





Däckens betydelse för antisladdsystems funktion på isigt underlag

Mattias Hjort
Håkan Andersson

<p>Utgivare:</p>  <p>581 95 Linköping</p>	<p>Publikation: VTI rapport 662</p>		
<p>Författare: Mattias Hjort och Håkan Andersson</p>	<p>Utgivningsår: 2009</p>	<p>Projektnummer: 30468</p>	<p>Dnr: 2008/0295-27</p>
<p>Projektnamn: Antisladdsystem och vinterdäck</p>			
<p>Uppdragsgivare: VTI, med ekonomiskt stöd från Skyltfonden och eVALUE</p>			
<p>Titel: Däckens betydelse för antisladdsystemens funktion på isigt underlag</p>			
<p>Referat (bakgrund, syfte, metod, resultat) max 200 ord:</p> <p>I denna studie har vi undersökt hur däck med olika väggrepp påverkar stabiliteten hos personbilar med antisladdsystem vid vinterväglag. Introduktionen av antisladdsystem i personbilar har varit väldigt positiv för trafiksäkerheten. Ett antisladdsystem är dock beroende av ett visst väggrepp för att kunna fungera. Det är dock oklart exakt hur viktiga däckens väggreppsprestanda är för att antisladdsystemet ska kunna fungera tillfredsställande.</p> <p>Genom fälttester på is med sex olika förare mättes hur väl antisladdsystemet kan hjälpa föraren i en speciell kritisk situation vid halt väglag, nämligen ett hastigt uppkommet dubbelt körfältsbyte. Fyra olika vinterdäck utan dubbar användes i studien: ett dubbtfritt vinterdäck för nordiska förhållanden och tre dubb fria vinterdäck för mellaneuropeiska förhållanden. Däcken valdes ut för att ge en stor spridning i väggrepp på is och snö, med ledning av pressens vinterdäcktester.</p> <p>Slutsatser:</p> <p>Det är stor skillnad i prestanda mellan vinterdäcket av nordisk typ och de av europeisk typ. Med antisladdsystemet avstängt kunde manövern utföras med cirka 68 km/h för däcket av nordisk typ, och cirka 62 km/h för däcken av europeisk typ.</p> <p>Genomförande av manövern med antisladdsystemet aktiverat ledde till en liten prestandaökning, cirka 1 km/h, hos samtliga däck. Denna ökning kan dock betraktas som liten i förhållande till skillnaden i prestanda mellan det två olika typerna av däck.</p> <p>Ingen statistiskt signifikant skillnad mellan vinterdäcken av europeisk typ, vilka inkluderade både premium- och budgetdäck, kunde påvisas.</p> <p>Detta innebär inte att antisladdsystem är verkningslösa på hala underlag. Vi konstaterar dock att vid en hastig undanmanöver på riktigt halt väglag, där föraren inte grips av panik utan kan styra bilen utan överdrivna ratt rörelser, har däckens väggreppsprestanda betydligt större betydelse än närvaron av ett antisladdsystem.</p>			
<p>Nyckelord: Antisladdsystem, ESC, ESP, vinterdäck, dubb fria, undanmanöver, älgtest, is, vinterväglag, fälttest</p>			
<p>ISSN: 0347-6030</p>	<p>Språk: Svenska</p>	<p>Antal sidor: 32 + 2 bilagor</p>	

