



Hastighetspridning och trafiksäkerhet

Anna Vadeby
Åsa Forsman

Utgivare:  581 95 Linköping	Publikation: VTI rapport 746		
	Utgivningsår: 2012	Projektnummer: 50762	Dnr: 2009/0261-22
	Projektnamn: Hastighetsspridningens betydelse för trafiksäkerheten		
Författare: Anna Vadeby och Åsa Forsman	Uppdragsgivare: Trafikverkets Skyltfond		
Titel: Hastighetsspridning och trafiksäkerhet			
Referat (bakgrund, syfte, metod, resultat) max 200 ord: <p>Projektet beskriver kunskapsläget när det gäller hastighetsspridningens betydelse för trafiksäkerheten samt studerar verkliga förändringar i hastighetsfördelning och uppskattad olycksrisk efter några olika åtgärders införande. Syftet är att få en bättre förståelse för hastighetsspridningens betydelse för trafiksäkerheten.</p> <p>Studien består av: en litteraturgenomgång inriktad på modeller för sambandet mellan hastighet och olycksrisk, en studie av olika åtgärders effekter på hastighetsfördelningen samt en studie där förväntade effekter på olyckor av tre olika åtgärder studeras (ny hastighetsgräns, ATK och ISA).</p> <p>Resultaten från litteraturgenomgången visar att det finns en förhöjd risk att bli inblandad i en olycka ju högre hastigheten är, men däremot finns det generellt ingen förhöjd risk om du kör långsammare än medelhastigheten. Den andra delstudien visar att vid en sänkning av hastighetsgränsen flyttas hela hastighetsfördelningen åt vänster medan för ATK och ISA sker den stora förflyttningen av hastighetsfördelningen för de högre hastigheterna. När olika modeller för olycksrisk jämförs på hela populationen så ger modeller som är direkt framtagna för att skatta individuella förarens risk en orimligt stor riskminskning jämfört med aggregerade modeller som till exempel potensmodellen. Ett alternativt angreppssätt om man vid riskberäkningar vill ta hänsyn till att hastighetsfördelningen ändrar utseende är att använda potensmodellen på individnivå. Här visar analysen på betydligt mer rimliga resultat än för de andra individuella riskmodellerna. Störst skillnad mellan att använda potensmodellen på individnivå respektive aggregerad nivå fås för högre svårhetsgrad och åtgärder såsom ATK och ISA där hastighetsfördelningen ändrar utseende mest.</p>			
Nyckelord: Hastigheter, hastighetsspridning, trafiksäkerhet, olycksrisk, aggregerad risk, individuell risk			
ISSN: 0347-6030	Språk: Svenska	Antal sidor: 46	

Publisher:  SE-581 95 Linköping Sweden	Publication: VTI rapport 746		
	Published: 2012	Project code: 50762	Dnr: 2009/0261
	Project: Traffic safety and speed dispersion		
Author: Anna Vadeby and Åsa Forsman	Sponsor: Swedish Transport Administration, Skyltfonden		
Title: Traffic safety and speed dispersion			
Abstract (background, aim, method, result) max 200 words: <p>This study describes the state of knowledge in terms of speed distribution and traffic safety. Real changes in speed-distribution and estimated accident risk for three different traffic safety measures are studied. The aim is to gain a better understanding of the relation between speed distribution and traffic safety.</p> <p>The study consists of: a literature review on models for the relationship between speed and accident risk, a study on the relation between measures from the speed distribution of different traffic safety measures and a study comparing different models that estimate accident risk.</p> <p>The literature review shows that several studies during the 1960s and 1970s that analysed individual risks in relation to the choice of speed showed a U-shaped relationship between speed and accident risk. More recent studies suggest that the relationship is rather monotonically increasing where the slope becomes steeper for higher speeds. This means that there is an increased risk of being involved in an accident for higher speeds. However, there is no overall increased risk if you drive slower than the average speed on the road. In the second study it is shown that measures like new speed limits move the entire speed distribution towards lower speeds, but for measures like speed cameras and ISA, the speed distribution is changes most for higher speeds. In the third study, where different models that study accident risk and speed levels are compared, it is shown that models developed to estimate an individual driver's risk give an unreasonable impact on risk change compared to aggregate models such as the power model. An alternative approach to take into account a change in the speed distribution is to use the power model at an individual level. The greatest difference is obtained for higher severity injuries and measures such as speed cameras and ISA where the speed distribution changes its shape the most.</p>			
Keywords: Speed, speed distribution, traffic safety, accident risk, individual risk, aggregate risk			
ISSN: 0347-6030	Language: Swedish	No. of pages: 46	

Förord

Denna rapport utgör slutrapport i projektet ”*Hastighetsspridningens betydelse för trafiksäkerheten*”. Projektet innehåller en litteraturgenomgång, studier av verkliga hastighetsdata där effekter på hastighetsfördelningen av tre olika åtgärder (ny hastighetsgräns, införande av ATK och införande av ISA med aktiv gaspedal) studeras samt jämförelser mellan olika modeller som studerar individuell eller aggregerad trafiksäkerhetsrisk. Anna Vadeby har varit projektledare och hon har tillsammans med Åsa Forsman genomfört projektet. Vi vill speciellt tacka Göran Nilsson, Ulf Brüde och Rune Elvik som tog sig tid att diskutera studiens frågeställningar vid projektets början.

Slutrapporten är framtagen med ekonomiskt stöd från Trafikverkets Skyltfond. Ståndpunkter och slutsatser i rapporten reflekterar författarna och överensstämmer inte med nödvändighet med Trafikverkets ståndpunkter och slutsatser inom rapportens ämnesområde.

Linköping mars 2012

Anna Vadeby

Kvalitetsgranskning

Extern peer review har genomförts av Mats Wiklund, Trafikanalys. Anna Vadeby har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus 13 mars 2012. Projektledarens närmaste chef, Astrid Linder, har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering den 15 mars 2012.

Quality review

External peer review was performed on by Mats Wiklund at Transport Analysis. Anna Vadeby has made alterations to the final manuscript of the report on March 13 2012. The research director of the project manager Astrid Linder examined and approved the report for publication on March 15 2012.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
Summary	7
1 Inledning	9
1.1 Syfte	9
1.2 Metod.....	9
2 Litteraturgenomgång.....	11
2.1 Individuella riskmodeller.....	11
2.2 Aggregerade riskmodeller.....	14
3 Olika åtgärders effekter på hastighetsfördelningen.....	19
3.1 Data	19
3.2 Olika typer av spridningsmått.....	20
3.3 Alternativa spridningsmått.....	28
4 Jämförelse mellan olika modeller för att beräkna olycksrisk	33
4.1 Analys av verkliga data	35
4.2 Scenarioberäkningar.....	36
4.3 Jämförelse mellan aggregerad och individuell tillämpning av potensmodellen	37
5 Effekter på koldioxid- och svaveldioxidutsläpp.....	40
6 Diskussion och slutsatser	42
Referenser.....	44

Hastighets spridning och trafiksäkerhet

av Anna Vadeby och Åsa Forsman
VTI
581 95 Linköping

Sammanfattning

Projektet beskriver kunskapsläget när det gäller hastighets spridningens betydelse för trafiksäkerheten samt studerar verkliga förändringar i hastighets fördelning och uppskattad olycksrisk efter några olika åtgärders införande. Syftet är att få en bättre förståelse för hastighets spridningens betydelse för trafiksäkerheten och därmed få bättre underlag i arbetet med att planera och utvärdera olika åtgärder.

Studien består av tre olika delar. Inledningsvis görs en litteraturgenomgång inriktad på studier där man har tagit fram modeller för sambandet mellan hastighet och olycksrisk. I delstudie 2 studeras olika åtgärders effekter på hastighets fördelningen. Effekter av tre olika åtgärder (förändring av hastighetsgräns på vägar med och utan ATK, införande av ATK samt ISA med aktiv gaspedal) studeras. Notera att syftet inte är att generellt skatta effekten av dessa åtgärder utan endast illustrera hur hastighets fördelningen och olika läges- och spridningsmått kan förändras på vägar där dessa åtgärder införs. Delstudie 3 jämför olika modeller som beräknar olycksrisk. Såväl modeller som har tagits fram för att studera individuell som aggregerad risk är med i studien. Med hjälp av resultaten i delstudie 2 tas olika typfall fram som representerar hastighetsförändringar för olika åtgärder. För dessa typfall görs beräkningar av förändring i risk dels med hjälp av modeller för individuell risk, dels med aggregerade riskmodeller.

Resultaten från litteraturgenomgången visar att flera studier som under 1960- och 1970-talet analyserade individuella risker kopplade till hastighetsval visade på ett U-format samband mellan hastighet och olycksrisk, men att senare studier snarare tyder på att sambandet är en monotont ökande kurva där lutningen blir brantare för högre hastigheter. Det betyder alltså att det finns en förhöjd risk att bli inblandad i en olycka ju högre hastigheten är. Däremot finns det generellt ingen förhöjd risk om du kör långsammare än medelhastigheten på vägen. Olika studier har dock kommit fram till ganska olika storlek på den förhöjda risken om man kör fortare än medelhastigheten och det finns fortfarande stor osäkerhet i hur den individuella riskkurvan faktiskt ser ut. När olika typer av aggregerade riskmodeller studerats för att analysera sambandet mellan olika mått ur hastighets fördelningen och olycksfrekvensen görs detta ofta genom så kallade tvärsnittsstudier där man jämför sambandet mellan hastigheter och olyckor på vägar med olika hastighetsnivåer. Det visar sig dock att det i princip inte går att särskilja betydelsen av olika hastighetsrelaterade mått såsom till exempel medelvärde och varians i den här typen av studier. En aspekt som dock lyfts fram i flera studier är att hastighets spridningen troligen bara är relevant för vissa olyckstyper medan hastighetsnivån påverkar varje olycka.

När de olika åtgärdernas effekter på hastighets fördelningen och olika läges- och spridningsmått studeras i delstudie 2 så visar det sig att åtgärder som ATK och ISA med aktiv gaspedal kan minska medelhastigheten mer än vad en sänkning av hastighetsgränsen med 10 km/tim gör, i alla fall vid kamerorna för ATK. För ATK och ISA

minskar standardavvikelsen och andelen fortkörare procentuellt sett betydligt mer än medelhastigheten, även 85-percentilen minskar något mer än medelhastigheten.

I delstudie 3, där olika modeller som studerar olycksrisk och hastighet jämförs, visar det sig att de modeller som är direkt framtagna för att skatta individuella förarens risk ger betydligt större effekter på riskminskning än vad aggregerade modeller som till exempel potensmodellen gör. Jämför man resultaten med tidigare olycksstudier i samband med ATK kan man konstatera att de individuella modellerna ger orimligt stora effekter då de används på hela populationen. Ett alternativt angreppssätt om man vid riskberäkningar vill ta hänsyn till att hastighetsfördelningen ändrar utseende är att använda potensmodellen på individnivå. Vid jämförelsen bör dock beaktas att potensmodellen i grunden är en aggregerad modell och att den inte är validerad för att användas på individuell nivå. Resultaten visar att för lindrigt skadade är det generellt små skillnader mellan att använda potensmodellen på aggregerad nivå och på individnivå oavsett åtgärd. Störst skillnad fås för högre svårhetsgrad och åtgärder som ATK och ISA där hastighetsfördelningen ändrar utseende mest. För exempelvis ATK blir den beräknade riskminskningen 34,7 procent jämfört med 30,4 procent om man räknar på hastighetsförändringen per individ jämfört med om man räknar på aggregerad nivå. För åtgärder där hastighetsfördelningen endast förflyttas i sidled men inte ändrar form i övrigt (till exempel ny hastighetsgräns) är det i princip ingen skillnad mellan att använda potensmodellen på aggregerad eller individuell nivå.

Traffic safety and speed dispersion

by Anna Vadeby and Åsa Forsman
VTI (Swedish National Road and Transport Institute)
SE-581 95 Linköping Sweden

Summary

This study describes the state of knowledge in terms of speed distribution and traffic safety. Real changes in the speed distribution and estimated accident risk for three different traffic safety measures are studied. The aim is to gain a better understanding of the relation between speed distribution and traffic safety and thereby obtain a better basis in efforts to plan and evaluate different road safety measures.

The study consists of three parts. First, a literature review on models for the relationship between speed and accident risk. In the second study, the effects on the speed distribution of various traffic safety measures are studied. Three different measures are studied (new speed limit, introduction of speed cameras and ISA with active accelerator pedal). The purpose is not to estimate the effect of these measures, but to illustrate how the speed distribution and various related measures can change as a consequence of these measures. The third study compares different models that estimate accident risk. Both models that have been developed to study individual and aggregate risk measures are part of the study. Using results from study 2, different scenarios that represent speed changes for different measures are selected. For these scenarios, the change of risk is calculated based on the selected models. Both models for individual and aggregated risks are studied. The literature review shows that several studies during 1960s and 1970s that analysed individual risks in relation to the choice of speed showed a U-shaped relationship between speed and accident risk. More recent studies suggest that the relationship is rather monotonically increasing where the slope becomes steeper for higher speeds. This means that there is an increased risk of being involved in an accident, the higher the speed is. However, there is no overall increased risk if you drive slower than the average speed on the road. Different studies have come up with quite different size of the increased risk when driving faster than average speed and there is still considerable uncertainty in how the individual risk curve actually looks like. When different aggregated risk models are studied in order to analyse the relationship between measures from the speed distribution and accident rate, this is often done by cross-sectional studies that compare the relationship between speeds and accidents on roads with different speed levels. In principle, it is shown that it is very difficult to determine the relative importance of different speed-related measures such as for example mean speed and variance in these kinds of studies. One aspect highlighted in several studies is that speed dispersion probably is relevant only for certain types of accidents while speed level affects every accident.

In the second study, it is shown that measures like speed cameras and ISA can reduce average speed more than a decrease of the speed limit by 10 km/h, at least at the camera spots. In relative terms, both speed cameras and ISA reduce the standard deviation of speed and the percentage of drivers exceeding speed limit by far more than the mean speed. Also the 85th percentile decreases slightly more than mean speed.

In the third study, where different models that study accident risk and speed levels are compared, it is shown that models developed to estimate individual drivers' risk gives

much greater impact on risk change than aggregate models such as the power model. Comparing these results with previous traffic safety evaluations of, for example, speed cameras, the results from the individual risk models seem inappropriate when applied on the entire driver population. An alternative approach to take into account individual risks is to use the power model at an individual level. It should though be considered that the power model is basically an aggregated model not validated for use at an individual level. The results show that for minor injuries, there are in general small differences when using the power model at an aggregate or individual level regardless of the measure. The greatest difference is obtained for higher severity injuries and measures such as speed cameras and ISA where the speed distribution changes its shape the most. For speed cameras for example, the risk reduction is estimated to 34.7 per cent on an individual level compared to 30.4 per cent on an aggregated level. For measures where the speed distribution only moves sideways but does not change shape in any other way (e.g. new speed limits), there is basically no difference between using the power model at an aggregate or individual level.

1 Inledning

Det är välkänt att hastigheten har mycket stor betydelse för trafiksäkerheten. Många av de trafiksäkerhetsåtgärder som genomförs i Sverige syftar därför till att få trafikanter att sänka sin hastighet och följa hastighetsgränserna. För att kunna sätta in rätt åtgärder är det viktigt att känna till dess effekter både med avseende på hastighet och på olycks- och skadeutfall. När det gäller förändring av medelhastigheten på en sträcka finns god kunskap om hur trafiksäkerheten påverkas i form av antal olyckor och antal skadade och dödade personer. Det är dock inte säkert att endast medelhastigheten påverkas av en specifik åtgärd, utan även skillnaden i hastighet mellan olika fordon.

