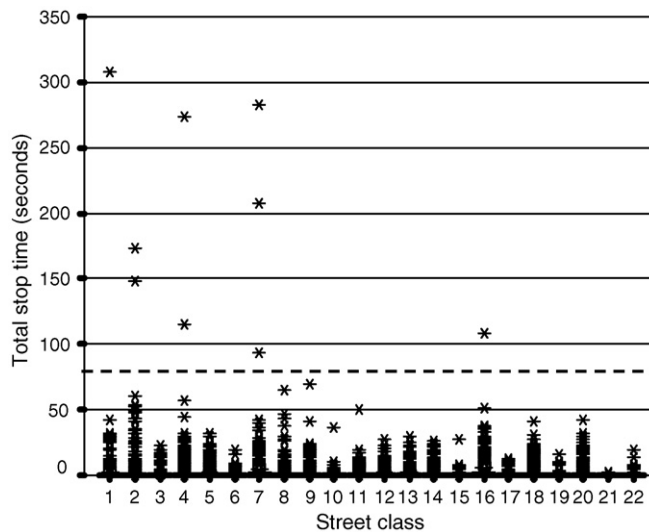


Fig. 3. The occurrence of stop times of different durations on the 22 street classes in Lund. For description of street classes see Table 2. The dotted line represents 80 s, stop time, which was the definition of a traffic disturbance.

events outside the normal pattern of traffic flow. When stop times exceeded this limit the cases were more widely and uneven spread, and appeared to be outliers. In larger cities the limit would probably have to be adjusted depending on the general traffic situation. It was also confirmed that no traffic lights in Lund had a fixed cycle time over 80 s. Furthermore, any possible relation to segment length was investigated, but none was found.

The choice of stop time as a measure to represent disturbance is supported by findings concerning people's preferences in other forms of transport. In research on the preferences of travellers using public transport delays and waiting times at bus stops have been found to be rated especially negatively (Norheim and Ruud, 2002; Kjørstad, 1995; Berge and Amundsen, 2001). Our hypothesis was that stop time, i.e. standing still for longer periods than would normally be expected, is perceived as negative by car drivers as well. Finally, it was possible to connect to extra fuel consumption to the stop time, which is an important issue in this study (Section 3.4.4).

3.4.2. Inflicting a traffic disturbance penalty on each of the 50 journeys and the probability of identification by a probe vehicle

The relative probability of a disturbance event leading to a stop time longer than 80 s was estimated for each street class from the database of 15437 driving patterns. A certain number of events were found on residential streets. Since a longer stop time on residential streets would rather be associated with waiting for a passenger, or clearing snow and ice off while warming the engine, than with traffic jams, the residential streets were omitted from the analysis. The estimated relative risk of a traffic disturbance event was transformed into a weighted probability function to inflict an artificial disturbance penalty on each of the 50 journeys. The size of the penalty was calculated as the average stop time for stops longer than 80 s for that particular street class. In Table 2 the overall and the relative risk of incurring a traffic disturbance event and the size of the penalty is reported for each different street class. The absolute risk was estimated from the database of 15437 real traffic driving patterns, as the overall relative frequency of cases where the stop time exceeded 80 s for different street classes. The relative risk of a traffic disturbance occurring when comparing street classes was also estimated. Here residential streets were omitted for the reasons discussed above. The time penalties given in Table 2 were calculated using following equation:

$$P = ST_{>80} - ST_{ALL} \quad (2)$$

where P , penalty (s); $ST_{>80}$, average stop time for the cases for which the stop time exceeded 80 s; ST_{ALL} , average stop time for all cases.

Table 2

Overall and relative risk of a disturbance event in different street classes, the average stop time and the size of the penalty allocated when there is a disturbance in that street class

Street class	Description of street class	Overall risk of a disturbance event	Relative risk of a disturbance event	Overall average stop time (s)	Penalty assigned (s)
1	Local, CBD, speed limit 30, without traffic lights, with or without traffic calming	0.00484	22.86	12.76	183.29
2	Local, residential, speed limit 30, without traffic lights, with or without traffic calming	0.00820	– ^a	12.33	101.23
3	Local, residential, speed limit 30, with traffic lights, without traffic calming	0	–	10.92	–
4	Local, residential, speed limit 50, without traffic lights, with or without traffic calming	0.00334	– ^a	12.76	219.19
5	Local, residential, speed limit 50, with traffic lights, with or without traffic calming	0	–	10.10	–
6	Local, outside CBD and residential, speed limit 30 or 50, without traffic lights, with or without traffic calming	0	–	6.91	–
7	Main, CBD, speed limit 30 or 50, without traffic lights, with or without traffic calming	0.00484	22.86	12.58	116.10
8	Main, CBD, speed limit 30 or 50, with traffic lights, without traffic calming	0.00361	17.14	17.21	86.29
9	Main, residential, speed limit 30 or 50, without traffic lights, without traffic calming	0.00143	6.67	8.68	101.88
10	Main, residential, speed limit 30 or 50, without traffic lights, with traffic calming	0	–	6.49	–
11	Main, residential, speed limit 30 or 50, sparse with traffic lights, without traffic calming	0.00260	12.38	9.89	91.17
12	Main, residential, speed limit 30 or 50, sparse with traffic lights, with traffic calming	0	–	10.35	–
13	Main, residential, speed limit 30 or 50, dense with traffic lights, with or without traffic calming	0	–	11.10	–
14	Main, outside CBD and residential, speed limit 50, without traffic lights, without traffic calming	0	–	10.94	–
15	Main, outside CBD and residential, speed limit 50, without traffic lights, with traffic calming	0	–	6.67	–
16	Main, outside CBD and residential, speed limit 50, sparse with traffic lights, without traffic calming	0.00203	9.52	14.88	90.98
17	Main, outside CBD and residential, speed limit 50, sparse with traffic lights, with traffic calming	0	–	6.33	–
18	Main, outside CBD and residential, speed limit 50, dense with traffic lights, without traffic calming	0.00056	2.86	13.13	67.92
19	Main, outside CBD and residential, speed limit 70, without traffic lights, without traffic calming	0	–	6.73	–
20	Main, outside CBD and residential, speed limit 70, sparse with traffic lights, without traffic calming	0.00124	5.71	14.64	69.07
21	Main, outside CBD and residential, speed limit 90, without traffic lights, without traffic calming	0	–	2.83	–
22	Main, outside CBD and residential, speed limit 110, sparse with or without traffic lights, without traffic calming	0	–	15.80	–

^a No disturbance events were allocated to residential streets due to reasons discussed in the text.

It should be noted that due to the relative lack of congestion in Lund, disturbance events were rare in the database. The penalty was estimated from only 1–3 values for each street class and the absolute values of the penalty must be regarded very approximate.

The date and exact time of day was noted for each of the 50 journeys. To check whether the disturbance, if existed, would have been revealed by one of the probe vehicles the complete ISA database was utilized. The database was thus searched in order to estimate the probability of at least one ‘probe vehicle’ being in the disturbed segment within 15 min of the start of the 50 journeys.

3.4.3. The probability that a more fuel-saving route exists in the case of disturbance events

The extra fuel consumption in the disturbed segment was estimated through regression analysis by estimating the relation between fuel consumption and (1) the distance travelled, and (2) the time standing still idling. The database of 15437 driving patterns for which fuel consumption, travelled distance as well as stop duration had been calculated for each individual case was used. The equation had the form

$$\text{Fuel consumption} = \alpha * \text{distance} + \beta * \text{stop time} \quad (3)$$

The parameter α was estimated to be 0.905 l/10 km and β 0.000456 l/s of stop time. The parameter β was then used to calculate fuel consumption penalties which were added to the disturbed segment in at each of the 50 journeys.

In order to study whether there was a better choice of route, the most fuel-saving route between the origin and destination of the 50 journeys was again optimized, now with the added extra fuel penalty on the disturbed segment. The number of cases for which better route choices were available was noted, together with the saving in fuel consumption and time, if any. The gain was estimated through the differences, in fuel consumption and time, between the routes without and with the information from the probe vehicles.

3.4.4. Estimation of the total potential for fuel-saving using information from probe vehicles

Finally, the probability of being caught in a disturbance event according to our definition was estimated. This probability will of course be crucial in the decision concerning the use of a system taking into account real-time information on the traffic situation. However, this probability would also be very dependent on the city concerned.

To estimate the probability of a disturbance event on a journey in Lund city we used the risk of a stop time over 80 s on different street classes, estimated from the database of 15437 driving patterns, and the relative frequency of different street classes in normal journeys estimated from 50 randomly chosen journeys. The 50 journeys consisted of 1387 non-residential segments. The overall risk of a traffic disturbance event in Lund was calculated from:

$$R = \frac{k * \sum_{i=1}^n r_i * f_i}{N} \quad (4)$$

where R , the risk of being disturbed; k , number of segments (1387); n , number of street classes (22); r_i , overall risk of disturbance in street class i ; f_i , the frequency of passage of street class i over N journeys; N , number of journeys (50).

The total potential for saving fuel using real-time information from probe vehicles depends on three factors: (1) the probability of a traffic disturbance event during a journey, (2) the probability that such event would be detected by a probe vehicle, and (3) the probability that another, more fuel-efficient route, existed. The proportion of journeys that would have benefited from real-time information about the traffic situation from probe vehicles was estimated as the product of these three probabilities. Further more, the average fuel-saving, for journeys that would make such gain was calculated. The estimation was based on the differences in fuel consumption between the routes without and with the probe vehicle information. Finally, the overall gain in fuel consumption for journeys in Lund was estimated by calculating the product of the proportion of journeys and the average fuel-saving. Similar calculations were performed for time consumption.

It should be noted that the calculations concerning the possible benefit of probe vehicles in Lund is approximate due to very few cases of traffic disturbance events. The methodology could, however, be used for other cities where congestion and delays due to disturbance events are more frequent.

4. Results

4.1. Fuel consumption factors (FCF's) in different street classes

The street network of the city of Lund was classified into 61 classes. This classification is based on street function, type of environment, speed limit (speed sign), density of traffic signals, traffic-calming measures and the traffic flow at peak and off-peak hours. From real driving patterns in Lund the fuel consumption (litres/km) was estimated for the 61 classes. The results are illustrated in Fig. 4. Street classes 1–22 are shown on the x-axis, while the flow classes 0–3 on each street class (explained in Section 3.1) are indicated for each street class.