Publisher:  SE-581 95 Linköping Sweden	Publication: VTI rapport 662		
	Published: 2009	Project code: 30468	Dnr: 2008/0295-27
	Project: Antisladdsystem och vinterdäck		
Author: Mattias Hjort and Håkan Andersson		Sponsor: Skyltfonden, eVALUE	
Title: The importance of tyre grip for the function of ESC systems on icy roads			
Abstract (background, aim, method, result) max 200 words: <p>In this study we have investigated how tyres with different road grip affect the stability of passenger cars equipped with Electronic Stability Control (ESC) systems during winter road conditions. The introduction of ESC in passenger cars has been very positive for traffic safety. An ESC system's function is however dependent on forces between road and tyres. Thus, it is not clear how important the tyre road grip performance is for the ESC system to function properly.</p> <p>Field tests on ice with six different drivers were used for assessing how well an ESC system can help the driver in a specific critical situation during slippery road conditions, namely a sudden double lane change. Four different studless winter tyres were used in the study: one studless winter tyre for Nordic conditions, and three studless winter tyres for central European conditions. The specific tyres were chosen to represent a large difference of road grip on ice and snow, and winter tyre tests in the media served as a guide for picking out the tyres.</p> <p>Conclusions from these tests:</p> <p>There is a large performance difference between the winter tyre of Nordic type and those of European type. With the ESC system deactivated the manoeuvre could be executed at approximately 68 km/h with the tyre of Nordic type, compared to 62 km/h for the tyres of European type.</p> <p>Performing the manoeuvre with the ESC system activated resulted in a small performance increase, approximately 1 km/h, for all tyres. This increase can however be regarded as small compared to the performance difference between the two different types of tyres.</p> <p>No statistically significant difference existed between the winter tyres of European type. These tyres included both a premium and a budget tyre.</p> <p>This does not mean that ESC systems are useless on slippery roads. We conclude, however, that at a sudden lane change manoeuvre on really slippery road conditions, where the driver is not struck by panic and is able to steer the vehicle without exaggerated steering movements, the road grip performance of the tyres is far more important than an ESC system.</p>			
Keywords: Antiskid, ESC, ESP, winter tyre, tire, studless, double lane change, moose test, ice, safety, winter road			
ISSN: 0347-6030	Language: Swedish	No. of pages: 32 + 2 Appendicies	

Förord

Undersökningen har bekostats av Skyltfonden, med finansiellt stöd från EU projektet eVALUE. Den har genomförts av VTI där Håkan Andersson varit projektledare och Mattias Hjort har varit huvudförfattare av rapporten. Tillsammans med Magnus Hjälmdahl, Fredrik Bruzelius, Tomas Karlsson och Sven-Åke Lindén har de tagit fram testmetodik och genomfört alla tester. Åsa Forsman har tagit fram den statistiska modellen samt genomfört den statistiska analysen. Tack även till Jonas Jansson för värdefulla synpunkter. Slutligen vill vi tacka Mats Gustafsson för en noggrann granskning av rapporten och för flera förslag på förbättringar.

Linköping november 2009

Mattias Hjort och Håkan Andersson

Kvalitetsgranskning

Granskningsseminarium genomfört 2009-11-02 där Mats Gustafsson, forskare på VTI, var lektor. Mattias Hjort har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus 2009-11-13. Projektledarens närmaste chef, Tommy Pettersson, har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 2009-11-16.

Quality review

Review seminar was carried out on 2 November 2009 where Mats Gustafsson, researcher at VTI, reviewed and commented on the report. Mattias Hjort has made alterations to the final manuscript of the report. The manager of the crash safety laboratory at VTI, Tommy Pettersson, examined and approved the report for publication on 16 November 2009.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
Summary	7
1 Bakgrund och syfte	9
1.1 Bakgrund	9
1.2 Syfte	9
1.3 Antisladdsystemets funktion	10
1.4 Vinterdäck.....	11
1.5 Läsanvisning.....	11
2 Metod.....	13
2.1 Bilarna.....	13
2.2 Däcken.....	14
2.3 Testmanöver.....	17
2.4 Utförande av manövertesterna	20
2.5 Testupplägg.....	23
2.6 Statistisk modell.....	25
3 Resultat.....	26
3.1 Resultat från den statistiska analysen	26
3.2 Slutsatser.....	28
4 Diskussion	29
5 Sammanfattning.....	30
6 Referenser	32
7 Appendix 1: Detaljerade resultat från den statistiska analysen	
8 Appendix 2: Mätdata	