Potensmodellen (Nilsson, 2004) är en modell som uppskattar hur en förändring av medelhastigheten påverkar utfallet för såväl antalet personskadeolyckor som antalet skadade och dödade personer. Modellen är väl beprövad och används ofta både när nya åtgärder planeras och när införda åtgärder utvärderas. Modellen tar dock endast hänsyn till förändringar i medelhastighet medan man vet att vissa åtgärder även påverkar hastighetsspridningen. Ett exempel är Automatisk TrafiksäkerhetsKontroll (ATK), där man har sett att de bilförare som kör fortast påverkas mest (Vägverket, 2009). Det är därför intressant att studera hur olycksrisken påverkas av var i hastighetsspannet förändringarna sker. Exempelvis: hur påverkas olycksrisken om endast de som kör fortast sänker sin hastighet kraftigt jämfört med om alla fordon sänker sin hastighet lite?

Det finns också en allmän uppfattning att hastighetsspridningen i sig kan påverka olycksrisken. Om det är stor skillnad i hastighet mellan olika fordon kan det ge upphov till många potentiella olyckssituationer vid till exempel omkörningar och upphinnanden. De studier som har genomförts har dock inte gett entydiga resultat. Dessutom har många studier kritiserats för metodologiska brister och felaktiga tolkningar av resultaten.

1.1 Syfte

Syftet med studien är att få en bättre förståelse för hastighetsspridningens betydelse för trafiksäkerheten och därmed få bättre underlag i arbetet med att planera och utvärdera olika åtgärder. Genom bättre detaljkunskap om hur olika hastighetsrelaterade åtgärder påverkar trafikanternas olycksrisk, har man möjlighet att mer effektivt välja rätt åtgärd beroende på vilka effekter man eftersträvar.

Eftersom hastigheten även har stor betydelse för miljön kommer även kopplingen till miljö att beaktas.

1.2 Metod

Projektet avser att beskriva kunskapsläget när det gäller hastighetsspridningens betydelse för trafiksäkerheten men också att klargöra den praktiska betydelsen av att ta hänsyn till detta. Det senare kommer vi att göra genom att studera verkliga förändringar i hastighetsspridning för olika åtgärder. Utifrån dessa resultat utförs sedan scenarieberäkningar för några olika typfall av hastighetsfördelningar och modeller som tar hänsyn till hastighetsspridning jämförs med potensmodellen.

Studien genomförs i tre delar:

1. **Litteraturgenomgång:** Genomförs för att sammanställa befintlig kunskap om hastighets spridningens betydelse för trafiksäkerheten samt för att identifiera relevanta modeller som studerar olycksrisker på individnivå eller aggregerad nivå. I en mindre förstudie har intressant litteratur identifierats vilken ligger till grund för den här delstudien. I samband med litteraturgenomgången väljs några modeller som verkar vara intressanta att studera noggrannare och använda i scenarierberäkningar i delstudie 3.
2. **Studie av verkliga data:** Här studeras och jämför vi effekter av tre olika åtgärder. De effekter som studeras är förändringar av medelhastighet och hastighets spridning. De tre olika åtgärderna är förändringar av hastighetsgränser på vägar med och utan ATK, införande av ATK och ISA med aktiv gaspedal. För samtliga åtgärder kommer före-efter analyser att göras.
3. **Beräkning av några olika scenarier:** För att kunna jämföra modeller som studerar individuell risk eller aggregerad risk med potensmodellen kommer de modeller som identifierats som intressantast i steg 1 att studeras mer i detalj. Med hjälp av resultaten i delstudie 2 tas olika typfall fram som representerar hastighetsförändringar för olika åtgärder. För dessa typfall görs beräkningar av förändring i risk dels med hjälp av modeller för individuell risk, dels med aggregerade riskmodeller. För att klargöra vilken inverkan dessa hastighetsförändringar har på miljön studeras även förändringar av bränsleförbrukning vilket i sin tur ger förändring i koldioxid, CO₂ och svaveldioxid, SO₂.

2 Litteraturgenomgång

En mindre litteraturgenomgång har genomförts för att sammanställa befintlig kunskap om olycksrisker på individuell och aggregerad nivå samt hastighetspridningens betydelse för trafiksäkerheten. Litteraturgenomgången är speciellt inriktad på studier där man har tagit fram modeller för sambandet mellan hastighet och olycksrisk. Det förekommer två olika typer av modeller: dels modeller som studerar hur individuella risker påverkas av individens hastighetsval, dels aggregerade modeller som studerar hur totala antalet olyckor och antalet skadade och döda personer beror på hastighetsfördelningen på en sträcka eller inom ett område. Litteraturgenomgången är begränsad till studier utförda på landsbygdsvägar. Aarts och van Schagen (2004) har tidigare gjort en liknande genomgång av hastighetsmodeller.

Det finns olika synsätt på hur hastigheten påverkar olycksrisken. Lite förenklat kan man säga att enligt det ena synsättet så är det hastigheten i sig som har störst betydelse och enligt det andra synsättet är det hastighetsvariationen mellan olika fordon på samma väg som är viktigast. Det huvudsakliga argumentet för det första synsättet är att en ökad hastighet dels medför längre reaktions- och stoppsträcka om något oförutsett inträffar, dels att ökad hastighet leder till svårare konsekvenser om en olycka inträffar. Ett argument för den andra ståndpunkten är att stor variation i hastighet mellan närliggande fordon ger upphov till konflikter som i sin tur kan leda till olyckor. En mer utförlig beskrivning av olika synsätt när det gäller hastighetens betydelse finns i Shinar (1998). Flera författare har försökt studera vilket synsätt som är det riktiga genom att använda olika typer av aggregerade modeller men det har visat sig mycket svårt vilket beskrivs i kapitel 2.2.

2.1 Individuella riskmodeller

Problemet med individuella risker kopplade till val av hastighet studerades redan på 1960-talet. Solomon (1964) och Cirillo (1968) visade att förare som kör antingen betydligt fortare eller betydligt långsammare än medelhastigheten på vägen oftare är inblandade i olyckor än förare som avviker mindre från medelhastigheten. Detta har gett upphov till den så kallade U-kurvan. Redan 1970 ifrågasattes dock dessa resultat av White och Nelson (1970). White och Nelson visade att U-formen inte behöver spegla verklig risk utan kan bero på metodologiska brister i studierna. Det White och Nelson speciellt lyfter fram är att det fel som uppstår då man uppskattar hastigheten hos det olycksinblandade fordonet mycket väl kan förklara en stor del av kurvans U-form. Cowley har studerat olika olyckstyper var för sig och endast återskapat Solomons U-kurva för frontalkollisioner (head-on) på natten. För singelolyckor blev resultatet en växande kurva men för vissa andra olyckstyper hittade han ett negativt samband mellan hastighet och olycksrisk.

På senare tid har flera nya studier gjorts för att skatta individuella riskkurvor (se t.ex. Kloeden m.fl., 2001; Quimby m.fl., 1999; Maycock m.fl., 1998). Den metod som oftast används är så kallade fall-kontroll-studier (case-control) där förare som varit inblandade i olyckor jämförs med antingen en kontrollgrupp bestående av icke olycksinblandade förare eller den generella hastighetsfördelningen på de platser olyckorna skett.

I studien av Kloeden m.fl. (2001) försöker man kvantifiera sambandet mellan hastighet och relativ risk för olycksinblandning på landsbygdsvägar. Hastigheten hos de fordon som varit inblandade i olyckor jämförs med hastigheten hos icke-olycksinblandade

fordon på samma platser och tider med avseende på tid på dygnet, veckodag och årstid (man mäter endast hastigheten hos fria fordon). Hastigheterna för fordonen i kontrollgruppen är uppmätta med laser medan hastigheten hos de olycksinblandade fordonen uppskattats med datorbaserade tekniker för olycksrekonstruktion. Man finner att olycksrisken hos en enskild förare relativt olycksrisken hos en ”medelhastighetsförare” är:

$$I_r = \exp(0.07039\Delta v + 0.000861\Delta v^2)$$

där Δv är skillnaden mellan aktuell förarens hastighet och medelhastighet på vägsträckan (mätt i km/tim). Sambandet är giltigt för hastighetsskillnader mellan -10 till +30 km/tim i förhållande till medelhastigheten och modellen är utvecklad för landsbygdsvägar med hastighetsbegränsning 80–120 km/tim. Kloeden m.fl. hittar inga bevis för U-kurvan utan finner ökad risk endast för förare som kör fortare än andra men inte för de som kör långsammare. I Kloeden m.fl. (2002) presenteras en liknande studie i tätort.

Quimby m.fl. (1999) använder sig av en kombination av väggkantsobservationer och enkäter för att samla in data. Hastigheten hos passerande, fria, fordon mäts med laser samtidigt som registreringsnumren registreras med video. Efter att ägarna till fordonen identifierats, skickas enkäter ut med frågor om bland annat olyckshistorik. En slutsats från studien är att följande samband gäller mellan individuell olycksrisk och hastighet:

$$A_i = 0.215 \left(\frac{v_i}{\bar{v}} \right)^{7.8}$$

där v_i är hastigheten hos aktuell förare och \bar{v} är reshastigheten på sträckan. Detta leder till följande tumregel: en enskild förares olycksrisk ökar med knappt 8 procent då hastigheten ökar med 1 procent. Quimby m.fl. påpekar att denna effekt är mycket större än den som påvisats i studier där man analyserat effekter av medelhastighetsförändringar på en viss vägsträcka (se t.ex. Finch m.fl., 1994). En förklaring till detta kan vara att det finns så kallade sammanblandade variabler (confounders) som påverkar både hastighet och olycksrisk och därmed kan påverka sambandet mellan dessa. En sammanblandad variabel kan definieras som: *en yttre variabel som helt eller delvis står för effekten som påvisas i studien eller som döljer ett underliggande sant samband*. Exempel på sådana variabler är ålder och årlig körsträcka. Andra felkällor är att man inte har mätt hastigheten vid olyckstillfället utan man studerar olycksinblandning i förhållande till individens hastighetsval vid ett enda observationstillfälle och att olycksinblandningen är självrapporterad med de osäkerheter som följer av detta.

En studie med liknande upplägg när det gäller datainsamling genomfördes av Maycock m.fl. (1998). Studien finner följande samband mellan individuell olycksrisk och hastighet:

$$A_i = 0.265 \left(\frac{v_i}{\bar{v}} \right)^{13.1}$$

vilket innebär att en enskild förares olycksrisk ökar med drygt 13 procent då hastigheten ökar med 1 procent. Maycock m.fl. betonar att detta inte är något bevis för att det finns ett kausalt samband mellan en förarens hastighet och olycksrisk och diskuterar på liknande sätt kring sammanblandade variabler och hastighetsmått som Quimby m.fl. (1999).

Fildes m.fl. (1991) studerar förare hastighetsval, olyckshistorik och attityder till fortkörning. Speciellt studeras förare vars hastighet är mycket över respektive under medelhastigheten. Hastigheten mäts manuellt på några vägsträckor, därefter stoppas ett urval av förarna längre fram på vägen för att svara på frågor om demografi, kör- och fordonsdata, attityder till hastigheter samt olyckshistorik. Fildes m.fl. finner inget stöd för Solomons U-kurva utan hittar snarare ett linjärt samband så att olycksinblandning ökar med ökad hastighet. Fildes m.fl. diskuterar kring tänkbara förklaringar: studien nyttjar självrapporterade olyckor till skillnad från vissa andra studier (Solomon 1964, Cirillo 1968) som använder sig av verklig olyckstatistik. Detta kan leda till viss underrapportering som skulle kunna se olika ut i olika grupper. Studien innehåller ett relativt litet olycksmaterial, speciellt för förare som kör långsamt.

Ett lite annorlunda sätt att analysera data beskrivs av Davis m.fl. (2006) som tittat på singelolyckor i två fall-kontroll-studier, en i Adelaide och en i Minnesota. I båda studierna rekonstrueras hastigheten hos de bilar som varit inblandade i en olycka, medan hastigheten hos kontrollbilarna mäts vid olycksplatsen. Till skillnad från tidigare studier som beskrivits ovan använder sig Davis m.fl. (2006) av Bayesianska metoder för att relatera hastigheten till olycksrisk. Davis m.fl. finner inget stöd för U-kurvan, men finner en ökad risk för allvarlig eller dödlig avåkningsolycka då hastigheten ökar. I sin analys tar Davis m.fl. hänsyn till följande aspekter som inte alltid beaktas i andra studier:

- De studerar olika olyckstyper var för sig för att bättre förstå orsakssambandet
- Använder en Bayesiansk ansats för att bättre kunna hantera de små datamängder som uppstår på grund av uppdelning på olyckstyp
- Tar hänsyn till osäkerheten i hastighetsmätningarna från rekonstruktionerna.

2.1.1 Diskussion

De första studierna som analyserade individuella risker kopplade till hastighetsval visade på ett U-format samband mellan hastighet och olycksrisk men senare studier tyder på att sambandet snarare är en monotont ökande kurva där lutningen blir brantare för högre hastigheter. Det betyder alltså att det finns en förhöjd risk att bli inblandad i en olycka ju högre hastighet du har. Däremot finns ingen förhöjd risk om du kör långsammare än medelhastigheten på vägen. Olika studier har dock kommit fram till ganska olika storlek på den förhöjda risken om man kör fortare än medelhastigheten och det finns fortfarande stor osäkerhet i hur den individuella riskkurvan faktiskt ser ut.

De ovan beskrivna studierna har olika styrkor och svagheter men det finns några generella problem med den typ av metod som använts.

Ett sådant problem är att hastigheten vid olyckstillfället är svår att uppskatta medan hastighetsmätningar på kontrollsträckor kan mätas med relativt stor precision. Flera författare (Davis, 2006; Hauer, 2004; Elvik, 2009 och White och Nelson, 1970) har visat att om hastigheterna vid olyckorna har större osäkerhet än hastigheterna på kontrollsträckorna så ger det i sig upphov till en U-liknande riskkurva, även om den sanna riskkurvan är helt platt, dvs. att risken inte påverkas av hastigheten. Orsaken är att en större osäkerhet hos hastigheten hos de olycksinblandade fordonen leder till att andelen extremt låga och andelen extremt höga hastigheter överskattas för dessa fordon, medan motsvarande överskattningar inte görs bland kontrollfordonen. I Davis m.fl.

(2006) har man försökt hantera detta genom att göra en Bayesiansk analys där man tar hänsyn till osäkerheten i de uppskattade hastigheterna.

Ett att de största problemen med fall-kontroll-studier är sammanblandade variabler. Detta beskrivs relativt utförligt av Hauer (2004) i en rapport där han diskuterar för och nackdelar med fall-kontroll-studier i trafiksäkerhetssammanhang, speciellt har han tittat på studierna av Kloeden m.fl. (2001). För att minska effekterna av sammanblandning så bör kontroll- och försöksgrupp matchas så att elementen som studeras har liknande egenskaper.

I studierna av Kloeden m.fl. (2001, 2002) så saknas matchning av t.ex. ålder, kön, bilarnas massa och antalet passagerare vilket såväl Hauer som Kloeden m.fl. menar kan ha påverkat slutsatserna.

Andra författare har också påpekat problem med sammanblandade variabler även om de inte använt den terminologin. När Munden (1967) kommenterade U-kurvan påpekade han att faktumet att snabba och långsamma förare har höga olyckskvoter inte nödvändigtvis betyder att det är de relativt höga respektive låga hastigheterna som orsakat olyckan utan snarare dessa förares övriga egenskaper. Finch m.fl. (1994) är inne på samma linje när han kommenterar att olika förarpopulationer återfinns i olika intervall av hastighetsfördelningen och att de kan ha olika egenskaper som påverkar olycksrisken.