Fig. 4 shows average values of the calculated fuel consumption (litres/vehicle km). Rather large confidence intervals were found around individual cases (95% confidence intervals were typically $\pm 10\%$ of the average), but some general observations could be made. First, it can be noted that the fuel consumption on street classes with a high density of junctions controlled by traffic lights is generally higher than on corresponding classes without a high density of junctions controlled by traffic lights. This is exemplified by class 3, compared with class 2; class 5 compared with class 4; class 13 compared with 12 and 10, and class 18 compared with classes 16 and 14. Apart from this, the fuel consumption on streets classified as local network or streets in the CBD tends to be higher than the others (classes 1–8 compared with classes 9–22). Concerning fuel consumption and traffic-calming measures and the variation in traffic flow, no significant differences were found. Similar results concerning the influence of specific street environment properties were found in Brundell-Freij and Ericsson (2005).

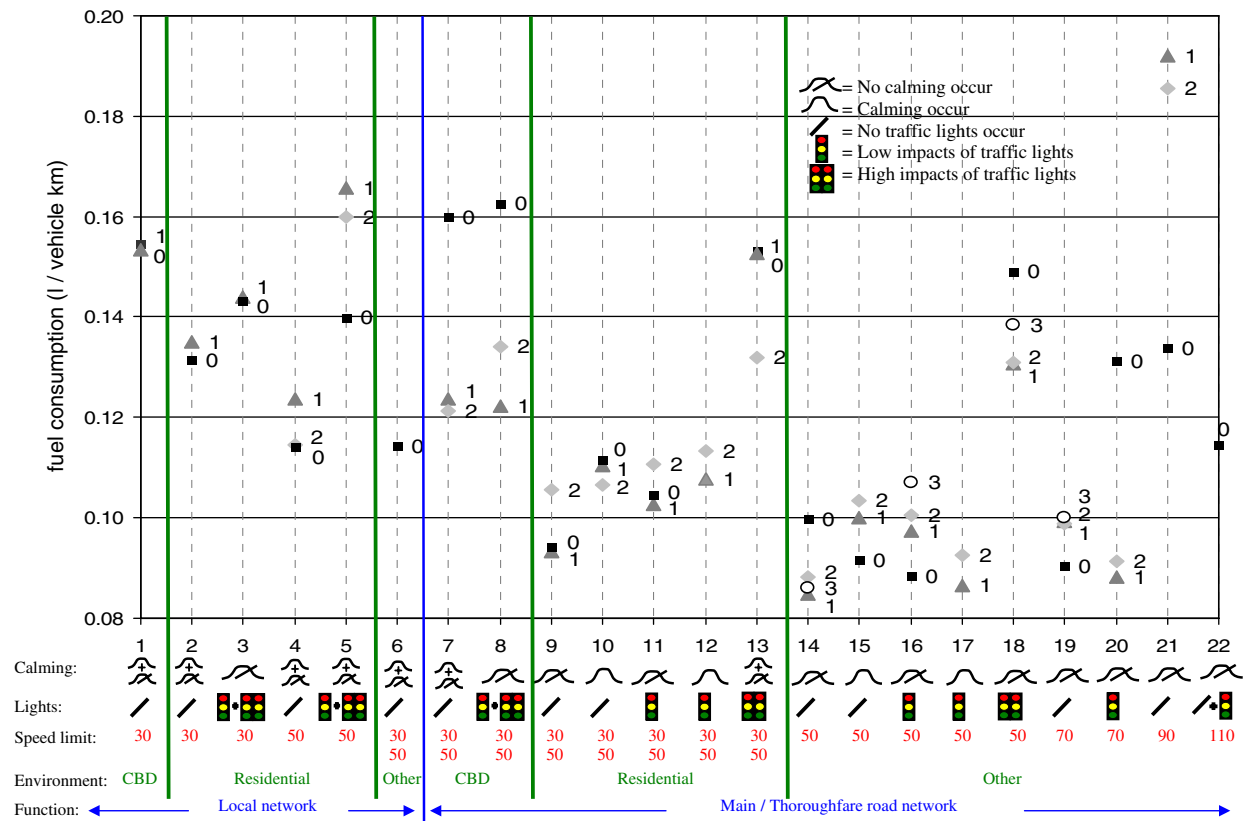


Fig. 4. The fuel consumption per vehicle kilometre for each of the static street classes and the dynamic flow classes (0–3). Speed limits are either specific for one level or in some cases merged (e.g. in some cases described as 30 50 the class includes both speed limit 30 and 50 km/h).

4.2. *The potential of fuel optimization using a navigation system*

From the ISA database 109 journeys longer than 5 min were extracted. Fifty of these journeys were different from the optimized fuel consumption route, which corresponds to 46% of all journeys. For these 50 journeys the shortest, fastest and most fuel-saving routes were calculated. For each of these three optimizations the results from the two other parameters were estimated. Regarding the optimization of fuel consumption the mean saving in fuel was found to be 8.2% compared to the actual journey. This corresponds to an overall gain including all journeys over 5 min of 4.0%.

Though commercial navigation systems, optimizing for the shortest or fastest route, are becoming more common, we wanted to find out whether these systems could offer any benefit concerning fuel consumption. For the 50 journeys studied there was a clear indication that the fuel consumption was lower when optimization for the shortest route. Actually, in 41 of the 50 cases the shortest route was the same or almost the same as the route optimized for lowest fuel consumption. Between the fastest route and the original route no significant benefits due to reductions in fuel consumption were shown. An interesting question is whether one would lose time using a fuel-optimizing navigation system. According to this study, the 50 journeys that would have been assigned an alternative more fuel-saving route by the system would, on average, have saved 8.5% in time. That means, the fastest route was not found to be fuel-saving but the most fuel-saving route were on the average saving time. A navigation system optimized after lowest fuel consumption would thus save fuel and time in most cases.

4.3. *The potential for fuel-saving using real-time information on the traffic situation through probe vehicles*

The study showed that, on average 2.7% of all journeys in Lund with duration longer than 5 min include at least one segment that is disturbed, i.e. has a stop time exceeding 80 s. For 76% of “disturbed” journeys a more fuel-efficient route existed. The average reduction in fuel consumption if these vehicles were rerouted would be 7.6%. The probability that a disturbance event would be revealed by at least one of the probe vehicles in Lund was, according to the study, 26%.

Thus, despite being limited, this study indicates that the fuel consumption of journeys involving a disturbed segment could be reduced by approximately, $7.6\% * 76\% = 5.8\%$, using a navigation system that takes into account real-time information concerning the traffic situation. However, the critical issues of the general benefit involved in estimating such a system are: the frequency of disturbance events and the degree to which the events could be revealed in real-time. In the case of Lund, disturbance events are rare which in itself means a small potential for fuel-saving. Further more, the degree to which the probe vehicles were able to cover the street network was rather low, only 26% of the events would have been revealed. Thus, regarding journeys in Lund, the total fuel reduction potential resulting from real-time information from probe vehicles would be negligible, 0.04%. However, the results indicate that for cities with more serious traffic flow problems a navigation system using real-time traffic information could be beneficial if enough real-time information could be provided to the system. If the information is to be provided through probe vehicles a higher density of those vehicles would be required than was the case in Lund.

Since time is important for most drivers the application regarding probe vehicles was also investigated in this respect. It was found that the vehicles that would have been rerouted due to traffic disturbance in order to save fuel would also have saved time; according to this study 15%. It should, however, be noted that these calculations are based on rather small numbers of disturbances and must be interpreted with caution.

5. **Conclusions, discussion and further research**

In this study we attempted to estimate the potential for reducing fuel consumption and the emission of CO₂ through a navigational aid where optimization of route is based on the lowest total fuel consumption (instead of the traditional shortest time or distance). Further the supplementary effect if such navigational aid takes into account real-time information about traffic disturbances from probe vehicles in the street network was estimated. The project was primarily a pilot study intended to explore possible future means of reducing fuel consumption through different types of driver support tools. The findings will thus have impact on future research.

The final results are all in some way connected to the FCF for each street class in Lund. These FCF's, which were based on a large set of real traffic driving patterns, were also a deliverable of the project. For this purpose was used two vehicle simulation models that takes in to account the second by second speed profile of each driving pattern to calculate the emissions and fuel consumption of individual vehicle. The calculations of FCF's are based on three cars which were aggregated through a weighted average to approximately represent the Swedish vehicle stock. It is well known that different car models (and even different individual cars) have different performance concerning emissions and fuel consumption in relation to driving pattern. Thus three cars are likely to be too few to describe the detailed behaviour of a vehicle fleet in terms of fuel consumption. Yet since fuel consumption less individual variation between car models than exhaust emissions do, the use of three cars of different size and performance were assumed sufficient to estimate the potential fuel-saving effect of the different driver support tools. It is worth mentioning some general observation concerning the estimated FCF's. The street classes with a high density of junctions controlled by traffic lights show higher FCF's, for example, classes 3, 5, 13 and 18, than corresponding street classes with few, or without traffic lights. Also, streets in the local network and streets inside the CBD tend to show higher FCF's than streets in the main network. This was not unexpected as drivers on main roads and thoroughfares have right of way and would therefore not have to slow down or stop as often. Although the study benefited from an extensive set of unique data, errors may be included in the material. As the ISA database was compiled over a period of three years, some streets may have changed class. This means that some driving patterns may have been sorted into the wrong street class. This kind of error is, however, difficult to eliminate.

According to other studies much can be gained in terms of lower fuel consumption if drivers apply so-called eco-driving. Johansson (1999) reports a possible reduction in fuel consumption of about 11%. It has, however, also been observed that the long-term effect of instruction in eco-driving tends to diminish as many drivers gradually return to their old driving style.

Our findings show that there is a clear potential for a navigational system which shows the driver the best route in terms of fuel economy. As many as 46% of all trips in Lund with a duration over 5 min did not use the most fuel-efficient route. An average of 8.2% fuel could have been saved using a fuel-optimized navigation system. This corresponds to a 4% fuel reduction for all journeys longer than 5 min in Lund. Inquiries show that it would be possible to include such an option in the navigational systems of tomorrow, but further research would be needed in cooperation with vehicle navigation companies. The next step would be to test the concept in a pilot project where fuel consumption in different street classes was combined with a map in an existing navigation system and allowing drivers to use it over a test period. The main objectives would be to study how the equipment is used in reality, to estimate the fuel reduction and to investigate drivers' attitudes to the concept. This study also indicated a fuel-saving potential with conventional navigation systems, i.e. using the shortest route option, since the most fuel-efficient route was about the same as the shortest route for 41 of the 50 journeys. No significant fuel reduction effect was, however, found for the fastest route option.

Concerning the potential for fuel-saving through real-time data from probe vehicles the results were ambiguous. Since the frequency of disturbances on road links in Lund was very low the results must be regarded as indicative, and as a study of the methodology rather than an estimation of absolute sizes of the effects. The study indicates a potential 5.8% reduction in fuel consumption for vehicles that would otherwise have been caught in a disturbances event. However, a weak point was revealed concerning the possibility of detecting the disturbance event through probe vehicles. In our case the probe vehicles running in the system, corresponding to approximately 0.4 probe vehicle per kilometre road in the city, were only able to recognize 26% of the events. To be of real interest the likelihood of a disturbance event being detected by the system must be increased to at least 50%. Further the probability of a traffic disturbance event occurring is crucial for the value of such a system. This is related, among other things, to the size of the city and the overall design of the transport system.