Däckens betydelse för antisladdsystems funktion på isigt underlag

av Mattias Hjort och Håkan Andersson
VTI
581 95 Linköping

Sammanfattning

I denna studie har vi undersökt hur däck med olika väggrepp påverkar stabiliteten hos personbilar med antisladdsystem vid vinterväglag. Introduktionen av antisladdsystem i personbilar har varit väldigt positiv för trafiksäkerheten. Ett antisladdsystem är dock beroende av ett visst väggrepp för att kunna fungera. Det är dock oklart exakt hur viktiga däckens väggreppsprestanda är för att antisladdsystemet ska kunna fungera tillfredsställande.

Denna studie ska inte betraktas som en heltäckande undersökning av nyttan med antisladdsystem. Det finns ett flertal olika situationer där antisladdsystem kan vara behjälpliga som vi inte testat. Däremot har vi mätt hur väl antisladdsystemet kan hjälpa föraren i en speciell kritisk situation vid halt väglag, nämligen ett hastigt uppkommet dubbelt körfältsbyte. Denna manöver representerar en situation där föraren plötsligt tvingas över i vänster körfält för att undvika kollision med något objekt, för att sedan hastigt vara tvungen att återgå till höger körfält för att inte kollidera med ett mötande fordon. Det är en manöver som lätt försätter en bil i sladd, och i vilken ett antisladdsystem ska kunna hjälpa föraren att behålla kontroll över fordonet

Fyra olika vinterdäck utan dubbar användes i studien: ett dubbtfritt vinterdäck för nordiska förhållanden och tre dubb fria vinterdäck för mellaneuropeiska förhållanden. Däcken valdes ut för att ge en stor spridning i väggrepp på is och snö, med ledning av pressens vinterdäcktester. Våra bromstester på is visade att vinterdäcken av europeisk typ hade cirka 20–30 procent längre bromssträcka än vinterdäcket av nordisk typ. Skillnaden i bromssträcka mellan de tre däcken av europeisk typ var relativt liten.

Från undanmanövertest med sex testförare från VTI med fyra olika bilmodeller kan man konstatera att:

- Det är stor skillnad i prestanda mellan vinterdäcket av nordisk typ och de av europeisk typ. Med antisladdsystemet avstängt kunde manövern utföras med cirka 68 km/h för däcket av nordisk typ, och cirka 62 km/h för däcken av europeisk typ
- Genomförande av manövern med antisladdsystemet aktiverat ledde till en liten prestandaökning, cirka 1 km/h, hos samtliga däck. Denna ökning kan dock betraktas som liten i förhållande till skillnaden i prestanda mellan de två olika typerna av däck
- Ingen statistiskt signifikant skillnad mellan vinterdäcken av europeisk typ, vilka inkluderade både premium- och budgetdäck, kunde påvisas.

De slutsatser man kan dra från prestandatester av denna typ är inte helt självklara. Vi konstaterar dock att vid en hastig undanmanöver på riktigt halt väglag, där föraren inte grips av panik utan kan styra bilen utan överdrivna ratt rörelser, så har däckens väggreppsprestanda betydligt större betydelse än närvaron av ett antisladdsystem. Detta innebär inte att antisladdsystem är verkningslösa på hala underlag. Olycksstatistik visar tvärtom att introduktionen av antisladdsystem resulterat i en kraftig minskning av

antalet personskadeolyckor vid halt väglag. Det är tänkbart att en förare som oväntat hamnar i en situation där en manöver liknande den vi har testat skulle ha större nytta av antisladdsystem än vad våra resultat visar. För att svara på den frågan skulle det dock krävas ytterligare en studie, designad för att ta hänsyn till överraskningseffekten.