Även Andersson och Nilsson (1996) diskuterar kring att egenskaper hos olika förarpopulationer i olika hastighetsintervall kan vara en förklaring till U-kurvan snarare än hastighetspridningen i sig. Som exempel nämner de att både fordon som körs extremt långsamt och extremt snabbt är inblandade i olyckor i större omfattning än andra beroende på att det är äldre och yngre förare som står för dessa extrema hastigheter snarare än hastighetsdifferenser i sig. Taylor m.fl. (2000) visar att förare som överstiger hastighetsgränsen på vissa vägar tenderar att göra det på alla vägar. Dessa förare är ofta unga, kör mycket och är mer benägna än andra att bryta mot lagar och förordningar.

Den kritik som framförts mot studier som använder sig av självrapporterade olyckor såsom (t.ex. Quimby m.fl., 1999 och Maycock m.fl., 1998) är framförallt risk för underrapportering, generellt låga svarsfrekvenser samt att det inte finns någon koppling mellan de uppmätta hastigheterna och hastigheterna vid de rapporterade olycks-tillfällena.

2.2 Aggregerade riskmodeller

I aggregerade riskmodeller studeras hur totala antalet olyckor eller antalet skadade och dödade personer beror på hastighetsfördelningen på en sträcka eller inom ett område. Hastighetsfördelningen beskrivs ofta genom till exempel medelhastighet, varians eller andel trafikarbete över hastighetsgräns.

2.2.1 Potensmodellen

Ett exempel på en aggregerad riskmodell är den så kallade potensmodellen (Nilsson, 2004). Modellen beskriver sambandet mellan förändrad medelhastighet och antalet olyckor på en viss vägsträcka eller över ett visst område. Modellen är främst utvecklad för landsbygdsförhållanden och baseras på före-efter-studier av hastighetsförändringar. I potensmodellen beskrivs hur en relativ hastighetsförändring påverkar antalet olyckor:

totala antalet (polisrapporterade) personskadeolyckor ändras som kvadraten på den relativa hastighetsförändringen. Låt y_{efter} = antal personskadeolyckor efter hastighetsändringen, $y_{\text{före}}$ = antal personskadeolyckor före hastighetsändringen, $v_{\text{före}}$ och v_{efter} = medelhastighet före respektive efter förändringen. Då ger potensmodellen att:

$$y_{\text{efter}} = y_{\text{före}} \left(\frac{v_{\text{efter}}}{v_{\text{före}}} \right)^2$$

För antalet allvarliga personskadeolyckor (DSS) gäller tredjepotensen och för antal dödsolyckor gäller fjärdepotensen.

Potensmodellen är väl inarbetad och används ofta såväl i Sverige som i internationella studier. Modellen har validerats av TØI och funnits stämma väl överens med data från flera olika länder (Elvik m.fl., 2004). I Elvik (2004 och 2009) redovisas potenser även för andra kategorier.

På senare år har det publicerats flera studier som visar på att effekten av en relativ hastighetsförändring inte bara beror på den relativa hastighetsförändringen utan även på den faktiska hastighetsnivån (Hauer och Bonneson, 2006 och Cameron och Elvik, 2008). I Elvik (2009) beskrivs att man har funnit en tendens att trafiksäkerhetseffekten av en relativ hastighetsförändring är något lägre för hastigheter under 60 km/h jämfört med hastigheter över 60 km/h. För att ta hänsyn till detta redovisas separata modeller för tätort och landsbygd, där modellen för tätort generellt har något lägre potenser än modellen för landsbygd.

2.2.2 Andra modeller

Medan potensmodellen bygger på före-efter-studier av hastighetsförändringar så baseras de flesta andra aggregerade modeller på tvärsnittstudier (cross-sectional studies). I den typen av studier jämför man sambandet mellan hastigheter och olyckor på vägar med olika hastighetsnivå. Svårigheten i dessa studier är att man måste justera för att olika vägar och vägtyper kan ha olika samband mellan hastigheter och olyckor beroende på egenskaper såsom vägbredd, linjeföring och fordonssammansättning.

För att bättre förstå hastighetens betydelse i samband med olyckor utvecklades EURO-modellen (Baraya, 1998). Det är en modell av regressionstyp som utvecklades med hjälp av data från fyra europeiska länder: Sverige, Storbritannien, Nederländerna och Portugal. Resultaten visar på ett positivt samband mellan antalet olyckor och flöde, länklängd, andel fortkörare, hastighetsgräns och antal korsningar och ett negativt samband mot medelhastighet och vägbredd. Att sambandet mellan olyckor och medelhastighet är negativt kan till exempel bero på att landsbygdsvägar med lägre medelhastighet har högre olycksfrekvens på grund av sämre vägutformning. Taylor m.fl. (2000) menar att det negativa sambandet mellan olycksförekomst och medelhastighet är ett resultat av att inga variabler i modellen förutom vägbredd och hastighetsgräns reflekterar säkerhetsstandarden hos vägen och att man generellt kör snabbare på vägar med hög säkerhetsstandard. Det är dessutom så att flera av variablerna som används, t.ex. hastighetsgräns och medelhastighet troligtvis är starkt korrelerade vilket gör att det inte går att tolka resultaten som direkta orsakssamband.

Garber och Gadiraju (1989) fick liknande resultat som Baraya (1998) när de studerade landsbygdsvägar i Virginia, USA. Deras studie visade att olycksfrekvensen ökar med ökande hastighetsvariation samt att olycksrisken går ner då medelhastigheten ökar. Garber och Gadiraju (1989) har i likhet med Baraya, (1998) och Taylor (2000) inte tagit hänsyn till vägens säkerhetsstandard i analysen.

Det bör här påpekas att det i senare studier har framkommit att det i princip inte går att tolka koefficienterna när man har med både medelhastighet och något variansmått i modellen, vi återkommer till den diskussionen senare i detta kapitel.

I Taylor m.fl. (2000) studeras sambandet mellan hastighet och olyckor genom två olika ansatser dels vägbaserade studier där hastigheten hos alla fordon studeras och matchas med olyckor från den nationella olycksdatabasen, dels förarbaserade studier där individuella data om varje förare samlas in. Sammantaget visar båda dessa ansatser att det finns ett starkt samband mellan olycksförekomst och hastighetsnivå. Sambandet är dock inte enkelt utan flera olika hastighetsmått såsom medelhastighet, variationskoefficient (kvoten mellan standardavvikelse och medelhastighet) och andel fortkörare har betydelse. Detta gör att man rekommenderar åtgärder som syftar att reducera hastigheten hos dem som kör snabbast såväl som hastighetsreducerande åtgärder generellt.

De förarbaserade studierna visar att förare som överstiger hastighetsgränsen på vissa vägar tenderar att göra det på alla vägar. Dessa förare är ofta unga, kör mycket och är mer benägna än andra att bryta mot lagar och förordningar.

För att skaffa sig ännu bättre förståelse för sambandet mellan hastighet och olyckor gjorde Taylor m.fl. (2002) ett försök att beakta vägutformning på ett bättre sätt än vad som gjorts i EURO-modellen (Baraya, 1998 och Taylor m.fl., 2000). Deras studie baserades på data från 174 olika vägsektioner på tvåfältsvägar i England. Dessa vägsektioner klassificerades utifrån: medelhastighet, olyckskvot, korsningstäthet, kurvstäthet och vägens backighet. Med hjälp av principalkomponentanalys delades dessa vägsektioner in i fyra olika grupper utifrån trafiksäkerhetsstandard. Därefter anpassades modeller för att ta reda på sambandet mellan olycksfrekvens och olika variabler såsom flöde, länklängd, medelhastighet. Man studerade även andra hastighetsmått som standardavvikelse, variationskoefficient, andel som överskrider hastighetsgränsen samt medelhastigheten hos dem som överskrider hastighetsgränsen. Några slutsatser från studien är att olycksfrekvensen ökar kraftigt med ökad medelhastighet, olycksfrekvensen varierar mellan grupperna och var klart högre i grupperna med sämre säkerhetsstandard på vägarna, effekten av medelhastighet var särskilt stor för korsningsolyckor samt att inga andra hastighetsmått varken påverkar olycksfrekvensen så starkt som medelhastigheten eller ökar förklaringsgraden väsentligt om de adderas till modellen. Detta skiljer sig delvis från de slutsatser som drogs i den tidigare studien av Taylor m.fl.(2000).

I alla ovanstående modeller används både medelhastighet och något sorts variansmått när man försöker förklara hastighetens betydelse för trafiksäkerheten. En positiv koefficient framför variansmättet tolkas ofta som att hastighetsvariationen i sig har betydelse. Flera författare har dock hävdade att denna tolkning är felaktig och att om både medelhastighet och varians finns med i modellen är det mycket svårt att tolka resultaten. En debatt om detta startade i och med publiceringen av en artikel av Lave (1985) där han hävdade att "variansen dödar – inte hastigheten".

Lave undersökte data från 6 olika typer av vägar med relativt hög hastighetsgräns från 48 av USA:s delstater under åren 1981 och 1982. Han använde medelvärden för varje

stat och modellerade dödsrisk som en linjär funktion av medelhastighet, hastighetsvariation (85:e percentilen-medelhastighet), antal sjukhus per ytenhet och antal fortkörningsböter per förare. En modell anpassades för varje typ av väg och år, totalt 12 ekvationer. Resultaten visade att koefficienter framför hastighetsvariationen i 11 fall av 12 var positiv men signifikant endast i ca hälften av fallet. Motsvarande koefficient för medelhastigheten var inte signifikant skild från noll i något fall. Utifrån dessa resultat drog han slutsatsen att det var hastighetsvariationen som hade betydelse och inte medelhastigheten.

Tre svar på Laves artikel publicerades i *The American Economic Review* 1989 (Levy & Asch, Fowles & Loeb samt Snyder). Ingen av dessa repliker till Lave ifrågasätter dock grunden för Laves studie utan testar endast samma typ av modell men med lite andra förklaringsvariabler. Samtliga kommer fram till att till att både medelhastighet och hastighetsvariation har samband med antal döda eller dödsrisk. I Laves svar hävdar han att den största bristen hos de nya studierna är att alla tre använder aggregerade data från flera typer av vägar, vilket kan ha lett till falska samband. Detta argument är riktigt men kan lika gärna användas som kritik till Laves egen studie eftersom han slår ihop alla vägar av en viss typ. I Hauer (2005) återges diskussionen mellan Lave och de tre svarande mer utförligt.

Diskussionen av Laves resultat fortsatte i Davis (2002) och Hauer (2005). Båda dessa kritiserar både Laves metod och sättet att tolka resultaten. Davis (2002) påpekar att observerade korrelationer inte behöver betyda att det finns ett faktiskt samband mellan hastighetsvariation och risk. Han visar också att oavsett om riskkurvan (risk som funktion av hastighet) för varje individ är monotont ökande, monotont minskande eller U-formad kan det ge en positiv korrelation mellan aggregerad risk och hastighetsvariation. Med aggregerad risk menas här den totala risken för alla fordon på en sträcka. Hittar man en positiv korrelation vet man alltså inte alls hur den ska tolkas i form av underliggande individuell risk eller om variationen i sig har någon betydelse.

Hauer (2005) är inne på samma spår som Davis (2002) och menar att Laves metod var dömd att misslyckas från början. Anledningen till det är att, under förutsättning att riskkurvan på individnivå är icke-linjär, en korrekt regressionsmodell kommer att innehålla både medelhastighet och hastighetsvariation även om risken att dödas endast beror på ett fordonens absoluta hastighet och inte alls på skillnaden av individuella hastigheter (detta visades av Rodrigues, 1990). Ett exempel som beskriver ovanstående finns i Elvik (2009). Hauer (2005) påpekar också att både Lave (1985) och de som svarat honom drar slutsatser om kausalitet utifrån regressionssamband, vilket inte är möjligt i den här typen av studier. Även Finch m.fl. (1994) påpekar att tvärsnittsstudier inte kan användas för att fastslå kausala samband.

Man bör påpeka att varken Davis (2002) eller Hauer (2005) påstår att Laves slutsats om hastighetsvariationens betydelse är felaktigt, bara att man inte kan dra den slutsatsen från den analys som är gjord.

2.2.3 Diskussion

Den typ av tvärsnittsstudier som beskrivits i 2.2.2 ovan används ofta för att man vill analysera sambandet mellan hastighetsfördelningen på en väg och olycksfrekvensen. Man vill till exempel veta vilka egenskaper hos hastighetsfördelningen som är betydelsefulla, är det medelhastighet, standardavvikelse, 85-percentil eller något annat? Flera författare har dock kommit fram till att det i princip inte går att särskilja betydelsen av

medelvärde och spridning i den här typen av studier (Rodrigues, 1990, Davis 2002, Hauer 2005 och Elvik, 2009). En orsak till det stora intresset för den här frågan är att de åtgärder man bör sätta in för att förbättra säkerheten kan skilja sig åt beroende på hur orsakssambandet ser ut.

En invändning mot de spridningsmått som används är att de ofta är generella såsom varians eller andel över hastighetsgräns. Det är svårt att direkt se koppling mellan dessa mått och konflikter mellan fordon. Detta påpekas av Shinar (1998) som konstaterar att de flesta studier beräknar variansen över hela dygnet. Detta innebär att en stor varians kan spegla hastighetsvariationer som beror på skillnader i hastighetsnivå mellan hög och lågtrafikperioder. I Lu och Chen (2009) föreslås ett annat mått som istället baseras på hastighetskillnaden mellan två på varandra följande fordon.

I Andersson och Nilsson (1997) diskuterar man kring olika aspekter kring hastigheter och olyckor. I relation till U-kurvan (Solomon m.fl.) konstaterar man att det skulle kunna vara så att det är högre olycksrisk för fordon som oftare kommer i konflikt med andra (långsamma och snabba) men påpekar samtidigt att olycksundersökningar från flera olika länder visar att omkörningsolyckor och påkörningsolyckor är relativt ovanliga och att påkörningsolyckorna oftast sker i närheten av korsningar. Det stora trafiksäkerhetsproblemet är singel- och mötesolyckor vars konsekvenser främst beror på hastighetsnivån. Man menar att hastighetsvariansen troligen bara är relevant för vissa olyckstyper medan hastighetsnivån påverkar varje olycka. Även Shinar (1998) diskuterar kring olika olyckstyper, till exempel står olyckor där filbyte eller omkörning föregått olyckan för endast ca 5 procent av alla olyckor i USA.

Shinar (1998) påpekar också att det är skillnad mellan allmänt långsamgående fordon och fordon som saktat ner för att till exempel svänga av vägen. Detta gör att jämförelser mellan snabba och långsamma fordons olycksrisk inte är jämförbar (om man inte tar hänsyn till detta i studien).

Ytterligare en svårighet då det gäller att särskilja effekten av medelhastighet och hastighetsvarians är att dessa variabler är starkt korrelerade (Andersson och Nilsson, 1997; Shinar, 1998; Finch 1994). Detta gör att det är svårt att isolera effekten av hastighetsnivå och varians.

3 Olika åtgärders effekter på hastighetsfördelningen

I detta avsnitt studeras och jämförs effekter av olika åtgärder som syftar till att påverka hastigheten hos trafikanterna. De effekter som studeras är förändringar av medelhastighet och olika mått på hastighets-spridning. Tre olika åtgärder studeras: förändring av hastighetsgränser på vägar såväl utan som med ATK, införande av ATK (här studeras endast förändring vid kameror) och ISA med aktiv gaspedal. För samtliga åtgärder görs före-efter analyser.

3.1 Data

De data som används i analysen kommer från den nationella utvärderingen av nya hastighetsgränssystemet (etapp 1), hastighetsdata från fasta ATK-kameror samt hastighetsdata före och efter installation av flyttbar ATK. För ISA används inte grunddata utan simulerade data baserade på resultat från utvärderingen av ISA med aktiv gaspedal i Lund.