Acknowledgements

Thanks to Thomas Anderson, Volvo cars, Lars Harrie, Lund University Centre for Geographical Information Systems, Anna Karlsson, the Municipality of Lund, and Håkan Johansson, at the Swedish National

Road Administration for valuable input and practical support, and to Vinnova, the Swedish Agency for Innovation Systems, for financing the project.

References

- Axelsson, H., Ericsson, E., 2004. Miljöeffekter i form av CO₂-utsläpp på Lunds gatunät. Department of Technology and Society, Traffic Planning and Engineering, Lund University. Bulletin 225. Lund. ISSN 1404-272X.
- Berge, G., Amundsen, A., 2001. Holdninger og transportmiddelvalg – en litteraturstudie. Oslo: Transportøkonomisk institutt TÖI-rapport 512.
- Bil Sweden, 2004. Bilismen i Sverige 2003, Bil Sweden Bilindustriföreningen in cooperation with Gamlin & Zeipel, Stockholm.
- Bratt, H., Ericsson, E., 1999. Estimating speed and acceleration profiles from measured data. In: Proceedings of 8th International Symposium and Air pollution, Graz, Austria, 1999, 11pp.
- Brundell-Freij, K., Ericsson, E., 2005. Influence of street characteristics, driver category and car performance on urban driving patterns. *Transportation Research Part D* 10 (3), 213–229.
- Commute Atlanta initiative web-page: <<http://www.ce.gatech.edu/research/commuteatlanta/index.htm>>.
- Davidsson, F., Matstoms, P., Lillienberg, S., Andersson, H., 2002. OPTIS statistical analysis and PROBE simulation study, Version 1, CTR, Royal Institute of Technology.
- Deflorio, F.P., 2003. Evaluation of a reactive dynamic route guidance strategy. *Transportation Research Part C* 11, 375–388.
- EEA, European Environment Agency, 2003. Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2003, Tracking progress by the EU and acceding and candidate countries towards achieving their Kyoto Protocol targets, Environmental issue report no. 36, ISBN 92-9167-632-2© EEA, Copenhagen, 2004.
- Ekman, L., 2000. Sänkt hastighet i bostadsområden – önskan eller verklighet? Bulletin 180, Department for Technology and Society, Lund Institute of Technology, Lund University, ISSN 1404-272X.
- Ericsson, E., 2000. Urban driving patterns – characterization, variability and environmental implications. Bulletin 186, Ph.D. Thesis, Department of Technology and Society, Traffic Planning, Lund Institute of Technology, Lund University, Lund, 2000.
- Ericsson, E., 2001. Independent driving pattern factors and their influence on fuel use and exhaust emission factors. *Transportation Research Part D* 6 (5), 324–345.
- Gorham, R., 2002. Air pollution from ground transportation an assessment of causes, strategies and tactics, and proposed actions for the international community. The Global Initiative on Transport Emissions. A Partnership of the United Nations and the World Bank, United Nations, 2002.
- Hammarström, U., 1999. Mätning och simulering av bilavgaser – körning med och utan husvagn i laboratorium och på väg. VTI meddelande 856, 1999. ISSN: 0347-6049.
- Hausberger, S., Rodler, J., Sturm, P., Rexeis, M., 2003. Emission factors for heavy-duty vehicles and validation by tunnel measurements. *Atmospheric Environment* 37 (37), 5237–5245.
- Hjälmdahl, M., 2004. In-vehicle speed adaption. On the effectiveness of a voluntary system. Bulletin 223, Ph.D. Thesis, Department of Technology and Society, Traffic Planning, Lund Institute of Technology, Lund University, Lund, 2004.
- Jensen, S., 1997. Standardised Traffic inputs for the Operational Street Pollution Model (OSPM), NERI Technical Report No. 197, Ministry of Environment and Energy, Copenhagen, ISBN: 87-7772-332-5, ISSN: 0905-815x.
- Johansson, H., 1999. Effekter av EcoDriving på avgasutsläpp och bränsleförbrukning, en förstudie. Vägverket publication 1999:165 Borlänge, ISSN: 1401-9612.
- Kjorstad, K. Naess, 1995. Kollektivtrafikantenes preferenser. Erfaringer fra Moss, Grenland, Kristiansand, Tromso og Ålesund. Oslo: Transportøkonomisk institutt TÖI-rapport 312.
- Li, Y., McDonald, M., 2002. Link travel time estimation using single GPS equipped probe vehicle. The IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems, 3–6 September 2002, Singapore, 0-7803-8/02/\$17.00©2002 IEEE.
- Li, H., Guensler, R., Ogle, J., 2005. An analysis of morning commute route choice patterns using GPS based vehicle activity data. Transportation Research Board, 84th Annual Meeting, Compendium of Papers CD-ROM, Washington, DC, January 9–13, 2005.
- Norheim, B., Ruud A., 2002. Markedsorientert kollektivtransport. Oslo: Transportøkonomisk institutt TÖI-rapport 603.
- Pelkmans, L., Debal, P., Hood, T., Hauser, G., Delgado, M.-R., 2004. Development of a simulation tool to calculate fuel consumption and emissions of vehicles operating in dynamic conditions, SAE 2004-01-1873.
- Smidfelt Rosqvist, L., 2003. On the relations between driving patterns, exhaust emissions and network characteristics in urban driving. Doctoral thesis. Bulletin 213, Department of Technology and Society, Traffic Planning, Lund Institute of Technology, Lund University, Lund, 2003.
- van der Vort, M., Dougherty, M.S., van Maarseveen, M., 2001. A prototype fuel-efficiency support tool. *Transportation Research Part C* 9, 279–296.
- Zallinger, M., Anh, T.L., Hausberger, S., 2005. Improving and instantaneous emission model for passenger cars. 14th International Symposium “Transport and Air Pollution”, Graz, on June 1–3, 2005.
- Zhao, Y., 1997. Vehicle Location and Navigation Systems. ITS, Artech House Inc., Boston, London, ISBN 0-89006-861-5.

Artikel II

The acceptance of an acceleration advisory tool for more energy-efficient car driving

Hanna Larsson

Lund University, Department of Technology and Society, P.O. Box 118, SE-221 00 Lund

Abstract

The traffic sector is responsible for a large proportion of all energy used, as well as the total emissions. The speed and acceleration profiles of drivers have significant effects on the emission from vehicles. A driver-support tool might thus have a positive effect leading to a decrease in emissions and fuel consumption. In this study a product called Traffic Budgeter (TB) was tested in vehicles used by the Swedish postal service. The TB gives advice through resistance in the accelerator pedal when the driver tries to accelerate at an undesirable level of acceleration. The aim of this study was to investigate whether drivers accepted the product and how they used it. The TB was installed in four postal delivery cars used by 20 postmen working in three districts. Questionnaires were filled in by the drivers before and after the test period, and three in-depth interviews were carried out to determine the level of acceptance and usage of the advisory tool.

Keywords: *acceptance, fuel consumption, driver support tool, postal delivery vehicle, driving behaviour, qualitative research and data logger*

Introduction

Various driver-support tools are becoming more common in today's vehicles. The type of tool varies from those that provide the driver with information, for example, a navigator, to more complex systems that may even take control of the vehicle in dangerous situations (Hancock and Parasuraman, 1992).

The importance of providing adequate and accurate information about the product when drivers are introduced to a new system is enormous. A prerequisite for the successful introduction of new in-vehicle technology is acceptance by the driver. If the drivers do not accept the new product they may not use it, and the economic investment is wasted (van der Laan et al., 1997). According to Papillon (2004) there are three important components that determine drivers' acceptance of new techniques in vehicles: the aim of the technique, knowledge about the technique, and the drivers' attitude to being supervised by the system and the matter of personal privacy.

When discussing driver-support tools most people first think of IT support to increase traffic safety or facilitate logistics. Another application, not yet studied to any large extent, is in environmental support, for example, for reducing fuel consumption and emissions. Research shows that where, when and how one drives have great importance on the fuel consumption. A study in Lund, southern Sweden, shows that 46% of all journeys longer than 5 minutes were not driven in the most fuel-efficient way (Ericsson et al., 2005) and according to Ericsson (2000) the street type in combination with driver category has a significant influence on driving behaviour.

About five years ago, the majority of the postmen employed by the Swedish postal service (Posten AB), were trained in eco-driving to reduce fuel consumption. Initially there was a decrease in fuel consumption, but after a while the drivers returned to their old driving habits (Sollerud, 2005). This led to the question of whether support tools were available to reduce fuel consumption, and the joint project AAP (Acceleration Advisory tool Postal), between Posten AB, the Lund Institute of Technology at Lund University and Imita AB, which was started during spring 2005. The aim of the AAP project was to evaluate the Traffic Budgeter which aims to reduce the fuel consumption thought preventing drivers from accelerating too rapidly.

According to El-Shawarby (2005) and Ericsson (2001) frequent use of high acceleration rates over a driven distance has an increasing effect on fuel consumption and emissions. According to El-Shawarby (2005) a high rate of acceleration results in a rich fuel-to-air ratio, thus bypassing the catalytic converter and increasing vehicle emissions. On the other hand, eco-driving courses recommend drivers to accelerate comparatively fast up to the desired speed (Huldén, 2000). According to Johansson et al. (1999) the driver should accelerate in each gear until the engine speed reaches the point at which the engine torque is at its highest, when practising eco-driving.

This study focused on the acceptance of the Traffic Budgeter in the AAP project. The aim was to determine if the drivers accepted the TB and to evaluate how they used it. To do this, questionnaires were filled in by the drivers before and after the test period and three in-depth interviews were carried out to measure the acceptance and usage of the advisory tool. The results of the questionnaires before and after the test period show the attitudes based on expectations and experience, which according to Levelt (1997) usually differ. The main aim of the interviews was to obtain a deeper qualitative understanding of the drivers' opinions regarding their acceptance and use of the tool.

1 - Methods

The Traffic Budgeter is an advisory tool that causes resistance in the accelerator pedal when the driver tries to accelerate too rapidly. It is possible to press by this resistance if necessary for traffic safety reasons. Each car was equipped with a data logger that registered the speed, time, date, engine speed, distance and coordinates with 5 Hz. Data were recorded in four cars in three postal districts for 6 weeks without the advisory tool being activated and 6 weeks with the tool activated. During this time a total of 20 drivers were involved in the trial. Before setting off in the vehicle, the driver was instructed to enter a personal identification number, a route number and a code for the weather. The differences in driving patterns and fuel consumption were analysed.