The importance of tyre grip for the function of ESC systems on icy roads

by Mattias Hjort and Håkan Andersson
VTI (Swedish National Road and Transport Research)
SE-581 95 Linköping Sweden

Summary

In this study we have investigated how tyres with different road grip affect the stability of passenger cars equipped with Electronic Stability Control (ESC) systems during winter road conditions. The introduction of ESC in passenger cars has been very positive for traffic safety. An ESC system's function is however dependent on forces between road and tyres. Thus, it is not clear how important the tyre road grip performance is for the ESC system to function properly.

This study shall not be regarded as a complete evaluation on the benefit of ESC systems. There are several different situations for which an ESC system can be beneficial, that we have not tested. However, we have measured how well an ESC system can help the driver in a specific critical situation during slippery road conditions, namely a sudden double lane change. This manoeuvre represents a situation where the driver is suddenly forced into the meeting lane to avoid a collision with some object, and then rapidly forced back into his own lane not to collide with a meeting vehicle. It is a manoeuvre that often leads to a skidding situation, and for which an ESC system is constructed to help the driver keep vehicle control.

Four different studless winter tyres were used in the study: one studless winter tyre for Nordic conditions, and three studless winter tyres for central European conditions. The specific tyres were chosen to represent a large difference of road grip on ice and snow, and winter tyre tests in the media served as a guide for picking out the tyres. Our braking tests on ice showed that the winter tyres of European type produced a 20–30% longer braking distance compared to the winter tyre of Nordic type. The braking distance difference between the three tyres of European type was relatively small.

From double lane change manoeuvres with six test drivers from VTI, with four different car models we conclude that

- There is a large performance difference between the winter tyre of Nordic type and those of European type. With the ESC system deactivated the manoeuvre could be executed at approximately 68 km/h with the tyre of Nordic type, compared to 62 km/h for the tyres of European type.
- Performing the manoeuvre with the ESC system activated resulted in a small performance increase, approximately 1 km/h, for all tyres. This increase can however be regarded as small compared to the performance difference between the two different types of tyres.
- No statistically significant difference existed between the winter tyres of European type. These tyres included both a premium and a budget tyre.

The conclusions that can be made from these kinds of performance tests are not straightforward. We conclude, however, that at a sudden lane change manoeuvre on really slippery road conditions, where the driver is not struck by panic and is able to steer the vehicle without exaggerated steering movements, the road grip performance of the tyres is far more important than an ESC system. This does not mean that ESC

systems are useless on slippery roads. Accident statistics, on the contrary, show that the introduction of ESC systems has resulted in a large decrease of accidents involving passenger injuries at slippery road conditions. It is possible that a driver that unexpectedly is positioned in a situation similar to the one that we have tested would benefit more from an ESC system than our results indicate. However, to answer that question, another study designed to address the element of surprise would be needed.

1 Bakgrund och syfte

1.1 Bakgrund

Antisladdsystem började introduceras i personbilar under mitten av 1990-talet som en utveckling av låsningsfria bromsar (ABS). Antisladdsystemen är designade för att hjälpa föraren att behålla kontrollen över fordonet i situationer där fordonet riskerar att hamna i en sladd, som exempelvis vid en plötslig undanmanöver, vid körning på hala underlag etc. Till en början fanns systemen endast som tillval till dyrare lyxbilar, men introduktionen har varit snabb, och de räknas numera som standardutrustning även bland många billigare modeller. Fordonstillverkarna erbjuder antisladdsystem under många olika namn och förkortningar (exempelvis ESP, ESC, DSC, DSTC, VSC), men den underliggande funktionen är densamma: ett antal sensorer övervakar om fordonet följer de styrutslag som föraren ger. Om systemet bedömer att fordonet avviker från den tänkta riktningen så aktiveras bromsen till ett individuellt hjul för att bringa fordonet tillbaka till den riktning som föraren styr mot. I många fall så reduceras också motor-effekten för att ytterligare minska fordonets hastighet.