3.1.1 Utvärdering av nya hastighetsgränser

Hastighetsdata från vägar som fått ny hastighetsgräns kommer dels från mätningar i den nationella utvärderingen, dels från hastighetsdata från fasta ATK-kameror.

Hastighetsdata från utvärderingen av nya hastighetsgränser avser vägar från det nationella vägnätet som 2008 fick sänkt hastighetsgräns från 110 km/tim till 100 km/tim. Totalt mättes hastigheten i 20 punkter på dessa vägar, föremätningar gjordes 2008 och eftermätningar 2009. Här har de 8 punkter med störst hastighetseffekt valts ut eftersom syftet har varit studera punkter där hastighetsfördelningen förändrats till följd av ny hastighetsgräns. Notera att syftet inte är att generellt skatta effekten av ny hastighetsgräns utan endast illustrera hur hastighetsfördelningen och olika mått kan förändras på vägar där hastighetsgränsen sänks. Punkter både från 2+1-vägar och vanliga 2-fältsvägar har tagits med och mättiden är ca 3–4 vardagsdygn per plats och mättillfälle (2008 respektive 2009). Endast fordon registrerade mellan kl. 06 och kl. 20 har tagits med i analysen. Mätningarna har genomförts av Vectura AB. Vid alla punkter har mätningar utförts med slang (Metor 3000). Totalt är hastigheter från ca 47 000 fordon under 2008 och ca 59 000 fordon under 2009 registrerade. För en utförligare beskrivning av hur data samlats in, se Vadeby och Forsman (2010).

Hastighetsdata från fasta kameror kommer från ATK-kameror vid 3 olika platser. Hastighetsbegränsningen har vid alla dessa platser varit 90 km/tim vid föremätningen i augusti 2008 och 80 km/tim vid eftermätningen i augusti 2009. Totalt är hastigheter från ca 66 000 fordon per mättillfälle registrerade. De hastighetsangivelser som anges av kamerorna är generellt lägre än trafikmätningar med slang. Detta beror på det vinkelfel som uppstår då kameran mäter från sidan av vägen. Enligt Trafikverkets bedömningar (källa: Håkan Gelin) ligger hastighetsnivåer från kamerorna ca 2–3 km/tim under motsvarande hastighetsnivåer från slangmätningar. För att kompensera för detta har vi adderat 3 km/tim till samtliga uppmätta hastigheter från kamerorna. Detta kan marginellt påverka de relativa jämförelser som görs.

3.1.2 Införande av ny ATK

Hastigheter från utvärderingen av flyttbar ATK har mätts med slang (Metor 3000). Data kommer från 6 olika platser som vid tidpunkten för eftermätningen utrustats med ATK. Föremätningarna ägde rum under ca 1 vecka i augusti/september 2010 och eftermätningarna under ca 1 vecka i september/oktober 2010. Mätningarna genomfördes av Vectura AB. Totalt är hastigheter från ca 115 000 fordon per mättillfälle registrerade. Mätningarna är gjorda vid en ny kamera och endast hastighetsförändringen hos fordon som åker i riktning mot kameran studeras. Hastighetsbegränsningen är 90 km/tim vid samtliga mätplatser.

3.1.3 ISA

För att illustrera effekten av ISA har resultat från ett ISA-försök i Lund använts (Carlsson, 2002; Várhelyi m.fl., 2002a och Várhelyi m.fl., 2002b). Eftersom grunddata inte fanns tillgängliga i önskad form utan relativt omfattande bearbetning skapades ett fiktivt dataset med liknande egenskaper som presenteras i nämnda referenser. Hastighetsdata från föremätningen av flyttbar ATK har används som föredata i det fiktiva datasetet. Efterdata har sedan skapats så att effekterna på medelhastigheter, standardavvikelse och hastighetsfördelningen liknar resultaten från ISA-försöken. En skillnad som bör noteras är att ISA-resultaten är från vägar med hastighetsgräns 70 km/h medan det fiktiva datasetet motsvarar en hastighetsgräns på 90 km/h.

Anledningen till att ett nytt dataset skapades är dels att syftet med studien är att beräkna andra spridningsmått än de som redan finns publicerade, dels att i kapitel 4 kunna beräkna trafiksäkerhetseffekter för enskilda fordon.

3.2 Olika typer av spridningsmått

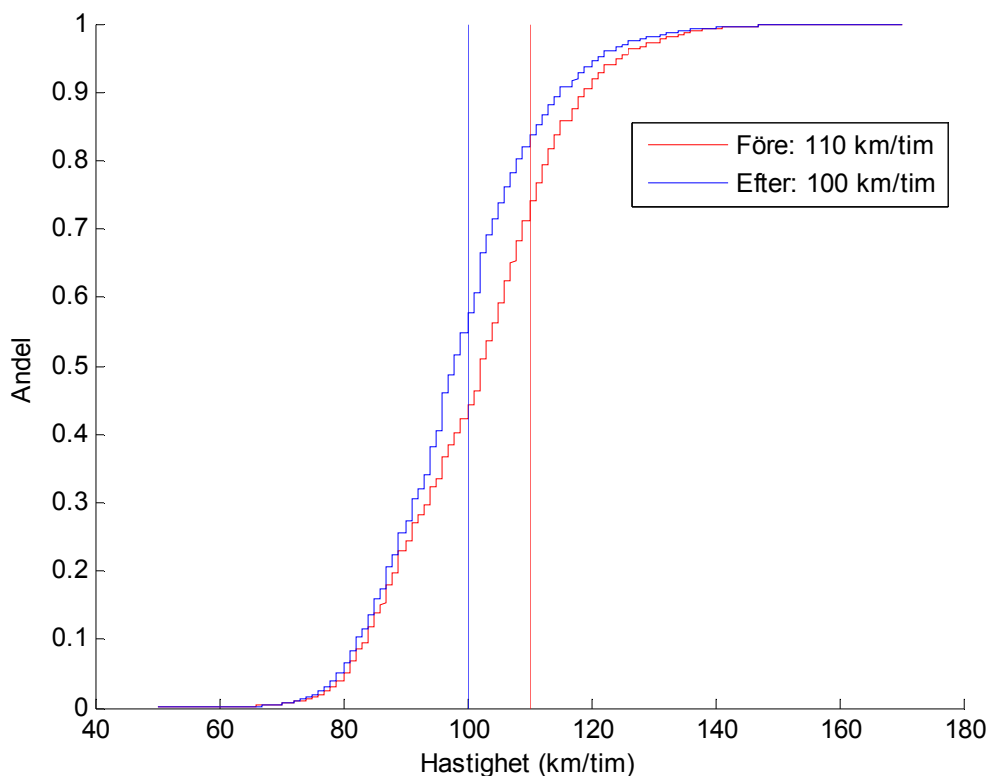
I litteraturen framkommer att det inte är självklart vilket mått som är mest relevant att använda då man studerar samband mellan hastighet och trafiksäkerhet. Ofta används medelhastighet och/eller standardavvikelse beräknade för hela mätperioden, men även andra mått som 85-percentilen, variansen, variationskoefficienten, andel förare över hastighetsgräns och medelhastighet hos fortkörarna föreslås i litteraturen.

För att illustrera hur samtliga fordons hastigheter varierar över sträckan kan man studera hastighetsfördelningen. Den visar andel fordon som kör under en viss hastighet för samtliga förekommande hastigheter, och ur den kan man till exempel utläsa andel fordon under (eller över) hastighetsgräns och percentiler. Hastighetsfördelningar före och efter införandet av åtgärderna:

- förändring av hastighetsgräns från 110–100 km/tim
- förändring av hastighetsgräns från 90–80 km/tim på vägar med ATK, hastighetsdata från kameror
- införande av ny ATK (förändring vid kameror) på vägar med hastighetsbegränsning 90 km/tim
- med och utan ISA med aktiv gaspedal på vägar med 90 km/tim

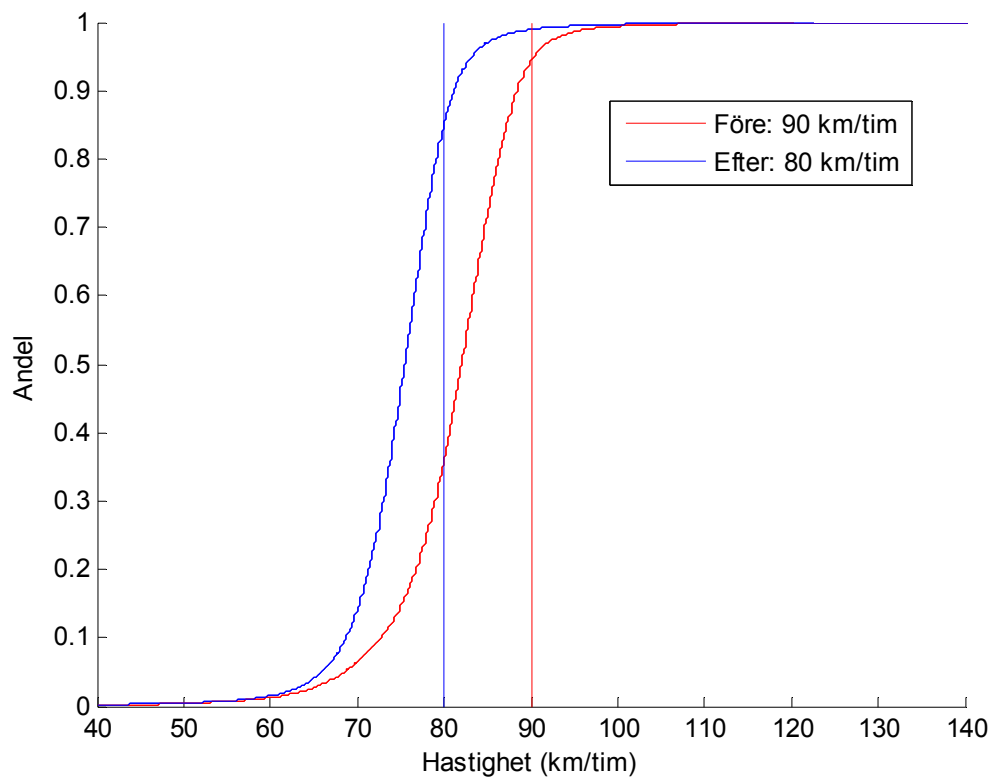
redovisas i Figur 1–Figur 4. Samtliga fordon från alla mätplatser för respektive åtgärd är redovisade i figurerna. Notera att dessa exempel endast är avsedda att illustrera hur hastigheterna förändras vid olika åtgärder och skall inte ses som generella resultat. Till exempel så har för åtgärden *“förändring av hastighetsgräns från 110–100 km/tim”* de

punkter med störst effekt på hastighetsförändring valts ut. I Figur 1 ser vi att då hastighetsgränsen sänkts från 110 km/tim. (röd kurva) till 100 km/tim (blå kurva) så flyttas hela fördelningen åt vänster, vilket visar på en generell hastighetsminskning. Den största förflyttningen har skett för hastigheter i mitten av hastighetsspannet. För hastigheter under 90 km/tim är förändringarna betydligt mindre. Andel fordon under hastighetsgränsen har minskat från ca 70 procent till ca 50 procent.

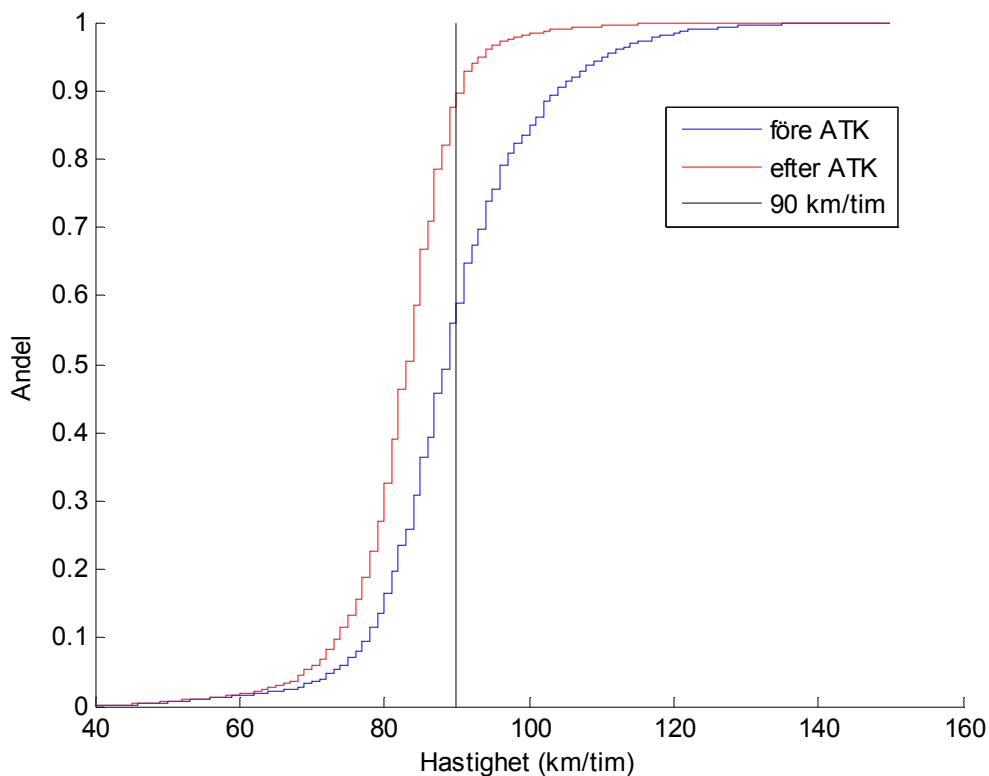


Figur 1 Förändring av hastighetsgräns 110 km/tim–100 km/tim: Hastighetsfördelning för alla fordon före respektive efter förändrad hastighetsgräns.

I Figur 2 ser vi hur hastighetsfördelningen förändras när hastighetsgränsen sänks från 90 till 80 km/tim vid trafiksäkerhetskameror. Jämfört med Figur 1 så är fördelningen mer upprätt i såväl före- som eftersituationen och betydligt fler håller gällande hastighetsgräns. Ca 95 procent av trafikanterna håller hastighetsgränsen i före-situationen medan ca 85 procent gör det efter sänkningen av hastighetsgränsen till 80 km/tim. Man kan också notera att hastighetsfördelningen förskjuts åt vänster relativt mycket även för hastigheter under den nya hastighetsgränsen 80 km/tim. En förklaring till detta skulle kunna vara att hastighetsmätare snarare visar för hög än för låg hastighet.