According to a literature study by van der Laan (1997) there is no standard way of measuring drivers' acceptance. The number of methods of measurement is almost as many as the number of studies. In this study, a questionnaire before and after the trial, and three interviews were performed.

1.2 - Questionnaire

The postmen were asked to fill in questionnaires before and after the test. The questionnaires were distributed and collected by the postal company and the response rate was high; in total 19 before and 11 after the study. The difference before and after the study can be explained by the fact that not all the postmen used a car equipped with the TB.

The questions were mainly of closed format. The choice between open and closed format depends on the general research problem (Rosengren et al., 1992). In this study, the open questions were studied in the interviews. The layout and design of the questions were similar to those employed in evaluating the ISA (Intelligent Speed Adaptation) system (Falk et al., 2002). Most of the questions were answered on a scale from 1 to 5, where 1=very bad, ..., 5=very good (an Osgood scale), i.e. the response scale is bipolar (Forward, 2006). The questionnaire was divided in three main topics: general questions about fuel consumption and emissions from vehicles, questions about the acceleration advisory tool and some personal questions. The final questionnaire had 14 questions, many of which had subsections.

1.3 - Interviews

To obtain a deeper understanding of how the drivers used and accepted the TB, the questionnaires were complemented with interviews. The number of interviews was limited to three test drivers due to time constraints. When constructing the questions for the interviews, some of the results from the

questionnaire conducted before the test period were used.

1.3.1 - The Interview Guide

The structure of the questions was to some degree meant to be open-ended, i.e. the researcher sought the individual's experience of a phenomenon's qualities and knowledge of consistence that just in some way is controlled by the researcher. Some parts of the questions were meant to be half closed, i.e. the researcher asked for the interviewee's opinion in more or less predefined terms and the relation between the different concepts (Lantz, 1997). In this study the questions about acceptance were mostly open-ended and the questions about usage mostly half closed.

At the beginning of the interview some general questions were asked to obtain background variables (Lantz, 1997) about employment at the postal service and how the company had developed. The idea was to make the interviewee relaxed and comfortable by talking about something familiar, but also to get the feeling if the test period led to any specific changes for the interviewee. The next part of the interview was intended to provide a better understanding of the occupation and the routines, for example, the different routes driven, how the cars were used and maintained, but also about the social relations at work. Later it was asked whether the TB had been discussed at work. The questions were asked from different perspectives based on: 1) the thoughts and experience of the interviewee regarding the TB, 2) the thoughts and experience other users had about the TB according to the interviewee, 3) how the interviewee described the TB to people outside the company and what opinion they formed about the TB according to the interviewee, and 4) whether the TB had affected other road users and the way in which this had been manifested. The idea of the indirect questions with different perspectives was to investigate and verify the interviewee's own opinion (Kvale, 1997). At the end of the interview a couple of summarizing questions were asked.

1.3.2 - The Selection of Interviewees

The interviewees were chosen from among the drivers who had been driving with the TB, i.e. a criterion selection (Bengtsson et al., 1998), and one person was chosen from each district who had driven the most in that district, i.e. a strategic selection (Bengtsson et al., 1998). Districts were chosen to obtain a broad point of view regarding the acceptance and usage of the TB. It may be hypothesized that the test drivers' opinion could be influenced by the other drivers in the district. The gatekeeper, i.e. the mediator between the researcher and the interviewees (Bengtsson et al, 1998), was the director of the district office.

1.3.3 - The Analysis

Each interview took about an hour and was recorded on tape. Afterwards they were transcribed. As the aim was not to investigate sociolinguistic aspects, "umms" and "ahhs" etc. were not transcribed (Kvale, 1997).

The answers obtained from the interviews were read through to find similarities, differences, contradictions, unexpected answers and important key words that the interviewee used more than once. A matrix was created with 19 fields of study on the y-axis and the three interviewees on the x-axis. Concise interview expressions used by each interviewee were then entered into the matrix, i.e. concentrations of sentences (Kvale, 1997). The fields of study in the matrix were divided into the test drivers' acceptance and their usage of the TB. To protect the identity of the interviewee and to make for easier reading, the quotes given below have been slightly edited while retaining their meaning.

2 - Results

The results presented below regarding the drivers' acceptance and use of the TB is the outcomes of the questionnaire before and after the trial, and three in-depth interviews.

The questionnaire conducted before the trial revealed that the general attitude towards an acceleration advisory tool was neutral or fairly good, Figure 1. After the trial the attitude was less positive, decreasing from a mean value of 3.37 to 2.45 (1=very bad, 2=fairly bad, ..., 5=very good). Upon comparing these results with the frequency of driving with the TB it is seen that drivers who used the test car more frequently were more positive than those who tried the system only one to five times, Figure 2.

In the questionnaires the drivers gave their opinions on eight specific factors and whether they believed that these factors would change after the TB had been installed, Figure 3. The mean value obtained from the questionnaire conducted before the trial showed that the drivers believed that driving time would increase, while traffic safety, irritation and stress would remain essentially unchanged, the feeling of being controlled would increase, the enjoyment of driving would decrease, the level of alertness would be unchanged and the fuel consumption would decrease. A study with the Wilcoxon signed rank test was performed to determine if the opinions regarding these factors showed any significant changes after the test period with the TB. Ten of the 11 completed questionnaires after the test could be used in the Wilcoxon test. Of the eight factors, only traffic safety (decreased) and fuel consumption (increased) showed significant ($P < 0.1$) differences between the questionnaires before and after the test period.

The in-depth interviews provided a more balanced picture of what makes drivers state that the TB led to a lower level of traffic safety after the test. In both the questionnaires and the interviews one district, located in the third largest city of Sweden, was responsible for the decrease in traffic safety. In situations with high traffic flow, when the distance between cars is small, the resistance of the TB was described as "stubborn" and "annoying" and also in some situations as "dangerous" by the interviewee, i.e. the driver was worried that the car behind him would run into him. Another situation in which the interviewee felt unsafe was when he wanted to adapt to the general traffic flow during rush hours. These situations resulted in an increase of pressing by the resistance. The other two interviewees, who were driving mostly in rural areas or a residential district, did not agree with the opinion that the TB made it difficult to adapt their speed when turning into another street or that it in other ways felt unsafe to drive with the TB installed. The following quotation is from an interviewee who mostly drives in rural areas: "*In situations when I needed full acceleration it's been alright. It hasn't restrained me at all*".

Even though the resistance of the accelerator pedal was described as stubborn and sluggish, it came to light in one interview that driving behaviour become more smooth and calm with the TB installed:

Researcher: "What do you think the general opinion would be if the postal service extended the project and installed a TB in every car?"

Interviewee: "There's always opposition to new things. Perhaps there'd be some opposition in the beginning, but I think that after a while they'd get use to it, plus they'd notice that their driving became smoother."

No general rule about when drivers pressed by the resistance could be identified, but some answers in the interviews indicated that this was more frequent when the driver felt that he was in an uncertain situation, was worried about disturbing other road users, or when he was in a hurry. For example, become the press by more frequent when the driver was about to turn onto a road with high traffic flow or when about to overtake. When the distance between stops was short, one interviewee said that there wasn't any point in overriding the resistance.

Why the opinion about fuel consumption changed after the test period is difficult to say. One opinion was that *“the fuel consumption of the test car was quite low already before the test started, and it’s not possible to decrease the consumption much more”*.

The use of indirect questions worked well. In almost all questions regarding the views of others they expressed the same opinion as the interviewee, but in one question about what others would think regarding whether the TB would have reduced fuel consumption the interviewee said: *“Since I believe that the system will save fuel, the people I told about it will believe it too”*.

Conclusions

This paper describes how postmen accepted and used the Traffic Budgeter. The TB gives advice through resistance in the accelerator pedal when the driver forces the pedal to an undesirable rate of acceleration. Two questionnaires were filled in by the drivers, before and after testing the product for 6 weeks, and three in-depth interviews were conducted.

Results from the questionnaires showed that the general opinion regarding the TB tended to be more negative after the test period. However, when taking into account the extent to which the driver had actually tested the TB, it was found that those who had driven more frequently with the TB installed (> 20 times) tended to be more positive to the system than those who only tried it a few times. From the in-depth interviews it was found that the level of acceptance also seemed to depend on the traffic situation in which the driver usually found himself. In general, it appears that drivers are more positive towards the TB when they are driving in environments with low traffic flow. The interviewee who often drove in areas with high traffic flow tended to feel anxiety regarding traffic safety and was worried about being run into from behind.

Situations when the drivers more frequently press by the resistance, according to their own opinion, seemed to be when they felt themselves to be in an uncertain situation, were worried about disturbing other road users or when they were in a hurry. Thus, traffic conditions play an important role in the extent to which the driver followed the advisory tool. Drivers also stated that the distance between stops affected their behaviour, i.e. for short distances it did not seem worthwhile to accelerate up to high speeds. Further research will focus on differences in fuel consumption, travel time and other parameters describing driving patterns with and without the TB.

Acknowledgements

The author would like to thank Eva Ericsson for her support and encouragement. Thanks also to Imita AB and the Swedish Postal Service for their cooperation and the Swedish Energy Agency for their financial support.

References

- Bengtsson C., Hjort M., Sandberg H., and Thelander Å., (1998): Möten på fältet, Kvalitativ metod i teori och praktik. Media and communication studies, Lund University. Working paper 1998:1.
- El-Shawarby I., Ahn K., Rakha H., (2005): Comparative field evaluation of vehicle cruise speed and acceleration level impacts on hot stabilized emissions. Transportation Research Part D. Vol. 10.
- Ericsson E., Larsson H., and Brundell-Freij K., (2005): The potential effect of a driver support tool for more energy efficient car driving, Submitted to Transportation Research Part C.
- Ericsson E., (2000): Urban driving patterns-characterisation, variability and environmental implications. Doctoral thesis, Bulletin 186, Dep. of Technology and Society, Lund Inst. of Technology, Sweden, 2000.
- Ericsson E., (2001): Independent driving pattern factors and their influence on fuel use and exhaust emission factors. Transportation Research Part D 2001 Vol 6/5 (pp324-345).
- Falk E., Hjälm Dahl M., Risser R., Várhelyi A., (2002): Testförarnas attityd till ISA. Delrapport 3 LundaISA. Dep. of Technology and Society, Lund Inst. of Technology, Sweden, 2002.
- Forward S., (2006): Att mäta attityder och åsikter. Kursmaterial från Trafikteknik och Trafikplanering, Dep.