Tidiga tester på bana har indikerat att antisladdsystem har en stor potential för att minska olyckor där föraren plötsligt tappar kontrollen över fordonet (Yamamoto och Kimura, 1996). Många studier baserade på olycksstatistik bekräftar också att antisladdsystemen väldigt effektivt har minskat antalet singelolyckor bland personbilar och stadsjeepar. Man uppskattar att introduktionen av antisladdsystem har minskat antalet singelolyckor med dödlig utgång internationellt med 30–50% för personbilar utrustade med antisladdsystem och mellan 50–70% för stadsjeepar (Ferguson, 2007). Några studier har också funnit att antisladdsystem är extra effektiva vid vått eller isigt väglag (Lie et al., 2004, 2006; Thomas, 2006).

Då ett antisladdsystem är beroende av att tillräckliga bromskrafter kan uppstå för att kunna fungera, finns risken att systemets prestanda är starkt kopplat till däckens egenskaper på underlag med låg friktion, som is och snö. Vidare så är det på just dessa underlag som skillnaden i väggrepp mellan olika typer av däck är som störst.

1.2 Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka hur väl antisladdsystem i moderna bilar fungerar med däck som har relativt stora skillnader i väggrepp på halt underlag. Speciellt är vi intresserade av frågeställningen huruvida ett antisladdsystem kan ”kompensera” för dåliga däck vid en undanmanöver. För att besvara den frågan så genomförde VTI i mars 2009 undanmanövertester under en veckas tid på en preparerad isbana i Arjeplog. Fyra olika bilar testades med vardera fyra olika däck med skiftande väggrepp på is utav sex testförare. Manövern utfördes både med antisladdsystemen påslagna respektive avstängda.

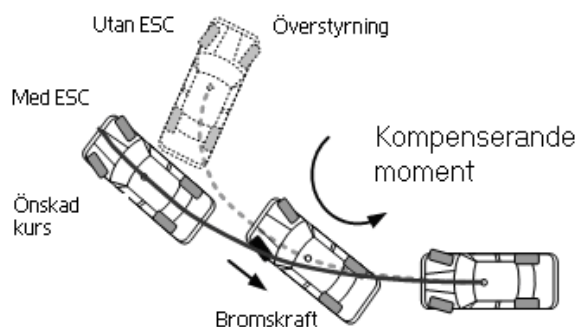
1.3 Antisladdsystemets funktion

Ett antisladdsystems uppgift är att hjälpa föraren att behålla fordonets stabilitet. Det innebär att fordonet ska följa den kurs föraren önskar utan att spinna runt (överstyrning) eller gå rakt fram i en kurva (understyrning). För att åstadkomma detta använder systemet bromsarna på enskilda hjul för att kontrollera fordonets gir-rörelse. Med gir-rörelse menar man den rotation ett fordon utför runt en tänkt axel vinkelrät mot marken.

Vid körning med konstant hastighet på en rak väg gör inte antisladdsystemet någon nytta. Det är först när fordonet styrs in i en kurva, vid körfältsbyten, vid undvikande av ett hinder eller liknande som systemet aktiveras. Två typiska situationer som kan uppstå vid en kurvtagning är överstyrning och understyrning. Figureerna nedan visar den grundläggande metoden för hur ett antisladdsystem hanterar dessa två situationer.

Hantering av överstyrning i en kurva

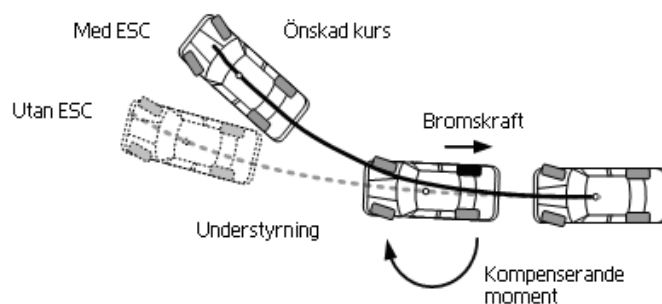
Systemet ansätter bromsarna på ett eller båda yttre hjulen för att ge bilen ett vridande moment som är motriktat den gir-rotation som överstyrningen gett upphov till. Detta moment hindrar bilen från att rotera in i kurvan och man undviker bakvagnsställ.