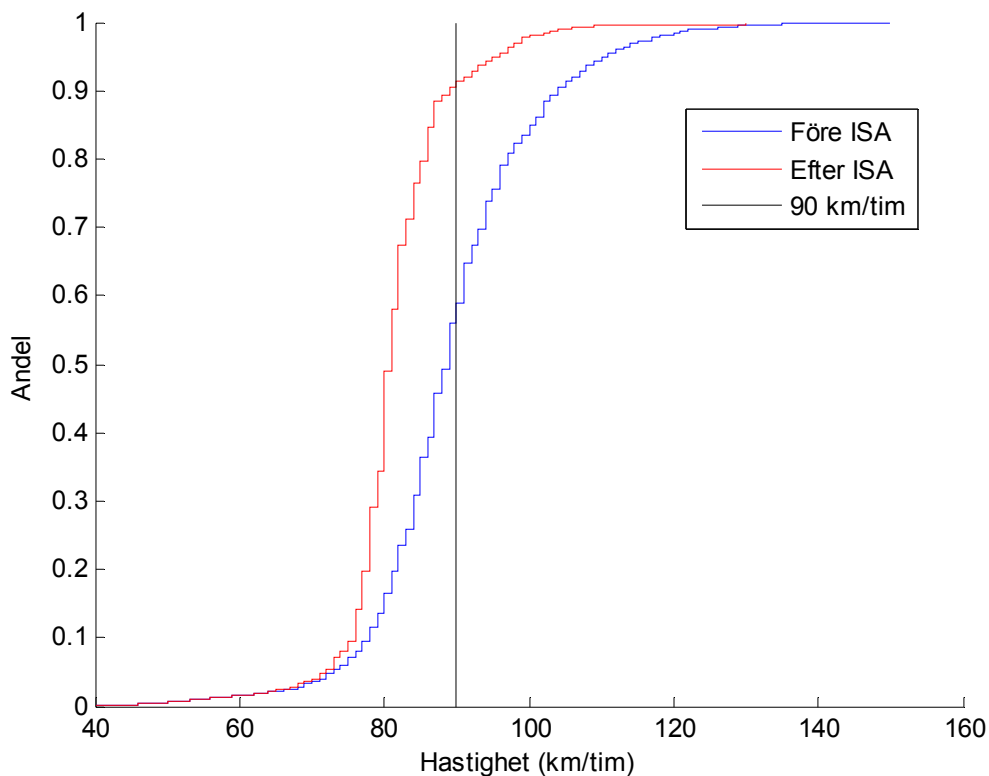
Figur 2 Förändring av hastighetsgräns 90 km/tim–80 km/tim vid ATK-kamera, hastighetsdata från ATK. Hastighetsfördelning för alla fordon före respektive efter förändrad hastighetsgräns.



Figur 3 Införande av ATK. Hastighetsfördelning för alla fordon före och efter ATK. Hastighet mätt i riktning mot kamera.

I Figur 3 ser vi att då man infört ATK på en vägsträcka/punkt så sker det en större förflyttning av hastighetsfördelningen för de höga hastigheterna, vilket innebär att det är de som kör fortast som minskar sin hastighet mest. På samma sätt som i Figur 2 kan man även här se att fördelningen flyttas åt vänster (mot lägre hastigheter) även för hastigheter som innan förändringen låg under den nya hastighetsgränsen. I figuren kan vi avläsa att ca 90 procent håller hastighetsgränsen efter införandet av ATK medan före ATK så höll knappt 60 procent gällande hastighetsgräns.

I Figur 4 illustreras ett exempel på hur hastighetsfördelningen kan förändras om alla fordon utrustas med ISA. Figuren baseras på det fiktiva datamaterialet som beskrivs i kapitel 3.1. Hastighetsfördelningen förändras på liknande sätt som vid införandet av ATK-kameror och som förväntat är det hastigheter över hastighetsgränsen som påverkas mest.



Figur 4 Illustration av effekter av ISA. Hastighetsfördelning för alla fordon med respektive utan ISA. Simulerade data.

Som komplement till hastighetsfördelningarna presenteras absoluta och relativa förändringar av ett antal mått i Tabell 1–Tabell 4.

I Tabell 1 ser man att medelhastigheten minskat med drygt 3 km/tim när hastighetsgränsen sänkts från 110 till 100 km/tim, vilket motsvarar en minskning på ca 3 procent. Förändringen av standardavvikelsen är något större, ca 7 procent, därför sker också en minskning av variationskoefficienten. Medelhastigheten har minskat något mer för hastigheter över aktuell hastighetsgräns än för de under aktuell gräns. Detta återspeglas också i percentilerna där minskningen är större för den 85:e percentilen (P85) än för den 15:e percentilen (P15). Det här resultatet är väntat eftersom de som redan tidigare kört under den nya hastighetsgränsen inte har något incitament att sänka sin hastighet ytterligare. Andel som kör över hastighetsgräns har ökat från 0,26 till 0,42, medan de som kör över hastighetsgräns +6 km/tim har ökat från 0,14 till 0,24. Relativt sett är ökningen för dessa mått av samma storleksordning. Det är få som kör över hastighetsgräns +30 km/tim så den ökning som skett bör tolkas försiktigt.

Tabell 1 Förändring av olika mått då hastighetsgränsen sänkts från 110 km/tim–100 km/tim.

	Före ändring (110 km/tim)	Efter ändring (100 km/tim)	Differens	Relativ förändring (%)
Medelhastighet	101,73	98,60	-3,13	-3 %
Standardavvikelse	14,06	13,06	-1,01	-7 %
Variationskoefficient	0,14	0,13	-0,006	-4 %
Medelhastighet hos de laglydiga	95,63	89,95	-5,68	-6 %
Medelhastighet hos fortkörarna	119,09	110,44	-8,65	-7 %
Andel över hastighetsgräns	0,26	0,42	0,16	62 %
Andel över hastighetsgräns +6 km/tim	0,14	0,24	0,10	69 %
Andel över hastighetsgräns +30 km/tim	0,01	0,02	0,01	185 %
P85	115,54	111,83	-3,71	-3 %
P15	86,84	85,55	-1,28	-1 %

Resultat för hastighetsgränsändring från 90 km/tim till 80 km/tim vid ATK-kameror visas i Tabell 2. Dessa hastighetsnivåer har justerats med ett schablonpåslag på 3 km/tim för att nivåerna ska vara ungefär jämförbara med nivåerna från slangmätningar som använts i övriga fall. Resultaten visar att medelhastigheten har minskat från ca 81 km/tim till ca 75 km/tim. Man kan konstatera att medelhastigheten redan innan förändringen låg nära den nya hastighetsgränsen på 80 km/tim. Andelen som kör över hastighetsgräns har ökat med 9 procentenheter. Studerar vi förändringen av hastighetsnivån i ytterkanten av hastighetsfördelningen, 15- och 85-percentilen så kan vi se att P85 har minskat med ca 7 km/tim vilket är något mer än minskningen av medelhastigheten. 15-percentilen har minskat mindre än medelhastigheten, knappt 5 km/tim.

Tabell 2 Förändring av olika mått då hastighetsgränsen sänkts från 90 km/tim till 80 km/tim på väg med ATK. Hastighetsdata från ATK-systemet.

	Före ändring (90 km/tim)	Efter ändring (80 km/tim)	Differens	Relativ förändring (%)
Medelhastighet	81,38	75,33	-6,05	-7 %
Standardavvikelse	6,87	5,73	-1,14	-17 %
Variationskoefficient	0,08	0,08	-0,01	-10 %
Medelhastighet hos de laglydiga	80,61	73,89	-6,72	-8 %
Medelhastighet hos fortkörarna	94,54	83,74	-10,79	-11 %
Andel över hastighetsgräns	0,06	0,15	0,09	166 %
Andel över hastighetsgräns +6 km/h	0,01	0,02	0,01	110 %*
Andel över hastighetsgräns +30 km/h	0,0008	0,0014	0,0006	69 %*
P85	87,29	80,04	-7,24	-8 %
P15	75,37	70,36	-5,01	-7 %

*Notera att är få som kör över hastighetsgräns +6 eller +30 km/tim så den ökning som skett bör tolkas försiktigt

I Tabell 3 ser vi att medelhastigheten för alla fordon i de 6 punkterna som utrustats med ATK har minskat med knappt 7 km/tim eller ca 8 procent. Jämför vi med 85-percentilen (P85) så ser vi att den har minskat ännu mer, närmare 11,5 km/tim eller 11 procent. Detta kan jämföras med den nationella utvärderingen av ATK (Vägverket, 2009) där 85-percentilen minskade med ca 10 procent. Hastighetsförändringen hos de som kör långsammast kan studeras med 15-percentilen som anger vilken hastighet som 15 procent av förarna understiger. I Tabell 3 ser vi att 15-percentilen har minskat med knappt 4 km/tim eller ca 5 procent. Studerar vi andel överträdelser så ser vi en kraftig minskning av samtliga mått som studeras. Andel som kör över hastighetsgräns har minskat från drygt 40 procent innan ATK till 10 procent efter ATK. Detta är en minskning med 75 procent, vilket är i god överensstämmelse med resultat från den nationella utvärderingen, Vägverket (2009). Andelen som kör 6 km/tim eller mer för fort har minskat med 21 procentenheter. Även andelen som kör 30 km/tim eller mer för fort har procentuellt minskat mycket, dock från en redan låg nivå. Som konstaterats tidigare i samband med såväl den nationella utvärderingen som då vi studerade hastighetsfördelningen i Figur 3 så påverkas de som kör fortast mest då ATK installeras.

Tabell 3 Förändring av olika mått då ATK införts på väg med hastighetsbegränsning 90 km/tim. Förändring vid kamerorna.

	Före ATK (90 km/tim)	Efter ATK (90 km/tim)	Differens	Relativ förändring (%)
Medelhastighet	89,53	82,61	-6,92	-8 %
Standardavvikelse	11,95	8,28	-3,67	-31 %
Variationskoefficient	0,13	0,10	-0,03	-25 %
Medelhastighet hos de laglydiga	82,33	81,09	-1,24	-2 %
Medelhastighet hos fortkörarna	99,91	95,73	-4,18	-4 %
Andel över hastighetsgräns	0,41	0,10	-0,31	-75 %
Andel över hastighetsgräns +6 km/h	0,24	0,03	-0,21	-86 %
Andel över hastighetsgräns +30 km/h	0,01	0,0005	0,005	-91 %
P85	101,07	89,55	-11,52	-11 %
P15	80,49	76,67	-3,81	-5 %

I Tabell 4 visas en tänkbar förändring av olika läges och spridningsmått om alla fordon utrustas med ISA (den typ av ISA som avses är aktiv gaspedal liknande den sort som användes vid försöket i Lund). Hastighetsbegränsningen på vägen är 90 km/tim. De flesta mått förändras på ett liknande sätt som vid införandet av ATK. En skillnad mellan ISA och ATK är dock att man med ISA kan förvänta sig samma effekt överallt, medan effekten av ATK generellt är större vid kamerorna än på andra ställen längs en ATK-sträcka.

Tabell 4 Tänkbar av förändring av olika mått då fordon utrustas med ISA. Fiktivt dataset. Hastighetsbegränsning 90 km/tim.

	Utan ISA (90 km/tim)	Med ISA (90 km/tim)	Differens	Relativ förändring (%)
Medelhastighet	89,53	81,47	-8,06	-9 %
Standardavvikelse	11,95	8,08	-3,86	-32 %
Variationskoefficient	0,13	0,10	-0,03	-26 %
Medelhastighet hos de laglydiga	82,33	79,83	-2,50	-3 %
Medelhastighet hos fortkörarna	99,91	98,62	-1,29	-1 %
Andel över hastighetsgräns	0,41	0,09	-0,32	-79 %
Andel över hastighetsgräns +6 km/h	0,24	0,05	-0,19	-79 %
Andel över hastighetsgräns +30 km/h	0,0054	0,0046	-0,0008	-15 %
P85	101,07	87,12	-13,95	-14 %
P15	80,49	77,14	-3,35	-4 %

För alla åtgärder som presenterats ovan ser man samma tendens att hastigheten för den 85:e percentilen sänks mer än hastigheten för den 15:e percentilen. Den här effekten är dock betydligt större vid införandet av ATK (Tabell 3) eller ISA (Tabell 4) än om man endast sänker hastighetsgränsen (Tabell 1). När det gäller sänkning av hastighetsgräns vid befintliga kameror anpassar man sig väl till den nya hastighetsgränsen.

3.3 Alternativa spridningsmått

I litteraturen framförs ibland synpunkten att de spridningsmått som används, t.ex. standardavvikelse, varians eller andel över hastighetsgräns, är för generella. Det är svårt att direkt se kopplingen mellan dessa mått och konflikter mellan enskilda fordon. Bland annat Shinar (1998) konstaterar att man i de flesta studier beräknar variansen över hela dygnet. Detta innebär att en stor varians kan spegla hastighetsvariationer som beror på skillnader i hastighetsnivå mellan hög- och lågtrafikperioder snarare än skillnad i hastighet mellan närliggande fordon. I Lu och Chen (2009) föreslås ett annat mått, ASD (Average Speed Difference) som istället baseras på hastighetsskillnaden mellan två på varandra följande fordon. Även Munden (1967) föreslår ett alternativt sätt att analysera hastighetsdata genom att normera hastigheten för ett enskilt fordon med medelhastigheten av närliggande fordon. För att illustrera vad olika variansmått ger för resultat beräknas de olika måtten för data då hastighetsgränsen sänkts från 110 km/tim till 100 km/tim. De variansmått som studeras är:

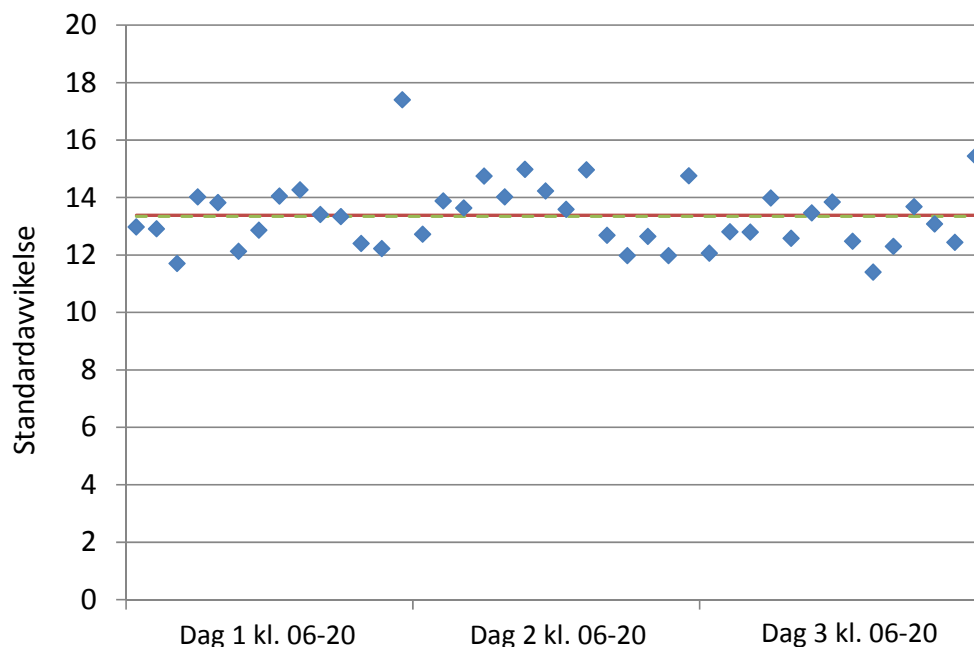
- Generell standardavvikelse beräknat över hela tidsperioden, Sd
- Medelvärde av standardavvikelser som beräknats på timnivå, S60
- ASD som definieras:

$$ASD = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} |v_i - v_{i+1}|}{n-1},$$

där v_i är hastigheten hos fordon i , $i = 1 \dots n$.

- Mått baserat på normering av hastigheter enligt Munden (1967). Först beräknas kvoten mellan varje enskild hastighet och medelhastigheten hos fyra fordon före och fyra fordon efter aktuellt fordon. Sedan beräknas standardavvikelsen för kvoterna på timnivå på samma sätt som för S60.