- of Technology and Society, Lund Inst. of Technology, Sweden, 2006.
- Hancock P.A., and Parasuraman R., (1992): Human factors and safety in the design of intelligent vehicle-highway systems (IVHS). *Journal of Safety Research* 23.
- Huldén L., (2000): Miljöbilar i Stockholm. Stockholms stad, Nyhetsbrev nr 5 /2000.
- Johansson H., Färnlund J., Engström C., (1999): Impact of EcoDriving on emissions and fuel consumptions. A pre-study. Vägverket. Publication 1999:165E. Swedish national road administration.
- Kvale S., (1997): Den kvalitativa forskningsintervjun (S-E. Torhell övers.). Studentlitteratur, Lund.
- Lantz A., (1997): Intervjumetodik, den professionellt genomförda intervjun. Studentlitteratur, Lund.
- Levelt P.B.M., (1997): Speed and motivation. Working paper R22.1 in the MASTER project. VTT, Finland.
- Papillon F., (2004): European drivers and road risk. Part 1: Report on principal results. Part 2: Report on in-depth analyses. Inrets report, Arcueil.
- Rosengren K.E., Arvidson P., (1992): Sociologisk metodik. Almqvist & Wiksell Förlag, Grummessons Tryckeri AB, Falköping 1992
- Sollerud C., (2005): Interview with the environment manager of AAP from the Postal Service, Stockholm.
- van der Laan J.D., Heino A., De Waard D., (1997): A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics. *Transportation Research Part C. Vol.5.*

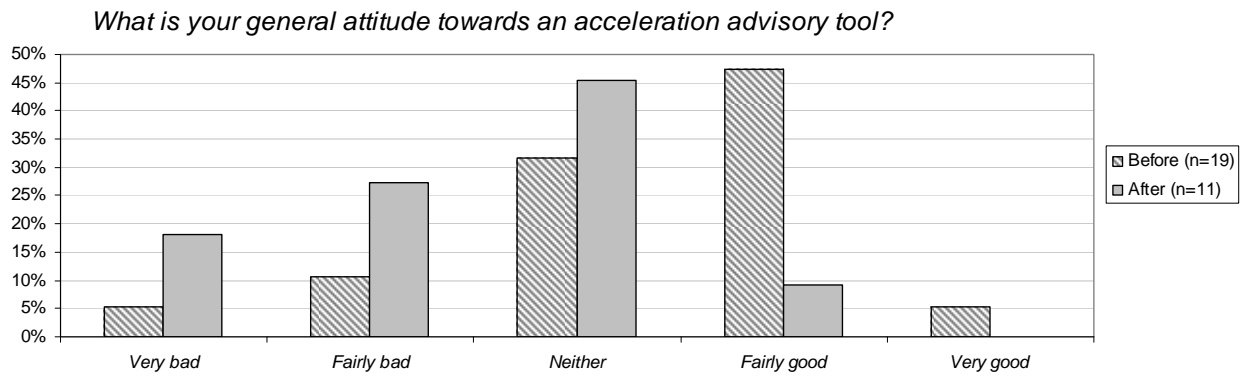


Figure 1. Responses to the questionnaire regarding attitude to the tool before and after the test period.

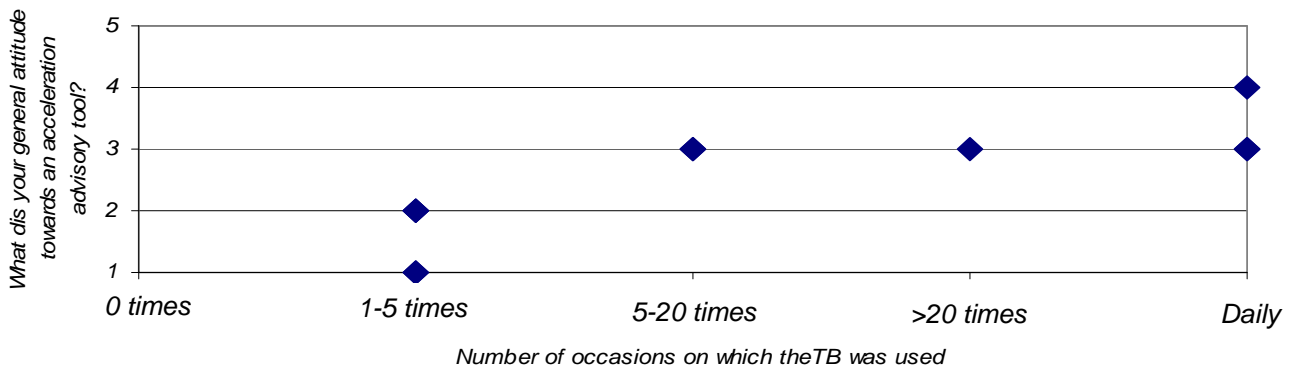
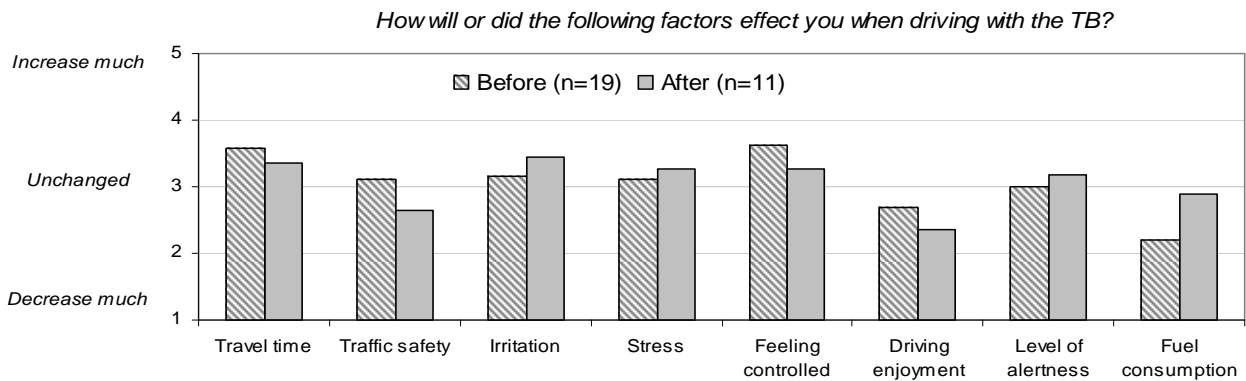
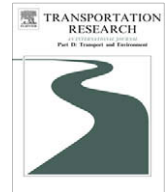


Figure 2. The relation between a positive attitude and the number of times the drivers had tried the system. On the y-axis 1=very bad, 2=fairly bad, 3=neither, 4=fairly good and 5=very good.

Figure 3. Mean values of eight factors from questionnaires before and after the test.



Artikel III



Notes and comments

The effects of an acceleration advisory tool in vehicles for reduced fuel consumption and emissions

Hanna Larsson *, Eva Ericsson

Department of Technology and Society, Traffic Planning, Lund Institute of Technology, Lund University, Box 118, S-221 00 Lund, Sweden

ARTICLE INFO

Keywords:
 Fuel-efficiency
 Mail delivery
 Exhaust emission

ABSTRACT

This study evaluates whether the use of an acceleration advisor leads to fuel savings, to determine the change in traffic-related emissions and to analyse changes in driving patterns on various routes. The acceleration advisor provides advice to drivers through resistance in the accelerator pedal when they try to accelerate rapidly. In a test carried out in Southern Sweden, the acceleration advisor was installed in four postal delivery vehicles. The driving pattern parameters show that strong acceleration was significantly reduced, which indicated that the drivers had complied with the advisor. On two of the three routes, the acceleration advisor had a positive effect on emissions. In general, no significant reduction in fuel consumption was observed when driving with the acceleration advisor activated.

© 2008 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Understanding the effects of different speed and acceleration profiles can help improve levels of fuel consumption and emissions. Analyses of driver behaviour have been used to develop driver-training programmes to foster eco-driving that initially lead to significant reductions in fuel consumption. Drivers, however, usually soon revert to their old style of driving (Commission of the European Communities, 2007). In the early years of the 21st century, the majority of the postmen employed by the Swedish postal service (Posten AB) were trained in eco-driving and initially the consumption decreased, but after a while old driving habits returned and the fuel savings decreased (Solerud, 2005).

Although some analysis has shown behaviour affects the amount of exhaust gases (Ericsson, 2001; Johansson et al., 2003), little effort has been done to determining how driving behaviour can be modified to produce permanently improved driving patterns. Most driver support tools aim to improve traffic safety or provide the driver with route guidance. Although tools have been evaluated with reference to environmental effects, this has seldom been the primary aim of reducing the environmental impacts. An exception is the fuel saving navigation system described by Ericsson et al. (2006). Van der Voort et al. (2001) also offer a prototype support tool that shows an overall potential reduction of fuel consumption of 16% by advising the driver when and how to change gear and accelerate.

The effect of acceleration on emission and fuel consumption is well known (Ding and Rakha, 2002; Ericsson, 2001; Johansson et al., 1999), but there is no consensus on exactly how drivers should accelerate to reduce fuel consumption. According to instructions for eco-driving (Johansson et al., 1999), drivers should accelerate quickly and steadily to the desired speed and change to a higher gear as soon as possible during acceleration. In another study, where the driving of 30 families was logged daily for two weeks in city of Västerås, Sweden, the results showed that rapid acceleration ($>1.5 \text{ m/s}^2$) resulted in a significant increase in the emission of HC, NO_x and CO₂ and fuel consumption (Ericsson, 2001).

* Corresponding author. Tel.: +46 46 222 9198; fax: +46 46 123272.
 E-mail address: hanna.larsson@tft.lth.se (H. Larsson).

Other parameters that affect fuel consumption, according to Ericsson (2001), are the proportion of time spent idling, the relative positive acceleration (rpa) and the proportion of time at speeds <15 km/h and between 50 and 70 km/h. According to El-Shawarby et al. (2005) mild acceleration, 40% of the maximum vehicle acceleration envelope, will lead to the highest accumulated fuel consumption and emission rates per acceleration event (compared with normal and aggressive acceleration, 60% and 100% of the maximum envelope). This is because a longer acceleration time is required to reach the desired speed, but aggressive acceleration results in higher fuel consumption and HC and CO emission rates over a fixed distance. High rates of acceleration result in a rich fuel-to-air ratio, which is required to prevent engine knocking, thus bypassing the catalytic converter and increasing the vehicle's emissions. This rich fuel-to-air ratio continues for a short while after acceleration and causes even more fuel consumption and emissions than mild acceleration.

This study describes the effects of a driver support tool, the acceleration advisor (AA), designed to reduce acceleration, on fuel consumption and emission. When the driver presses the pedal to an unwanted level of acceleration, resistance in the accelerator increases. The aims are to investigate whether the use of the AA tool in postal delivery vehicles can lead to fuel savings, to determine whether traffic-related emissions, i.e., NO_x, HC and CO, are influenced by the use of the advisor and to analyse the varied driving patterns on different types of routes.

2. Acceleration advisor design

The AA is a driver support tool that increases resistance in the accelerator pedal when the driver tries to accelerate too hard. It is possible for the driver to override the resistance whenever necessary. The resistance of the accelerator may be set at different levels by modifying the speed of pedal depression and the initial resistance. Both variables were kept constant in this study. The values of the two resistance variables were chosen after comparing driving patterns from fixed test runs involving 16 combinations of resistance variables being systematically changed. Driving pattern parameters concerning fuel efficiency (e.g. rpa and percentage time of high acceleration) were compared for each test run, as well as the perceived acceptance of the resistance level based on relative time consumption (Larsson, 2007).

3. Experimental design

The AA tool was installed in four cars used for mail delivery in three postal districts in Southern Sweden. They were driven for six weeks without the AA activated and for six with the tool activated. Each test car was equipped with a data logger that registered the speed, time, date, engine speed, distance and coordinates at a frequency of 5 Hz. During the logging period between September and December 2005, 20 drivers drove the vehicles, some on a daily basis, and others occasionally. The driver was instructed to enter a personal identification number and a route number before each trip.

Postal cars and drivers were used because they make numerous trips in a short period. An added advantage was that the same driver often drove over the same route every day, and the vehicles. The logged files numbered 2219 when the AA was not activated and 2368 when the AA was activated. All cars were of the same model (Table 1) and the applied micro emission model was adjusted accordingly.

The logged data were used as input for a detailed micro mechanistic emission model using engine maps to estimate fuel consumption and emission factors for each driving pattern. To reduce the data loggers' induced noise in the measured speed and estimated acceleration profiles, a local polynomial kernel regression model was used (Ruppert, 1997). This model makes it possible to smooth the measured data while the variance and bias of the estimation are minimized. A second-degree polynomial was used for the speed parameter and a third-degree polynomial for the acceleration (Bratt and Ericsson, 1999). Fuel consumption and the emission of HC, NO_x and CO were estimated for each logged driving pattern using the micro mechanistic emission model, Veto. The Veto model has been validated against measured data for fuel consumption (Hammarström, 1999). The results regarding emissions should be interpreted as indications.

Table 1

Specification of the four vehicles used.

Manufacturer	Renault
Model	Kangoo 1.6 L engine
Fuel	Petrol
Number of cylinders	4
Engine power	70 kW
Gearbox	Automatic
Cylinder volume	1598 cm ³
Weight	1750 kg
Fuel consumption, rural	0.61 L/10 km
Fuel consumption, urban	0.98 L/10 km
Fuel consumption, mixed	0.75 L/10 km
EURO	4
CO ₂	177 g/km

Source: Konsumentverket (2008); SNRA (2008).

Table 2

The three specific routes before the AA was activated.

Route	Purpose	Local environment	Mean stops (km)	Mean length (km)	Mean speed (km/h)
All driving patterns	Private mail delivery	Urban, rural And mixed area			
	Delivery to businesses				
	Storage of bundles				
	Pick-up and delivery services				
	Collection from mailboxes				
1	Private mail delivery	Urban area	7.6	52	19
2	Private mail delivery	Rural area	2.1	62	31
3	Delivery to businesses	Mixed area	2.3	65	25

The analysis is separated into a general view that includes all driving patterns by all drivers, and a detailed view in which three specific routes are analyzed. For the former the drivers were the same for each route with and without the AA. The analysis compares the fuel consumption for the three postal districts, for urban and rural routes and for routes with different purposes, which can be seen in Table 2.

4. The effects of the acceleration advisor

The four cars were driven between 2300 and 4600 km with the AA activated. The distribution was similar when the AA was not activated. *T*-tests of mean values were used to analyse the effects of the AA.

4.1. Fuel consumption

The analysis of all the driving patterns revealed no significant effect of using the AA on fuel consumption (Table 3). The acceleration data were analysed to determine whether or not this lack of effect was due to drivers' ignoring the tool and overriding the resistance. It was found that the drivers generally complied the advice of the AA, where the results show a significant reduction in strong acceleration ($>1.5 \text{ m/s}^2$) when using the AA. Periods of heavy acceleration decreased significantly for all driving patterns and the three routes indicated that the tool worked as intended, and that the drivers obeyed the tool. Of the specific routes, only route 1 showed a significant reduction in fuel consumption. The reduction for this route was 4%. It is important to note that this route had the largest fuel consumption of all the routes when the AA was not activated. It is also notable that this route had the highest number of stops per kilometre. Since the drivers in this study usually followed the advisory tool's recommendation to decrease their rate of acceleration, our data clearly indicate that decreasing the amount of strong acceleration alone does not generally lead to lower fuel consumption.

No significant reduction in fuel consumption was found when comparing the fuel consumption, with the AA activated, for the three postal districts, for urban and rural routes and for routes with different purpose, although the period of strong acceleration was significantly reduced.

4.2. Emissions

In general, i.e., for all the driving patterns and routes, the traffic-related emissions HC, CO and NO_x showed no statistically significant reduction (Table 4). In the detailed view of the three routes there was a significant reduction of all the emissions on routes 1 and 2. This indicates that emissions are more sensitive to strong acceleration than fuel consumption. The relations between the period of strong acceleration and increasing values of NO_x and HC have been observed in previous studies (Ericsson, 2001).

4.3. Driving pattern parameters for the three specific routes

To elucidate why the use of the AA did not significantly reduce fuel consumption, 20 driving pattern parameters were analysed to reveal how they changed on the three specific routes (Table 5). These parameters included the proportion of time when the vehicle was idling ($v < 2 \text{ km/h}$), seven speed intervals, mean travelling speed, rpa, five intervals of deceleration and five intervals of acceleration. The measured rpa is directly related to the acceleration power of a vehicle and has previously been found to be an important explanatory variable for fuel consumption and emissions (Ericsson, 2001; Van de Weijer, 1997). The relative positive acceleration is calculated by integrating the $v \cdot a^+$ curve and dividing it by the distance driven

$$\text{RPA} = \frac{\int_0^T (v_i \cdot a_i^+) \cdot dt}{x}$$

where T is the time (s), x is the distance (m), v_i is the momentary velocity (m/s), a_i is the momentary acceleration (m/s^2) and $+$ denotes only positive values.

Table 3

Fuel consumption and proportion of time in strong acceleration (% time) for all driving patterns and the three specific routes with and without the AA.

	Number of driving patterns/routes		Fuel consumption (L/10 km)			Period of strong acceleration (>1.5 m/s ²) (% time)		
	Without AA	With AA	Without AA	With AA	Sig.	Without AA	With AA	Sig.
All driving patterns	2219	2368	1.16	1.18		2.8	1.7	***
Route 1	27	30	1.34	1.29	***	3.0	1.8	***
Route 2	17	31	1.02	1.03		5.9	1.9	***
Route 3	18	17	1.01	1.04		2.1	1.6	*

* 0.05 Significance.

** 0.01 Significance.

*** 0.001 Significance.

Table 4

Significant reductions, with and without the AA, of the emission HC, CO and NOx for all the driving patterns and the three specific routes.

Emission	All driving patterns	Route 1	Route 2	Route 3
HC		***	***	
CO		***	***	
NOx		***	***	

* 0.05 Significance.

** 0.01 Significance.

*** 0.001 Significance.

Table 5

The 20 driving pattern parameters studied for the three specific routes.

Route	1: Driver A Private mail delivery in an urban area			2: Driver B Private mail delivery in a rural area			3: Driver C Delivery to businesses in a mixed area		
	Without AA	With AA	Sig.	Without AA (%)	With AA (%)	Sig.	Without AA (%)	With AA (%)	Sig.
% Stop time	10.6%	10.0%		12.1%	12.5%		14.5%	16.2%	
% Time, 0–15 km/h	53.3%	51.7%	*	30.6%	31.9%		36.6%	40.0%	
% Time, 15–30 km/h	28.6%	28.2%		19.3%	21.0%	***	24.6%	25.8%	
% Time, 30–50 km/h	10.3%	11.1%	*	28.0%	27.9%		27.7%	26.9%	
% Time, 50–70 km/h	4.5%	5.6%	***	17.7%	15.1%	***	10.3%	6.5%	*
% Time, 70–90 km/h	2.5%	3.0%	*	4.1%	3.8%		0.4%	0.4%	
% Time, 90–110 km/h	0.8%	0.5%	*	0.4%	0.3%		0.2%	0.2%	
% Time, 110–200 km/h	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%		0.1%	0.2%	
Mean travelling speed (km/h)	19.0	19.9	**	31.1	29.7	*	25.0	23.1	
Rpa	1.54	1.45	*	1.49	1.38	*	1.07	1.05	
% Time, dec. >2.5 m/s ²	0.5%	0.3%	*	0.4%	0.2%	***	0.2%	0.1%	*
% Time, dec. 2.5–1.5 m/s ²	6.3%	5.9%		5.0%	4.0%		1.8%	1.6%	
% Time, dec. 1.5–1.0 m/s ²	7.4%	7.4%		6.8%	6.5%		3.8%	3.9%	
% Time, dec. 1.0–0.5 m/s ²	11.4%	11.5%		11.7%	11.6%		10.0%	10.2%	
% Time, dec. 0.5–0 m/s ²	22.2%	22.8%		28.0%	27.5%		34.4%	33.4%	
% Time, acc. 0–0.5 m/s ²	24.7%	24.6%		23.6%	25.2%		34.1%	33.3%	
% Time, acc. 0.5–1.0 m/s ²	15.1%	15.6%		10.9%	13.9%	***	9.6%	10.2%	
% Time, acc. 1.0–1.5 m/s ²	9.5%	10.1%	*	7.6%	9.2%	***	4.1%	4.2%	
% Time, acc. 1.5–2.5 m/s ²	3.0%	1.8%	***	5.8%	1.9%	***	2.0%	1.6%	
% Time, acc. 2.5–10 m/s ²	0.1%	0.0%	*	0.1%	0.0%	***	0.1%	0.1%	

Notes: dec. = deceleration; acc. = acceleration.

* 0.05 Significance.

** 0.01 Significance.

*** 0.001 Significance.

The results indicate the complexity in how driving patterns affects fuel consumption. According to Ericsson (2001), the driving pattern variables that have significant increased effects on fuel consumption, besides strong acceleration, are: increased proportion of time spent idling, increased rpa, increased proportion of time at speeds <15 km/h and decreased proportion of time between 50 and 70 km/h. Other variables that have significant increased effects on fuel consumption are number of oscillations/100 m, late gear changing from gears 2 and 3 and high engine speed. Those variables are not analysed in this study. The parameters with the most significant effects on traffic-related emissions are strong acceleration and rpa. Routes 1 and 2 showed significantly reduced rpa when the AA was activated (Table 5).