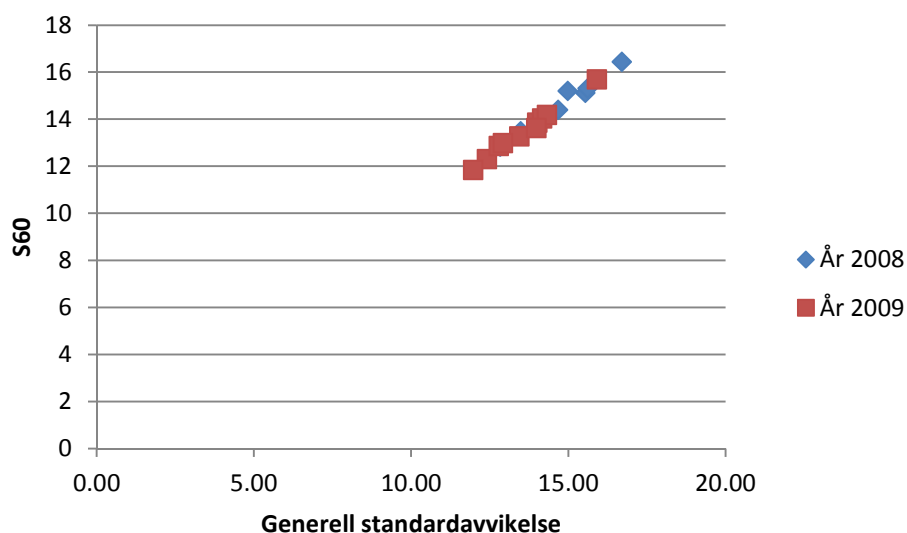
I Figur 5 illustreras hur standardavvikelsen på timnivå (blå punkter) varierar kring standardavvikelsen beräknad på hela tidsperioden (röd linje). Data är från en punkt med ny hastighetsgräns 110 km/tim år 2009 jämfört med 100 km/tim år 2008, men mönstret är desamma för de andra punkterna som fått sänkt hastighetsgräns. Den gröna linjen är ett oviktat medelvärde av standardavvikelseerna på timnivå (motsvarar S60 i punktlistan ovan). Standardavvikelsen på timnivå illustrerar spridningen kring medelvärdet den aktuella timmen. Om dessa vägs ihop till ett medelvärde så ser vi att det i princip inte är någon skillnad med den ”vanliga” standardavvikelsen och medelvärdet av timbaserade standardavvikelser. Detta innebär att variationen i medelhastighet mellan olika timmar under mätperioden inte är så stor att den påverkar den generella standardavvikelsen. Det höga värdet på standardavvikelsen dag 1 inträffar timmen mellan kl. 19 och 20 och beror på några få mycket höga hastigheter under denna timme.



Figur 5 Standardavvikelse på timnivå (blå punkter), standardavvikelse för hela tidsperioden (röd linje) samt medelvärdet av standardavvikelsen på timnivå (grön linje).

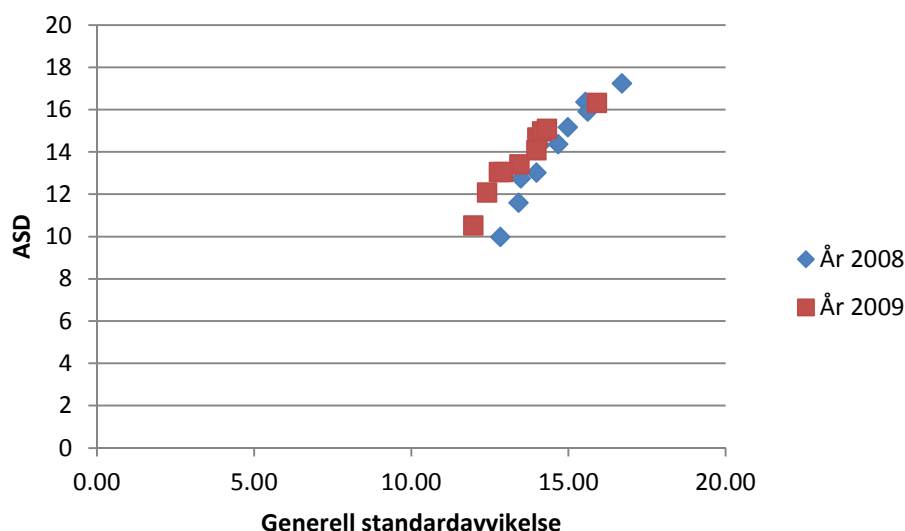
I Figur 6–Figur 8 visas hur de olika variansmått förhåller sig till den generella standardavvikelsen för samtliga 8 punkter såväl före (2008) som efter (2009) införandet av ny hastighetsgräns. De underliggande värdena för dessa diagram finns i Tabell 5.

I Figur 6 plottas medelvärdet av standardavvikelse på timnivå plottad mot standardavvikelse för hela tidsperioden. Även här kan vi dra samma slutsatser som från Figur 5, nämligen att variation i medelhastighet mellan olika timmar under mätperioden inte verkar spela så stor roll på dessa vägar.



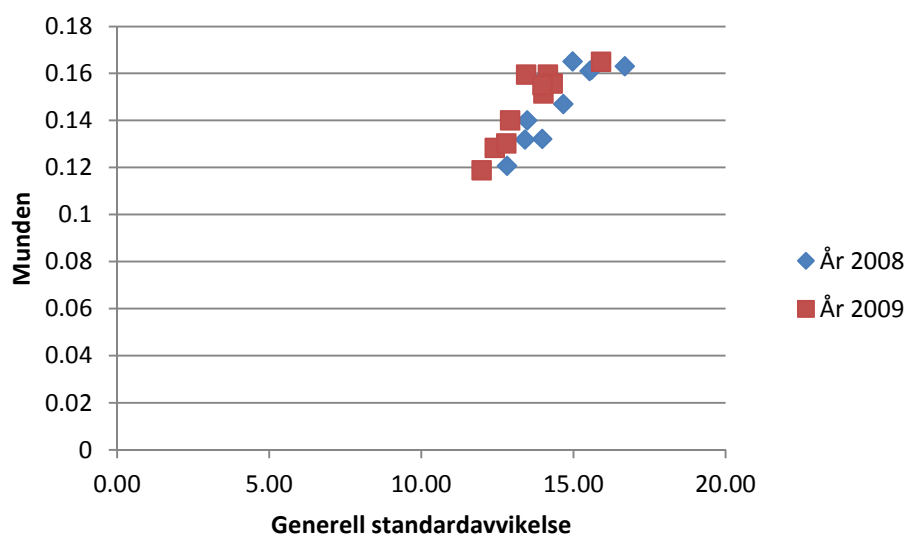
Figur 6 Medelvärdet av standardavvikelse på timnivå plottad mot standardavvikelse för hela tidsperioden.

I Figur 7 visas motsvarande figur för ASD-värden plottade mot standardavvikelsen för hela tidsperioden. Här kan något större avvikelser än för medelvärdet av standardavvikelsen på timnivå konstateras. Om man studerar Tabell 5 kan man till exempel se att det händer i flera fall att när den generella standardavvikelsen minskar mellan 2008 och 2009 så ökar ASD. Det förekommer alltså att den generella standardavvikelsen minskar medan skillnaden i hastighet för närliggande fordon ökar. Det är dock inga stora avvikelser.



Figur 7 ASD plottad mot standardavvikelse för hela tidsperioden.

I Figur 8 plottas variansmått baserat på Munden mot standardavvikelsen för hela tidsperioden. Här är avvikelse större. Det är väldigt små skillnader i Mundens mått mellan år 2008 och 2009 vilket tyder på att körmönstret för sekvenser av fordon inte förändras så mycket när hastigheten sänks.



Figur 8 Variansmått baserad på Munden plottad mot standardavvikelse för hela tidsperioden.

Det är svårt att dra några generella slutsatser från jämförelsen ovan men man kan konstatera att skillnaden mellan att beräkna en generell standardavvikelse och standardavvikelse baserat på timnivå är marginell i de punkter som mätts (2+1- vägar och landsvägar). Däremot kan det vara skillnader i den generella standardavvikelsen och variation mellan närliggande fordon.

Tabell 5 Standardavvikelse (Std), medelvärdet av standardavvikelse på timnivå (S60) samt ASD för 8 punkter som fick sänkt hastighetsgräns hösten 2008.

Punkt nr	2008 (110 km/tim)				2009 (100 km/tim)			
	Sd	S60	ASD	Munden	Std	S60	ASD	Munden
1	13,42	13,35	11,59	0,13	12,42	12,29	12,07	0,13
2	13,99	13,87	13,00	0,13	12,80	12,85	13,04	0,13
3	12,84	12,82	9,98	0,12	11,99	11,83	10,52	0,12
4	16,71	16,43	17,24	0,16	15,92	15,69	16,31	0,16
5	14,68	14,40	14,36	0,15	14,02	13,84	14,67	0,15
6 ¹	15,55	15,11	16,36	0,16	14,17	14,02	14,96	0,16
6 ¹	15,61	15,31	15,89	0,16	14,33	14,17	15,08	0,16
7 ¹	14,10	13,89	14,32	0,16	13,45	13,26	13,40	0,16
7 ¹	14,99	15,19	15,16	0,17	13,99	13,61	14,07	0,16
8	13,50	13,48	12,73	0,14	12,93	12,98	13,04	0,14

¹ Punkten mätt i båda riktningarna, varje riktning presenteras för sig.

4 Jämförelse mellan olika modeller för att beräkna olycksrisk

I detta avsnitt jämförs några olika modeller som studerar samband mellan hastighet och olycksrisk. Modellerna har identifierats via litteraturgenomgången och jämförs med potensmodellen. De modeller som vi har identifierat och som är möjliga att använda utifrån våra tillgängliga data är dels tre modeller som studerar individuell olycksrisk: Kloeden m.fl. (2002), Quimby m.fl. (1999) och Maycock m.fl. (1998), dels två aggregerade modeller av Finch m.fl. (1994).

Potensmodellen som beskrivs i avsnitt 2.2.1 används som referensmodell. De potenser som används vid jämförelserna är dels potensen 1,5 då alla typer av olyckor studeras (inkl. egendomsolyckor), dels potensen 3 för olyckor med svåra personskador eller döda (DSS-olyckor), Nilsson (2004). Potensen 1,5 är hämtad från Elvik (2009) som anger potensen 1,6 för alla personskadeolyckor på landsbygdsvägar och potensen 1,5 för alla egendomsskadeolyckor på landsbygdsvägar. Eftersom egendomsskadeolyckor är mycket vanligare än personskadeolyckor så valdes potensen 1,5.

Vi har också jämfört potensmodellen använd i dess ursprungliga form, dvs. applicerad på förändrad medelhastighet, med potensmodellen när den används för varje individuellt fordon. Syftet med detta har varit att se hur den totala risken av en ändrad åtgärd påverkas om man antar att potensmodellen gäller per individ. Förändring av total risk då potensmodellen används per individ har beräknats enligt följande:

$$\Delta risk = \frac{\frac{1}{n_e} \sum_{i=1}^{n_e} \left(\frac{v_{ei}}{\bar{v}_f} \right)^p}{\frac{1}{n_f} \sum_{i=1}^{n_f} \left(\frac{v_{fi}}{\bar{v}_f} \right)^p}$$

där n_e och n_f är antal fordon i efter- respektive föresituationen, v_{ei} är hastigheten hos fordon i i eftersituationen, v_{fi} är motsvarande hastighet i föresituationen, \bar{v}_f det aritmetiska medelvärdet i föremätningen och p aktuell potens.

Nedan beskrivs övriga modeller. Samtliga risker och/eller riskförändringar relateras till medelhastigheten för hela populationen före respektive åtgärd på likande sätt som i Kloeden (2001).

Individuella riskmodeller

Tre individuella riskmodeller har använts.

- Kloeden m.fl. (2001)
 $I_r = \exp(0.07039\Delta v + 0.000861\Delta v^2)$, där Δv är skillnaden mellan aktuell förarens hastighet och medelhastigheten på vägsträckan och I_r risk för svår personskadeolycka. Modellen är utvecklad för landsbygdsvägar med hastighetsbegränsning 80–120 km/tim och är giltig för hastighetsskillnader mellan -10 till +30 km/tim i förhållande till medelhastigheten. Notera att skattningarna är avsedda att gälla fria fordon.

- Quimby m.fl. (1999)

$$A_i = 0,215 \left(\frac{v_i}{\bar{v}} \right)^{7.8}, \text{ där } v_i \text{ är hastigheten hos aktuell förare, } \bar{v} \text{ är}$$

medelhastigheten på sträckan och A_i är förväntat antal självrapporterade olyckor (under 3 år). Modellen är utvecklad för landsbygdsvägar i Storbritannien (exkl. motorvägar och större landsvägar, highways). Totalt har 24 vägar studerats och medelhastighet över dessa vägar är 67 km/tim.

- Maycock m.fl., (1998)

$$A_i = 0,265 \left(\frac{v_i}{\bar{v}} \right)^{13.1}, \text{ där } v_i \text{ är hastigheten hos aktuell förare, } \bar{v} \text{ är}$$

medelhastigheten på sträckan och A_i är förväntat antal självrapporterade olyckor (under 3 år). Modellen är utvecklad för landsbygdsvägar (43 st.) i Storbritannien, medelhastighet över alla vägar som studerats är 83 km/tim.

Aggregerade riskmodeller

- Finch m.fl. (1994)

Modell 1:

$\Delta A = 4,92\Delta\bar{S}$, där ΔA är relativ förändring av totala antalet olyckor (i %) och $\Delta\bar{S}$ är den absoluta förändringen i medelhastighet, mätt i miles/tim (mph). Omräknat till km/tim blir modellen: $\Delta A = 3,06\Delta\bar{S}$. Modellen uppskattar alltså att för varje ökning av medelhastigheten med 1 km/tim så ökar olycksrisken med ca 3 procent.

Modell 2:

$$\Delta A = \frac{53,40}{1 + e^{-0,58\Delta\bar{S}}} - 25,09$$

där ΔA är relativ förändring av totala antalet olyckor och $\Delta\bar{S}$ är den absoluta förändringen i medelhastighet, mätt i miles/tim (mph). Modellen, som är en asymptotisk modell (anpassad utifrån en generaliserad logistisk modell), uppskattar att den maximala ökningen i olycksrisk på grund av ökade hastigheter är ca 28 procent, medan den maximala minskningen i olycksrisk till följd av minskade hastigheter är ca 25 procent. Finch m.fl. motiverar modellen utifrån att det inte är alla olyckor som är hastighetsrelaterade och att det framförallt borde finnas en under gräns för vilka effekter man kan uppnå. Notera att modellen ger en kurva som inte går genom origo utan uppskattar en riskökning på 1,61 procent då $\Delta\bar{S} = 0$.

För att jämförelserna både inom och mellan modeller ska vara giltiga görs följande antaganden:

- Förarpopulationen före och efter åtgärden är densamma. Detta innebär att faktorer som ålder och kön inte påverkar de jämförelser som görs.

- Situationen på vägen t.ex. väglag och trafikflöde är densamma före och efter åtgärden.
- Inga övriga åtgärder har genomförts under perioden.

Man bör notera att de modeller som används, i synnerhet de som beskriver individuell risk, är framtagna på olika sätt och därför är svåra att jämföra. Det kan också vara så att enskilda hastigheter ligger utanför det hastighetsintervall som modellerna i sin ursprungsform har anpassats för. De olika modellerna tjänar i stället som illustration av hur olycksrisken förändras beroende på hur det individuella sambandet ser ut.

4.1 Analys av verkliga data

I detta avsnitt jämför vi de olika riskmodellerna. Förändringen av risk studeras för 4 olika åtgärder:

- förändring av hastighetsgräns från 110–100 km/tim
- förändring av hastighetsgräns från 90 till 80 km/tim på vägar med ATK
- införande av ny ATK (förändring vid kameror) på vägar med 90 km/tim
- med och utan ISA med aktiv gaspedal på vägar med 90 km/tim.

I Tabell 6 redovisas förändring av olycksrisk för modellerna från: Quimby m.fl. (1999), Maycock m.fl., (1998) och två modeller från Finch m.fl. (1994). Dessa modellers relativa riskförändring jämförs med potensmodellen där potens 1,5 används då totala antalet olyckor studeras.

Tabell 6 Förändring av total olycksrisk beräknat utifrån 5 olika modeller.