For route 1 all parameters that affected the fuel consumption significantly did so in a way that was positive for fuel consumption and emissions, according to Ericsson. For routes 2 and 3, the tendency of many of the affected parameters was in an unfavourable direction, i.e., increased proportion of time spent idling, increased proportion of time at speeds <15 km/h

and decreased proportion of time between 50 and 70 km/h (Fig. 1). This is a reflection of the fact that the majority of vehicles are most fuel-efficient in the range 50–70 km/h. The result indicates that the combination of several driving style factors is more important than one single factor.

The characteristics of a particular route affected the potential for fuel savings when the AA was activated. Route 1 had the highest fuel consumption before the AA was activated and the potential to reduce fuel consumption was therefore possibly greater than on the other routes (Table 3). One reason for this may be the large proportion of stop times and the proportion of time at speeds of 0–15 km/h, which was about 50% for route 1 and only 30–40% for the other routes (Table 5). Furthermore, route 1 was in an urban area and the numbers of stops was higher than on the other routes. In generally, constant speeds between 50 and 70 km/h generate the lowest fuel consumption. However, the more stops that occur in the traffic environment the lower are the optimized speed. A large number of stops in a short distance will limit the maximum speed. Thus, if the AA limits the acceleration between two stops, the maximum speed will be decreased and less fuel will probably be needed (Fig. 2). Therefore, if a driver normally accelerates rapidly and constantly reaches a higher maximum speed, the AA tool could be useful for reducing fuel consumption. Thus, the potential for saving fuel also depends on the style of driving. Further, if there is a long distance between two stops, the results may shorten the distance with even speed when using an AA compare to normal acceleration.

Deceleration also affects fuel consumption. Johansson et al. (2003) show that it is important to decelerate slowly to decrease fuel consumption. The proportion of time during which deceleration was high (>1.5 m/s²) showed a general trend towards a significant reduction when the AA was activated (Fig. 3 and Table 5).

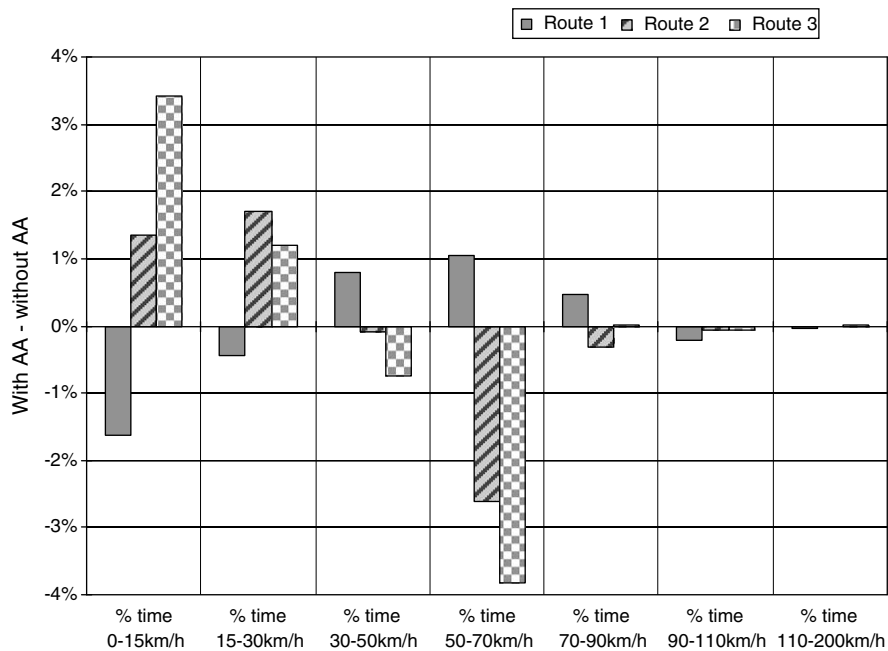


Fig. 1. The proportion of time spent in various velocity intervals for the three routes.

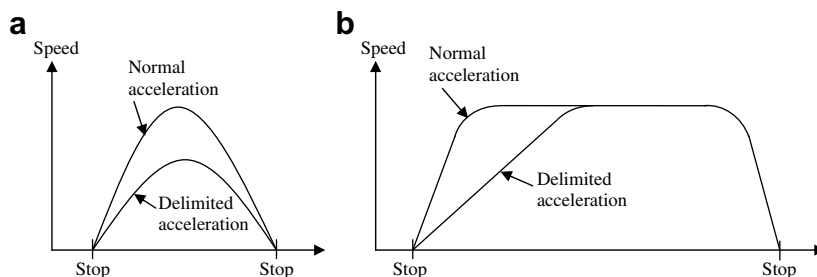


Fig. 2. Impact of stop distances.

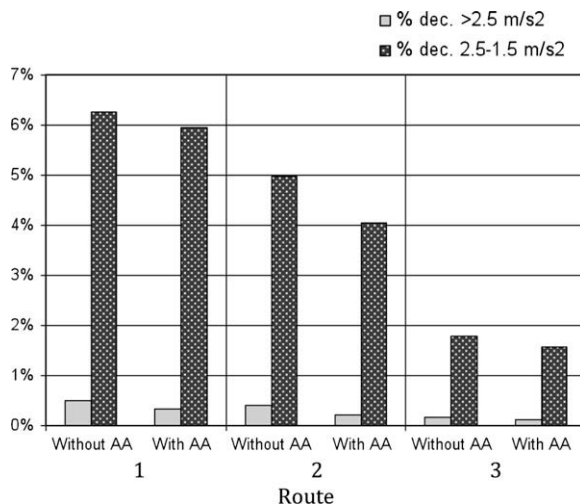


Fig. 3. The proportion of time spent in two deceleration intervals for the three specific routes.

5. Conclusions

The acceleration advisor is a driver support tool that causes resistance in the accelerator pedal when the driver tries to accelerate too rapidly. When necessary, it is possible for the driver to override the resistance. This study investigated whether the use of the AA in postal cars can lead to fuel savings, whether traffic-related emissions are influenced by the use of the advisor and to study how the driving patterns varied on different types of routes. In general no significant reduction in fuel consumption or emissions was found when driving with an AA. On one route the fuel consumption decreased significantly when using the AA and on two routes the emissions NO_x, CO and HC decreased when using the AA. The proportion of time with heavy acceleration was significantly reduced, suggesting that the drivers followed the AA. Rate of acceleration is therefore not the only parameter affecting fuel consumption.

Acknowledgements

The authors wish to thank Posten AB, Imita AB and Håkan Johansson, SNRA for support, investments and advice.

References

- Bratt, H., Ericsson, E., 1999. Estimating speed and acceleration profiles from measured data. In: Proceedings of the 8th International Symposium and Air pollution, Graz.
- Commission of the European Communities, 2007. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Results of the Review of the Community Strategy to Reduce CO₂ Emissions from Passenger Cars and Light-commercial Vehicles. Commission of the European Communities, Brussels.
- Ding, Y., Rakha, H., 2002. Trip-based explanatory variables for estimating vehicle fuel consumption and emission rates. *Water, Air and Soil Pollution: Focus*, vol. 2. Kluwer, Dordrecht, pp. 61–77.
- El-Shawarby, I., Ahn, K., Rakha, H., 2005. Comparative field evaluation of vehicle cruise speed and acceleration level impacts on hot stabilized emissions. *Transportation Research Part D* 10, 13–30.
- Ericsson, E., 2001. Independent driving pattern factors and their influence on fuel use and exhaust emission factors. *Transportation Research Part D* 6, 325–345.
- Ericsson, E., Larsson, H., Brundell-Freij, K., 2006. Optimizing route choice for lowest fuel consumption – potential effects of a new driver support tool. *Transportation Research Part C* 14, 369–383.
- Hammarström, U., 1999. Mätning Och Simulering av Bilavgaser – Körning Med Och Utan Husvagn i Laboratorium Och på Väg, vol. 856. VTI Meddelande.
- Johansson, H., Färnlund, J., Engström, C., 1999. Impact of ecodriving on emissions and fuel consumptions. A pre-study. SNRA, vol. 165E.
- Johansson, H., Gustafsson, P., Henke, M., Rosengren, M., 2003. Impact of ecodriving on emissions. In: Proceedings from the 12th Symposium, Transport and Air Pollution Conference, Avignon.
- Konsumentverket, 2008. "Jämför flera bilar". Renault Kangoo 2004. <<http://www.konsumentverket.se/mallar/framesetbegiljamfor.asp>>.
- Larsson, H., 2007. Effekten av en accelerationsrådgivare. Analys ur ett förar-, bränsle- och emissionsperspektiv baserat på körningar med postbilar. Bulletin 233, Department of Technology and Society, Lund Inst. of Technology.
- Ruppert, D., 1997. Empirical-bias bandwidths for local polynomial nonparametric regression and density estimation. *Journal of the American Statistical Association* 92, 1049–1062.
- SNRA, 2008. "Sök uppgift om annat fordon". Startside, Fordon, Fordons- & ägaruppgift. <<https://www21.vv.se/fordonsfraga/>> (accessed 29.04.08).
- Solerud, C., 2005. Interview with Specialist in Environmental Effects at the Posten AB (accessed 15.04.05).
- Van der Voort, M., Dougherty, M.S., Van Maarseveen, M., 2001. A prototype fuel-efficiency support tool. *Transportation Research Part C* 9, 279–296.
- Van de Weijer, C., 1997. Heavy Duty Emission Factors: Development of Representative Driving Cycles and Prediction of Emissions in Real Life, TNO, Delft.