Modell	Åtgärd			
	Ny hastighetsgräns 110–100	Ny hastighetsgräns 90–80, vid ATK	Ny ATK- sträcka	ISA med aktiv gaspedal
Potensmodellen (1,5)	-5 %	-11 %	-11 %	-13 %
Quimby	-22 %	-45 %	-58 %	-59 %
Maycock	-27 %	-52 %	-82 %	-77 %
Finch, modell 1	-10 %	-18 %	-21 %	-25 %
Finch, modell 2	-12 %	-20 %	-21 %	-22 %

Resultaten visar att de aggregerade modellerna av Finch ger nästan dubbelt så stor effekt på olycksrisken som potensmodellen. Quimby och Maycocks modeller som är individuella riskmodeller ger ännu större effekter, framförallt för ny ATK och ISA.

I Tabell 7 redovisas förändring av risk för svår skada eller dödsfall (DSS), beräknat utifrån modellen av Kloeden och potensmodellen. Även här uppskattar modellen som baseras på individuell risk (Kloeden) betydligt större riskreduktion än potensmodellen.

Tabell 7: Förändring av risk för svår skada eller dödsfall (DSS), beräknat utifrån 2 olika modeller.

Modell	Åtgärd			
	Ny hastighetsgräns 110–100	Ny hastighetsgräns 90–80, vid ATK	Ny ATK- sträcka	ISA med aktiv gaspedal
Potensmodellen (3)	-9 %	-21 %	-21 %	-25 %
Kloeden	-27 %	-36 %	-73 %	-71 %

4.2 Scenarioberäkningar

I Tabell 6 redovisas hur 5 olika modeller uppskattar att den relativa risken för trafikolycka förändras vid åtgärderna sänkt hastighetsgräns från 110 km/tim till 100 km/tim, sänkt hastighetsgräns från 90 till 80 km/tim på väg med ATK, ny ATK-sträcka samt ISA med aktiv gaspedal. I Tabell 8 redovisas förändring av risk beräknat med samma modeller men för några hypotetiska scenarier.

Data som används kommer från ATK-studien där man infört ny ATK. Vi har använt data från före-situationen innan ATK och därefter anpassat fördelningen efter de hypotetiska scenarier som beskrivs nedan.

Beskrivning av scenarierna:

1. Alla kör lagligt: alla som kör över gällande hastighetsgräns ändrar sin hastighet till gällande hastighetsgräns, i det här fallet 90 km/tim.
2. Alla ändrar sin hastighet lika mycket, i det här fallet lika mycket som medelhastighetsminskningen i scenario 1.
3. Alla kör under polisens rapporteringsgräns: alla som kör 6 km/tim eller mer för fort anpassar sin hastighet så att man kör under gällande hastighetsgräns +6 km/tim.

I Tabell 8 redovisas uppskattad förändring av olycksrisk för de tre hypotetiska scenarier som beskrivs ovan. Riskerna har beräknats utifrån fem olika modeller som uppskattar förändring av olycksrisk (totala antalet olyckor). De modeller som baseras på individuella risker (Quimby och Maycock) ger en högre reduktion i samtliga tre scenarier. Störst blir skillnaden i de två fall (scenario 1 och 3) då det endast är fortkörarna som förändrar sin hastighet.

Tabell 8 Förändring av risk (%) vid några hypotetiska scenarier beräknat utifrån 5 olika modeller.

Modell	Scenario		
	Alla kör lagligt	Alla minskar sin hastighet med 4,06 km/tim	Alla kör under polisens rapporteringsgräns
Potensmodellen (1,5)	-7 %	-7 %	-4 %
Quimby	-52 %	-27 %	-41 %
Maycock	-85 %	-37 %	-78 %
Finch, modell 1	-12 %	-12 %	-7 %
Finch, modell 2	-15 %	-15 %	-9 %

I Tabell 9 redovisas förändring av risk för olycka med svår personskada eller döda (DSS-olycka). Kloeden ger mycket stora reduktioner för alla scenarier. Om vi jämför scenario 1 och 2 så ger potensmodellen samma reduktion eftersom medelhastighetsminskningen är lika stor, men Kloeden ger en dubbelt så stor reduktion då det är fortkörarna som minskar sin hastighet (76 procent jämfört med 38 procent).

Tabell 9 Förändring av risk vid några hypotetiska scenarier beräknat utifrån 2 olika modeller.

Modell	Scenario		
	Alla kör lagligt	Alla minskar sin hastighet med 4,06 km/tim	Alla kör under polisens rapporteringsgräns
Potensmodellen (3)	-13 %	-13 %	-8 %
Kloeden	-76 %	-38 %	-72 %

4.3 Jämförelse mellan aggregerad och individuell tillämpning av potensmodellen

För att komplettera resultaten med de olika modellerna i avsnitt 4.1 och 4.2 och för att vid riskberäkningar ta hänsyn till att hastighetsfördelningen ändrar utseende har vi även analyserat vad som händer om man använder potensmodellen på individnivå. Här har potenserna för lindrigt skadade (1,5), svårt skadade (3) respektive dödade (4,5) individer använts (Elvik, 2004).

I Tabell 10 visas resultat för de fyra olika åtgärder som beskrivs i kapitel 3. När potensmodellen appliceras på individnivå fås i regel större effekter på riskförändring än om den appliceras på medelhastigheten. Vi kan konstatera att för lindrigt skadade är det generellt små skillnader mellan att använda potensmodellen på aggregerad nivå och på individnivå oavsett åtgärd. Störst skillnad fås för högre svårhetsgrad och åtgärder såsom ATK och ISA där hastighetsfördelningen ändrar utseende mest. Effekten på dödade personer blir drygt 4 procentenheter högre om man räknar på hastighetsförändringen per individ än om man räknar på medelhastighetsförändringen på aggregerad nivå för såväl ATK som ISA. För åtgärder där hastighetsfördelningen endast förflyttas i sidled men

inte ändrar form i övrigt (t.ex. ny hastighetsgräns) är det i princip ingen skillnad mellan att använda potensmodellen på aggregerad respektive individnivå.

Tabell 10 Förändring av risk för olika skadegrad. Resultaten baseras på potensmodellen dels i ursprunglig, aggregerad, form, dels per individ.

Skadegrad	Tillämpning av potensmodellen	Åtgärd			
		Ny hastighetsgräns 110-100	Ny hastighetsgräns 90-80, vid ATK	Ny ATK-sträcka	ISA med aktiv gaspedal
Lindrig skada (potens 1,5)	Aggregerad	-4,6 %	-10,9 %	-11,4 %	-13,2 %
Lindrig skada (potens 1,5)	Per individ	-4,6 %	-11,0 %	-11,6 %	-13,5 %
Svår skada (potens 3)	Aggregerad	-8,9 %	-20,7 %	-21,4 %	-24,7 %
Svår skada (potens 3)	Per individ	-9,3 %	-21,0 %	-23,3 %	-26,4 %
Dödad (potens 4,5)	Aggregerad	-13,1 %	-29,4 %	-30,4 %	-34,6 %
Dödad (potens 4,5)	Per individ	-13,7 %	-29,8 %	-34,7 %	-38,3 %

I Tabell 11 jämförs de tre olika scenarier som beskrivs i avsnitt 4.2. När alla minskar sin hastighet lika mycket blir det i stort sett ingen skillnad på de två beräkningssätten, vilket var väntat. I de övriga scenarierna ändras hastighetsfördelningen ganska drastiskt och här blir det också en del skillnader. Man får en större beräknad riskförändring om man räknar per individ än om man räknar på medelhastigheter sett över alla individer. För t.ex. scenariot att alla kör lagligt så skiljer sig den beräknade riskminskningen med 3 procentenheter (-13 jämfört med -16 procent) för svårt skadade och med hela 7,5 procentenheter (-18,8 jämfört med -26,3 procent) för dödade.

Tabell 11 Förändring av risk för olika skadegrad. Resultat baseras på potensmodellen, dels i ursprunglig, aggregerad, form, dels per individ.

Skadegrad	Tillämpning av potensmodellen	Scenario		
		Alla kör lagligt	Alla minskar sin hastighet med 4,06 km/tim	Alla kör under polisens rapporteringsgräns
Lindrig skada (potens 1,5)	Aggregerad	-6,7 %	-6,7 %	-4,0 %
Lindrig skada (potens 1,5)	Per individ	-7,1 %	-6,7 %	-4,3 %
Svår skada (potens 3)	Aggregerad	-13,0 %	-13,0 %	-7,8 %
Svår skada (potens 3)	Per individ	-16,0 %	-12,6 %	-10,4 %
Dödad (potens 4,5)	Aggregerad	-18,8 %	-18,8 %	-11,5 %
Dödad (potens 4,5)	Per individ	-26,3 %	-17,8 %	-18,2 %

5 Effekter på koldioxid- och svaveldioxidutsläpp

De åtgärder som beskrivs i kapitel 3 och 4 har som främsta syfte att minska hastigheterna och det huvudsakliga syftet i den här rapporten har varit att belysa de trafik-säkerhetseffekter som detta leder till. En hastighetsförändring påverkar dock även fordonens bränsleförbrukning och därmed dess miljöpåverkan. För att ge exempel på hur hastighetsförändringarna kan påverka koldioxid- och svaveldioxidutsläpp har detta studerats för några av åtgärderna.

Jämförelsen som baseras på ett fåtal punktmätningar är endast tänkt som en illustration och är inte generaliserbar. Såväl koldioxid- som svaveldioxidutsläpp förändras proportionellt mot bränsleförbrukningen, se Vägverket (2009). Den optimala hastigheten ur miljösynpunkt är omkring 70 km/tim, vilket beror på att det då går att köra på den högsta växeln med relativt lågt varvtal samtidigt som luftmotståndet fortfarande inte är så högt och då inte kräver så hög effekt av motorn. Över 70 km/tim ökar utsläppen per kilometer.

I analyserna av verkliga data för ATK (hastigheter mätta vid kamera, i riktning mot kamera) och förändrad hastighetsgräns från 110 km/tim till 100 km/tim studeras bränsleförbrukningen för fordonsslagen personbil utan släp, lastbil utan släp och lastbil med släp. På liknande sätt som då riskförändringar baserade på potensmodellen studerades per individ i avsnitt 4.3 har dessa beräkningar baserats på hastigheter hos enskilda fordon. Detta görs för att illustrera hur en förändrad hastighetsgräns till följd av en åtgärd påverkar bränsleförbrukningen. Modellerna som används kommer från Carlsson m. fl. (2008). Genomgående används samband för siktclass 2 på landsväg. Eftersom syftet har varit att studera förändring av utsläppen, har vi som en förenkling räknat som om alla personbilar är bensindrivna. Resultaten speglar förändringen av medelförbrukningen på en tänkt sträcka på landsväg under antagandet att förändringen är lika stor på hela sträckan som vid de uppmätta punkterna.

För att få fram koldioxid- och svaveldioxidutsläpp för olika fordonsgupper multipliceras bränsleförbrukningen med de konstanter som redovisas i Tabell 12. Värdena är från Effektsamband för vägtransportssystemet, Vägverket (2009).

Utsläppen avser enbart utsläpp av fossilt koldioxid vid avgasröret. Utsläpp som resultat av produktion och distribution av bränslen ingår inte.

Tabell 12 Utsläpp för olika fordonsgupper, 2010 års förhållanden.

Fordonstyp	CO ₂ (g/ml)	SO ₂ (g/ml)
Personbil bensin	2,17	1,28 E-05
Lastbilar utan släp	2,39	8,89 E-06
Lastbilar med släp	2,46	9,50 E-06

I Tabell 13 redovisas förändring av koldioxid- och svaveldioxidutsläpp vid införande av ATK på väg med hastighetsbegränsning 90 km/tim och sänkning av hastighetsgräns 110–100 km/tim. Resultaten illustrerar tänkbar storleksordning på minskningen av koldioxid- och svaveldioxidutsläpp och redovisas dels för personbilar, dels totalt.

Tabell 13 Exempel på förändring av koldioxid- och svaveldioxidutsläpp vid införande av ATK på väg med hastighetsbegränsning 90 km/tim samt ny hastighetsgräns 100 km/tim på väg med tidigare 110 km/tim. Uppdelning på personbil och totalt.

Utsläpp	ATK 90 km/tim*	110–100 km/tim**
CO ₂ personbil	-5,5 %	-3,0 %
CO ₂ totalt	-5,1 %	-3,8 %
SO ₂ personbil	-5,5 %	-3,0 %
SO ₂ totalt	-5,2 %	-3,5 %

*Ca 80 % personbilar, total minskning av medelhastighet (alla fordon) 6,92 km/tim, pb minskning 7,68 km/tim

**Ca 83 % personbilar, total minskning av medelhastighet (alla fordon) 3,13 km/tim, pb minskning 3,72 km/tim

I Tabell 14 redovisas förändring av koldioxid- och svaveldioxidutsläpp vid två hypotetiska scenarier: ISA med aktiv gaspedal för personbil (väg med 90 km/tim) samt scenariot att alla minskar sin hastighet lika mycket som medelhastighetsminskningen vid ATK kamera. Här har vi som en förenkling valt att endast studera och redovisa förändringen för personbil. Båda scenarierna utspelar sig på väg med hastighetsbegränsning 90 km/tim så hastighetsförändringen för tunga fordon utan och med släp är betydligt mindre än för personbil. Jämför vi förändringarna vid scenariot ”att alla minskar sin hastighet med 7,68 km/tim” (Tabell 14) med resultaten för ATK (Tabell 13) ser vi att minskningarna är något större för ATK. Detta beror på att vid ATK är det de högsta hastigheterna som förändras mest vilket ger större minskning av bränsleutsläppen och därmed koldioxid- och svaveldioxidutsläppen. Notera att jämförelsen baseras på ett fåtal punktmätningar av hastigheten och endast är tänkt som illustration och inte generaliserbar.

Tabell 14 Exempel på förändring av koldioxid- och svaveldioxidutsläpp vid några hypotetiska scenarier: ISA med aktiv gaspedal för personbil (väg med 90 km/tim) samt scenariet att alla minskar sin hastighet lika mycket som medelhastighetsminskning vid ATK kamera. Endast förändring för personbil redovisas.

Utsläpp	ISA 90 km/tim	Alla minskar 7,68 km/tim
CO ₂ personbil	-6,2 %	-5,0 %
SO ₂ personbil	-6,2 %	-5,0 %

6 Diskussion och slutsatser

Syftet med studien är att få en bättre förståelse för hastighetsspridningens betydelse för trafiksäkerheten och därmed bättre underlag i arbetet med att planera och utvärdera olika åtgärder.

De första studierna som analyserade individuella risker kopplade till hastighetsval visade på ett U-format samband mellan hastighet och olycksrisk men senare studier tyder på att sambandet snarare är en monotont växande kurva där lutningen blir brantare för högre hastigheter, vilket betyder att det finns en förhöjd risk att bli inblandad i en olycka ju högre hastighet du har. Olika studier har dock kommit fram till ganska olika storlek på den förhöjda risken och det finns fortfarande stor osäkerhet i hur den individuella riskkurvan faktiskt ser ut. Ett av de problem som uppstår vid den typ av modeller som studerats i föreliggande studie är att hastigheten vid olyckstillfället är svår att uppskatta medan hastighetsmätningar på kontrollsträckor kan mätas med relativt stor precision. Ett annat problem som uppstår i samband med fall-kontroll-studier är sammanblandade variabler. För att minska effekterna av sammanblandning så bör kontroll- och försöksgrupp matchas så att elementen som studeras har liknande egenskaper. I studierna av Kloeden m.fl. (2001, 2002) så saknas till exempel matchning av ålder, kön, bilarnas massa och antalet passagerare vilket kan ha påverkat slutsatserna.