Del F - Bilagor

Bilaga 1: Körmönstermått som beräknas i programmet ”Parametrar”

Bilaga 2: Enkät före installation av accelerationsrådgivare

Bilaga 3: Enkät efter loggad period av accelerationsrådgivare

Bilaga 1 – Körmönstermått som beräknas i programmet "Parametrar"

- 1 Filnamn
- 2 Sträcka
- 3 Total tid
- 4 Medelhastighet
- 5 Standardavvikelse för hastigheten
- 6 Små svängningar per 100 meter
- 7 Stora svängningar per 100 meter
- 8 Små svängningar per 100 sekunder
- 9 Stora svängningar per 100 sekunder
- 10 Andel stopptid i procent. Som stopp räknas tillfällen då hastigheten är under 2 km/h
- 11 Medelstopptid
- 12 Antal stopp per kilometer
- 13 Andel tid i hastighetsintervallet 0-15 km/h
- 14 Andel tid i hastighetsintervallet 15-30 km/h
- 15 Andel tid i hastighetsintervallet 30-50 km/h
- 16 Andel tid i hastighetsintervallet 50-70 km/h
- 17 Andel tid i hastighetsintervallet 70-90 km/h
- 18 Andel tid i hastighetsintervallet 90-110 km/h
- 19 Andel tid i hastighetsintervallet 110-200 km/h
- 20 Medel positiv acceleration
- 21 Standardavvikelse för positiv acceleration
- 22 Medel negativ acceleration
- 23 Standardavvikelse för negativ acceleration
- 24 Relative Positive Acceleration, RPA
- 25 "Integralen" av accelerationen i kvadrat
- 26 Andel tid i accelerationsintervallet -10--2.5 m/s²
- 27 Andel tid i accelerationsintervallet -2.5--1.5 m/s²
- 28 Andel tid i accelerationsintervallet -1.5--1 m/s²
- 29 Andel tid i accelerationsintervallet -1--0.5 m/s²
- 30 Andel tid i accelerationsintervallet -0.5-0 m/s²
- 31 Andel tid i accelerationsintervallet 0-0.5 m/s²
- 32 Andel tid i accelerationsintervallet 0.5-1 m/s²
- 33 Andel tid i accelerationsintervallet 1-1.5 m/s²
- 34 Andel tid i accelerationsintervallet 1.5-2.5 m/s²
- 35 Andel tid i accelerationsintervallet 2.5-10 m/s²
- 36 PKE Positive Kinetic Energy
- 37 Andel tid med hast*acc <0 (m/s*m/s²)
- 38 Andel tid med hast*acc 0-3 (m/s*m/s²)
- 39 Andel tid med hast *acc 3-6 (m/s*m/s²)
- 40 Andel tid med hast*acc 6-10 (m/s*m/s²)
- 41 Andel tid med hast*acc 10-15 (m/s*m/s²)
- 42 Andel tid med hast*acc >15 (m/s*m/s²)
- 43 Medelvärde för hast*acc
- 44 Medelvarvtal
- 45 standardavvikelse för varvtal
- 46 Andel tid i varvtal 0-1500 rpm
- 47 Andel tid i varvtal 1500-2500 rpm
- 48 Andel tid i varvtal 2500-3500 rpm
- 49 Andel tid i varvtal >3500 rpm
- 50 Maxhastighet i km/h

Bilaga 2 – Enkät före installation av accelerationsrådgivare

Testförare
ID.nr:.....

Enkätformulär för testförare vid installation av accelerationsrådgivare

Denna enkät ingår i det forskningsprojekt som syftar till att undersöka effekter av en accelerationsrådgivare. Vi är intresserade av vad Du tycker i olika frågor angående trafik, miljö och en eventuell accelerationsrådgivare och ber Dig därför besvara frågorna nedan. Dina svar kommer inte publiceras så att de kan spåras till Dig.

Frågor om bränsleförbrukning och utsläpp från biltrafik

1. Det finns många sätt att försöka minska bränsleförbrukningen och därmed utsläppen från biltrafik. Hur effektiva tror Du att följande åtgärder är för att minska utsläppen från biltrafik?

	Inte alls effektivt				Mycket effektivt
	1	2	3	4	5
a. Påverka utformningen av gatustrukturen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Påverka motorn i bilen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Utrustning i bilen som rådgör föraren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Användning av navigator	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Utbildning i bränslesnål körstil tex EcoDriving	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Mer information om alternativa transportmedel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Fordon med katalysatorrening	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Att fordonet har välpumpade däck	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. Att fordonet körs på högt oktantal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

j. Annat alternativ som kan vara mycket effektivt: _____

2. Tycker Du att Du själv som regel kör bränslesnålt?

Ja

Nej

Varken/eller

3. Har Du gått någon utbildning eller fått någon information i bränslesnål/ekonomisk körstil?

Ja

Nej

Om Du svarade Ja, besvara frågorna a till f nedan:

a. Vilken typ av utbildning eller information har Du fått?

Utbildning i EcoDriving

Utbildning via körskola

Information via broschyrer

Annat sätt, nämligen: _____

b. Hur många år sedan var det Du fick utbildningen/informationen? (senaste tillfället om Du fått utbildning/information flera gånger.)

0 - 1

1 - 2

2 - 3

3 - 4

Mer än 4 år sedan

	Instämmer inte alls			Instämmer helt	
	1	2	3	4	5
c. Min körstil har förändrats sedan jag fick utbildningen/informationen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Jag tänker <u>sällan</u> på de råd och tips som jag fick under utbildningen/av informationen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Jag tänker <u>ofta</u> på de råd och tips som jag fick under utbildningen/av informationen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Jag tror att min körstil har en lägre bränsleförbrukning pga att jag fick utbildningen/informationen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Frågor om accelerationsrådgivare

4. Vad tycker Du om accelerationsrådgivare som idé?	Mycket dålig	Ganska dålig	Varken eller	Ganska bra	Mycket bra
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Hur tror Du att följande faktorer kommer att ändras för Dig när Du kör med en accelerationsrådgivare inkopplad i en postbil?	Minska mycket		Oförändrat		Öka mycket
	1	2	3	4	5
a. Restiden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Säkerheten i trafiken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Irritationen i trafiken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Stressen i trafiken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- | | | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| e. Upplevelsen av att vara kontrollerad | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| f. Körglädjen i trafiken | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| g. Din uppmärksamhet i trafiken | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| h. Bensinförbrukningen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

6. Hur tror Du att bränsleförbrukningen kommer att förändras i följande körmiljöer/turer med en accelerationsrådgivare inkopplad i en postbil?

	Vet ej, då jag aldrig kör den typen av tur	Minska mycket		Oförändrat		Öka mycket
	0	1	2	3	4	5
a. Brevlådetömning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Företagsbrevbäring	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Stadsbrevbäring	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Lantbrevbäring	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Körning i rusningstrafik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Vilka tror Du är de största fördelarna respektive nackdelarna med att ha en accelerationsrådgivare installerad i en postbil?

.....

.....

.....

.....



8. Hur ställer du dig till följande påståenden?

	Instämmer inte alls				Instämmer helt
	1	2	3	4	5
a. Det är ibland svårt att hinna med vissa av de postrutter jag kör på utsatt tid?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Det är spännande att få vara delaktig som testförare i projektet med accelerationsrådgivare.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Projektet med accelerationsrådgivare verkar onödigt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Att mata in data vid varje körning med accelerationsrådgivare verkar komplicerat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Projektet med accelerationsrådgivare verkar vara bra för postens personal ur stressynpunkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Projektet med accelerationsrådgivare verkar vara bra för Posten ur miljösynpunkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Projektet med accelerationsrådgivare verkar vara bra för Posten ur ekonomisk synvinkel.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Projektet med accelerationsrådgivare verkar vara bra för postens personal ur trafiksäkerhetssynpunkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bilaga 3 – Enkät efter loggad period av accelerationsrådgivare

Testförelse
ID.nr:.....

Enkätformulär för testförelse efter loggad period av accelerationsrådgivare

Under hösten har Du deltagit i ett forskningsprojekt som syftar till att undersöka effekter av en accelerationsrådgivare. Vi är intresserade av vad Du tyckte i olika frågor angående trafik, miljö och den testade accelerationsrådgivaren och ber Dig därför besvara frågorna nedan. Dina svar kommer inte publiceras så att de kan spåras till Dig.

Frågor om bränsleförbrukning och utsläpp från biltrafik

1. Det finns många sätt att försöka minska bränsleförbrukningen och därmed utsläppen från biltrafik. Hur effektiva tror Du att följande åtgärder är för att minska utsläppen från biltrafik?

	Inte alls effektivt				Mycket effektivt
	1	2	3	4	
a. Påverka utformningen av gatustrukturen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Påverka motorn i bilen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Utrustning i bilen som rådgör föraren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Utbildning i bränslesnål körstil tex EcoDriving	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Mer information om alternativa transportmedel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Fordon med katalysatorrening	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Att fordonet har välpumpade däck	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Att fordonet körs på högt oktantal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. Annat alternativ som kan vara mycket effektivt: _____					

Frågor om accelerationsrådgivare

2. Hur många gånger körde Du någon av testbilarna under testperioden?

	0 gånger	1 - 5 gånger	ca 5 - 20 gånger	mer än 20 gånger men inte dagligen	dagligen under testet
	1	2	3	4	5
a. <u>Utan</u> accelerationsrådgivare inkopplad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. <u>Med</u> accelerationsrådgivare inkopplad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Vad tyckte Du om att köra med en accelerationsrådgivare?

Mycket dåligt	Ganska dåligt	Varken eller	Ganska bra	Mycket bra
1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Hur upplevde Du inställningen på motståndet?

För litet motstånd		Motståndet var lagom		För stort motstånd
1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Hur uppfattar Du att följande faktorer har förändrats för Dig när Du kört med en accelerationsrådgivare inkopplad i en postbil?

Minskat mycket Oförändrat Ökat mycket

	1	2	3	4	5
a. Restiden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Säkerheten i trafiken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Irritationen i trafiken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Stressen i trafiken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Upplevelsen av att vara kontrollerad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Körglädjen i trafiken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Din uppmärksamhet i trafiken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Bensinförbrukningen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Hur uppfattar Du att bränsleförbrukningen har förändrats i följande körmiljöer/turer med en accelerationsrådgivare inkopplad i en postbil?

	Har ej kört den turen	Minska mycket		Oförändrat		Öka mycket
	0	1	2	3	4	5
a. Brevlådetömning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Företagsbrevbäring	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Stadsbrevbäring	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Lantbrevbäring	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Körning i rusningstrafik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Vilka tycker Du är de största fördelarna respektive nackdelarna med att ha en accelerationsrådgivare installerad i en postbil?

.....

8. Hur ställer Du dig till följande påståenden?

	Instämmer inte alls				Instämmer helt
	1	2	3	4	
a. Det har ibland varit svårt att hinna med vissa av de postrutter jag kört, på utsatt tid, med en accelerationsrådgivare inkopplad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Det har varit spännande att få vara delaktig som testförare i projektet med accelerationsrådgivare.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Jag tycker att projektet med accelerationsrådgivare har varit onödigt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Det har varit omständigt att behöva mata in koder vid varje körning under testperioden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Projektet med accelerationsrådgivare har varit bra för postens personal ur <u>stressynpunkt</u> .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Projektet med accelerationsrådgivare har varit bra för Posten ur <u>miljösynpunkt</u> .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Projektet med accelerationsrådgivare har varit bra för Posten ur <u>ekonomisk synvinkel</u> .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Projektet med accelerationsrådgivare har varit bra för postens personal ur <u>trafiksäkerhetssynpunkt</u> .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Avslutningsvis vill vi ställa några frågor om Dig

9. **Kön** Man

Kvinna

10. **Hur gammal är Du?** år

Har Du ytterligare kommentarer eller synpunkter som Du vill framföra får Du gärna göra det här:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

TACK för Din medverkan!



Hanna Larsson

Född 1977 och uppvuxen i Ljungby

Filosofie Magister i Naturgeografi
från Lunds Universitet, 2003

Doktorand vid Institutionen för
Teknik och samhälle, Trafik & väg,
Lunds Tekniska Högskola

Denna licentiatuppsats presenterades
3 april 2009