I de studier där man specifikt diskuterat vilken påverkan hastighetsspridningen har på trafiksäkerheten påpekas ofta att hastighetsspridningen sannolikt bara påverkar vissa typer av olyckor såsom omkörningsolyckor och påkörningsolyckor och att dessa olyckor är relativt ovanliga. Det stora trafiksäkerhetsproblemet är singel- och mötesolyckor vars konsekvenser främst beror på hastighetsnivån. Man menar att hastighetsspridningen troligen bara är relevant för vissa olyckstyper medan hastighetsnivån påverkar varje olycka. En annan svårighet då det gäller att särskilja effekten av medelhastighet och hastighetsspridning är att dessa variabler är starkt korrelerade (Andersson och Nilsson, 1997; Shinar, 1998; Finch 1994). Detta gör att det är svårt att isolera effekten av hastighetsnivå och spridning. Det har framförts relativt mycket kritik mot de studier som analyserat hastighetsspridningens betydelse för trafiksäkerheten. Det bör dock påpekas att kritiken främst handlar om den metodik som använts. Man påstår inte att slutsatserna i sig är felaktiga, bara att det inte går att dra dessa slutsatser från de analyser som är gjorda.

En invändning mot de spridningsmått som används är att de ofta är generella såsom varians eller andel över hastighetsgräns. T.ex. Shinar (1998) konstaterar att de flesta studier beräknar variansen över hela dygnet, vilket gör att en stor varians kan spegla hastighetsvariationer som beror på skillnader i hastighetsnivå mellan hög och lågtrafikperioder. För att undvika detta föreslår Lu och Chen (2009) ett alternativt mått (ASD) som baseras på hastighetsskillnaden mellan två på varandra följande fordon. Munden (1967) är inne på samma linje och normerar hastigheterna genom att beräkna kvoten mellan varje enskild hastighet och medelhastigheten hos fyra fordon före och fyra fordon efter aktuellt fordon. Vi har studerat standardavvikelsen beräknat över hela tidsperioden för 8 punkter som fick förändrad hastighetsgräns från 110 till 100 km/tim och jämfört detta mått med standardavvikelsen beräknad på timnivå. För de vägsträckor vi studerat verkar variationen i medelhastighet mellan olika timmar under mätperioden endast ha marginell betydelse. Jämför man med ASD (Average Speed Difference, Lu och Chen, 2009) så är det heller inga stora avvikelser mellan ASD och den generella standardavvikelsen. Mundens mått visar på något större avvikelser från den generella standardavvikelsen och små skillnader mellan åren. Att det är små skillnader mellan

åren kan tolkas som att körmönstret för sekvenser av fordon inte förändrats nämnvärt på grund av sänkningen av hastighetsgräns.

Vad gäller olika läges- och spridningsmått så är det tydligt att åtgärder som ATK och ISA med aktiv gaspedal kan minska medelhastigheten mer än en sänkning av hastighetsgränsen med 10 km/tim, i alla fall vid kamerorna för ATK. För ATK och ISA minskar standardavvikelsen och andel fortkörare procentuellt sett betydligt mer än medelhastigheten, även 85-percentilen minskar något mer än medelhastigheten. Detta kan även påverka åtgärdernas miljöpåverkan. Studerar vi skillnader i koldioxid- och svaveldioxidutsläpp mellan scenariot ”att alla minskar sin hastighet med 7,68 km/tim (vilket motsvarar medelhastighetsändringen vid ATK-kamerorna)” med resultaten för ATK ser vi att minskningarna är något större för ATK. Detta beror på att vid ATK är det de högsta hastigheterna som förändras mest vilket ger större minskning av bränsleutsläppen och därmed koldioxid- och svaveldioxidutsläppen.

När vi har jämfört olika modeller som studerar olycksrisk kopplad till hastighet så visar det sig att de modeller som är framtagna för att skatta individuella förarens risk ger betydligt större effekter på riskminskning än vad aggregerade modeller som t.ex. potensmodellen gör. De individuella modellerna uppskattar framför allt en betydligt större effekt vid åtgärder som ATK och ISA som påverkar fortkörarnas hastighet mest, jämfört med en generell sänkning av hastighetsgränsen. Jämför man resultaten med olycksstudier i samband med t.ex. ATK (Larsson och Brüde, 2010; Vägverket, 2009 och Elvik m. fl., 2009) kan man konstatera att dessa individuella modeller ger orimligt stora effekter då de används på hela populationen. De aggregerade modellerna och främst då potensmodellen ger ett betydligt mer rimligt resultat.

Ett alternativt angreppssätt som används i denna studie för att vid riskberäkningar ta hänsyn till att hastighetsfördelningen ändrar utseende vid vissa typer av åtgärder är att använda potensmodellen på individnivå. När potensmodellen appliceras på individnivå visar resultaten att för lindrigt skadade är det generellt små skillnader mellan att använda potensmodellen på aggregerad nivå och på individnivå oavsett åtgärd. Störst skillnad fås för högre svårhetsgrad och åtgärder såsom ATK och ISA där hastighetsfördelningen ändrar utseende mest. Effekterna blir dock betydligt mindre och rimligare än vad som fås för de övriga individuella modellerna. För åtgärder där hastighetsfördelningen endast förflyttas i sidled men inte ändrar form i övrigt (t.ex. ny hastighetsgräns) är det i princip ingen skillnad mellan att använda potensmodellen på aggregerad respektive individnivå. Förutsättningen att potensmodellen är giltig även på individnivå kan dock diskuteras. Modellen är utvecklad och validerad för medelhastigheter upp till ca 110–120 km/tim och det är inte säkert att sambandet går att extrapolera till högre hastigheter. Vid riktigt höga hastigheter kanske det t.ex. krävs en relativt stor förändring av hastigheten för att påverka risken att dödas vid en olycka.

Referenser

- Aarts, L.; Schagen, I. van (2006). Driving speed and the risk of road crashes: a review. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 215–224.
- Baruya, A. (1998a). *Speed-accident relationships on European Roads*. In Proceedings of the conference 'Road safety in Europe'. Bergisch Gladbach, Germany, September 21–23, 1998. VTI konferens 10 A, Part 10, 1–17.
- Baruya, A. (1998a). *MASTER: Speed-accident relationships on European Roads*. Working Paper R 1.1.3. Deliverable D7. VTT Communities & Infrastructure, Finland.
- Cameron, M.; Elvik, R. (2008). *Nilsson's Power Model connecting speed and road trauma: Does it apply to urban roads?* Paper presented at 2008 Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference, November 2008, Adelaide, Australia.
- Carlsson, A. (2002) ISA Utvärdering – effekter. Slutrapport för delprojekt trafikeffekter – analys av trafikmätningar. Vägverket Publikation 2002:98.
- Carlsson, A., Hammarström, U., Karlsson, B. (2008). *Fordonskostnader för vägplanering*. PM
- Cirillo, J. A. (1968). *Interstate system accident research study II, interim report II*. Public roads 35 (3), 71–76.
- Cooper, P. J. (1997). The relationship between speeding behaviour (as measured by violation convictions) and crash involvement. *Journal of Safety Research*, 28, 83–95.
- Davis, G. A. (2002). Is the claim that 'variance kills' an ecological fallacy? *Accident Analysis and Prevention*, 34, 343–346.
- Davis, G. A., Davuluri, S., Pei, J. (2006). *Speed as a risk factor in serious run-off-road crashes: Bayesian Case-Control Analysis with Case Speed Uncertainty*. Bureau of Transportation Statistics.
- Elvik, R. (2009). *The Power model of the relationship between speed and road safety. Update and new analyses*. Report 1034. Institute of Transport Economics, Oslo.
- Elvik, R.; Christensen, P.; Amundsen, A. H. (2004). *Speed and road accidents. An evaluation of the Power Model*. Report 740. Institute of Transport Economics, Oslo.
- Elvik, R., Høye, A., Vaa, T., Sørensen, M. (2009). *The handbook of road safety measures*. Emerald.
- Fildes, B.N., Rumbold, G., Leening, A. (1991). *Speed behaviour and drivers' attitude to speeding*. Report No. 16. VIC Roads, Hawthorn, Victoria.
- Finch, D.J., Kompfner, P., Looockwood, C.R., Maycock, G. (1994). *Speed, speed limits and accidents*. Project Report 58. Transport Research Laboratory, TRL.
- Garber, N.J., Gadiraju, R. (1989). *Factors affecting speed variance and its influence on accidents*. Vol. 1213. Transportation Research Board.
- Hauer, E. (1971). Accidents, overtaking and speed control. *Accident Analysis and Prevention*, 3, 1-13.
- Hauer, E. (2004). *Speed and crash risk: an opinion*. Report 04/02. Public Policy Department, Royal Automobile Club of Victoria, Melbourne.

- Hauer, E. (2005). *Cause and effect in observational cross-section studies on road safety*. Draft report. Highway Safety Information System. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Turner-Fairbank Highway Research Center, McLean.
- Kloeden, C. N.; McLean, A. J.; Moore, V. M.; Ponte, G. (1997). *Travelling speed and the risk of crash involvement. Volume 1 – findings*. NHMRC Road Accident Research Unit, University of Adelaide, Adelaide.
- Kloeden, C. N.; Ponte, G.; McLean, A. J. (2001). *Travelling speed and the risk of crash involvement on rural roads*. Report CR 204. Road Accident Research Unit, Adelaide University, Adelaide.
- Kloeden, C. N.; McLean, A. J.; Gloonek, J. (2002). *Reanalysis of Travelling speed and the risk of crash involvement in Adelaide South Australia*. Australian Transport Safety Bureau. Road Accident Research Unit, Adelaide University, Adelaide.
- Larsson, J., Brüde, U. (2010). *Trafiksäkerhetseffekter av hastighetskameror etablerade 2006. Analys av personskador 2007 – 2008*. VTI Rapport 696.
- Lave, C. A. (1985). *Speeding, coordination, and the 55 MPH limit*. American Economic Review, 75, 1159–1164.
- Levy, D.T. Asch, P. (1989). *Speeding, coordination, and the 55 MPH limit: Comment*. American Economic Review, 79, 4.
- Lu, F. Chen, X. (2009) Analysing the speed dispersion influence on traffic safety. 2009 Internal Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation.
- Maycock, G., Brocklebank, P.J., Hall, R.D. (1998). *Road layout design standards and driver behaviour*. TRL Report No. 332. Transport Research Laboratory TRL, Crowthorne, Berkshire.
- Mori, M., Takata, H. Kisi, T. (1968). *Fundamental considerations on the speed distributions of road traffic flow*. Transportation Research Vol 2, 31–39.
- Munden, J. M. (1967). *The relation between a driver's speed and his accident rate*. RRL Report LR 88. Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire.
- Navon, D. (2003). The paradox of driving speed: two adverse effects on highway accident rate. AAP35, 361–367
- Nilsson, G. (2004). *Traffic safety dimensions and the Power Model to describe the effect of speed on safety*. Bulletin 221. Lund Institute of Technology, Department of Technology and Society, Traffic Engineering, Lund.
- Nilsson, G., Andersson, G. (1997). Speed limits, speeds and safety.
- Quimby, A., Maycock, G., Palmer, C., Buttress, S. (1999). *The factors that influence a driver's choice of speed – a questionnaire study*. TRL Report No. 325. Transport Research Laboratory TRL, Crowthorne, Berkshire.
- Research Triangle Institute (1970). *Speed and accidents. Vols I & II*. Research Triangle Institute.
- Shinar, D. (1998). *Speed and crashes: a controversial topic and an elusive relationship*. Appendix B in: Managing speed: Review of current practice for setting and enforcing speed limits. Special Report 254, Transportation Research Board, TRB.

- Taylor, M. C., Lynam, D., Baruya, A. (2000). *The effects of drivers' speed on the frequency of road accidents*. TRL Report No. 421. Transport Research Laboratory TRL, Crowthorne, Berkshire.
- Taylor, M. C., Baruya, A., Kennedy, J.V. (2002). *The relationship between speed and accidents on rural single-carriageways*. TRL Report No. 511. Transport Research Laboratory TRL, Crowthorne, Berkshire.
- U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration (2005). *Tire pressure monitoring system. FMVSS No. 138. Final regulatory impact analysis*. U.S. Department of Transportation, Washington D. C.
- Zheng, Z, Ahn, S., Monsere, C.M. (2010). Impact of traffic oscillations on freeway crash occurrences. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 626–636.
- Vadeby, A., Forsman, Å. (2010) Utvärdering av nya hastighetsgränssystemet. Effekter på hastigheter, Etapp 1. VTI notat 14-2010.
- Várhelyi, A., Ashouri, H., Hydén, C. (2002a) Effekter av aktiv gaspedal på hastigheter och tidluckor i tätort. Resultat från mätningar i fält. Delrapport 9 LundaISA. Lunds Tekniska Högskola.
- Várhelyi, A., Hydén, C., Hjälm Dahl, M., Almqvist, S. Risser, R., Draskóczy, M. (2002b) LundaISA. Effekter av aktiv gaspedal i tätort. Sammanfattande rapport. Bulletin 210. Lunds Tekniska Högskola.
- Wasielewski, P. (1984). Speed as a measure of driver risk: observed speeds versus driver and vehicle characteristics. *Accident Analysis and Prevention*, 16, 89–103.
- West, L. B.; Dunn, J. W. (1971). Accidents, speed deviation and speed limits. *Traffic Engineering*, 41, (10), 52–55.
- White, S. B.; Nelson, A. C. (1970). Some effects of measurement errors in estimating involvement rate as a function of deviation from mean traffic speed. *Journal of Safety Research*, 2, 67–72.
- Vägverket (2009). *Effekter på hastighet och trafiksäkerhet med automatisk trafiksäkerhetskontroll*. Publikation 2009:9.
- Vägverket (2009). *Nybyggnad och förbättring – effektkatalog, kap 7 miljö*. Publikation 2009:151.

VTI är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut som arbetar med forskning och utveckling inom transportsektorn. Vi arbetar med samtliga trafikslag och kärnkompetensen finns inom områdena säkerhet, ekonomi, miljö, trafik- och transportanalys, beteende och samspel mellan människa-fordon-transportssystem samt inom vägkonstruktion, drift och underhåll. VTI är världsledande inom ett flertal områden, till exempel simulatorteknik. VTI har tjänster som sträcker sig från förstudier, oberoende kvalificerade utredningar och expertutlåtanden till projektledning samt forskning och utveckling. Vår tekniska utrustning består bland annat av körsimulatorer för väg- och järnvägstrafik, väglaboratorium, däckprovsningsanläggning, krockbanor och mycket mer. Vi kan även erbjuda ett brett utbud av kurser och seminarier inom transportområdet.

VTI is an independent, internationally outstanding research institute which is engaged on research and development in the transport sector. Our work covers all modes, and our core competence is in the fields of safety, economy, environment, traffic and transport analysis, behaviour and the man-vehicle-transport system interaction, and in road design, operation and maintenance. VTI is a world leader in several areas, for instance in simulator technology. VTI provides services ranging from preliminary studies, highlevel independent investigations and expert statements to project management, research and development. Our technical equipment includes driving simulators for road and rail traffic, a road laboratory, a tyre testing facility, crash tracks and a lot more. We can also offer a broad selection of courses and seminars in the field of transport.



HUVUDKONTOR/HEAD OFFICE

LINKÖPING

POST/MAIL SE-581 95 LINKÖPING

TEL +46 (0)13 20 40 00

www.vti.se

BORLÄNGE

POST/MAIL BOX 920

SE-781 29 BORLÄNGE

TEL +46 (0)243 446 860

STOCKHOLM

POST/MAIL BOX 55685

SE-102 15 STOCKHOLM

TEL +46 (0)8 555 770 20

GÖTEBORG

POST/MAIL BOX 8072

SE-402 78 GÖTEBORG

TEL +46 (0)31 750 26 00