Figur 1 Kurvtagning med och utan antisladdsystem vid överstyrning.

Hantering av understyrning i en kurva

Systemet ansätter bromsen på det inre bakhjulet för att ge bilen ett vridande moment i kurvans riktning. Detta moment undertrycker understyrningsbeteendet och hindrar bilen från att köra rakt fram i kurvan.



Figur 2 Kurvtagning med och utan antisladdsystem vid understyrning.

Ett antisladdsystem fungerar genom att kontinuerligt mäta fordonets gir-rotationshastighet, rattutslaget och fordonets hastighet. Rattutslaget och fordonets hastighet används för att beräkna den gir-rotationshastighet fordonet *borde* ha, vilket sedan jämförs med den faktiska gir-rotationshastigheten. Om detta beräknade värde skiljer sig alltför mycket från det uppmätta värdet så skapar systemet ett korrigerande kraftmoment genom att ansätta bromsarna på enskilda hjul.

Bland fordonstillverkare finns det olika strategier bakom hur ett antisladdsystem ska ingripa. Några strävar efter att reducera fordonets hastighet under ett ingripande, medan andra enbart fokuserar på fordonets stabilitet. Många minskar dessutom motoreffekten under ett ingripande för att ytterligare sakta ner fordonet.

För mer information om antisladdsystem se exempelvis (Linder et al., 2007) och (Hjort et al., 2009).

1.4 Vinterdäck

I Norden har vinterdäck traditionellt funnits i två olika typer, dubbade och odubbade däck. Den senare kategorin, har under de senaste åren utvecklats till två helt olika typer av däck: dubbfria vinterdäck för nordiska förhållanden och för mellaneuropeiska förhållanden. För enkelhets skull använder vi i denna rapport beteckningarna nordiskt och europeisk vinterdäck för dessa två typer av däck.

De nordiska vinterdäcken är konstruerade för att ge bra grepp på is och snö, vilket man har åstadkommit med mjuka gummiblandningar och tvärgående snitt i däckens slitbana, så kallade sajpningar. Det förbättrade greppet på is och snö har skett på bekostnad av barmarksegenskaperna, som är sämre hos dessa däck.

De europeiska vinterdäcken har utvecklats med fokus på grepp på våt och torr barmark och för höga hastigheter. Dessa däck har hårdare gummiblandning och har klart sämre grepp på is och snö jämfört med de nordiska vinterdäcken.

Dubbdäck har generellt bättre grepp på is jämfört med både nordiska och europeiska vinterdäck. Bromssträckan är kortare, men det är framförallt vid en sladdsituation med stora rattvinklar som dubbdäcken utmärker sig jämfört med dubbfria däck (se exempelvis Hjort, 2005). På snö så är dubbdäcken och de nordiska vinterdäcken jämförbara (och de senare kan även vara något bättre än dubbdäck i lös snö), medan de europeiska vinterdäcken är sämre. På våt och torr barmark är de europeiska vinterdäcken bättre än dubbdäck, som i sin tur är bättre än de nordiska vinterdäcken.

Trots de stora skillnaderna mellan nordiska och europeiska vinterdäck så finns det idag ingen märkning på däcken som talar om vilken typ av vinterdäck det rör sig om. Däckets hastighetsklassning ger en indikation, men för att vara helt säker på vilken typ ett visst däck tillhör bör man fråga sin däckhandlare. Ett vinterdäck måste enligt Vägverket vara märkt med M+S symbol och dessutom vara särskilt framtaget för vinterkörning. Det finns däck på marknaden som är M+S märkta men som inte är godkända som vinterdäck.

1.5 Läsanvisning

De tester och den analys som VTI genomfört i denna studie är utförda på ett vetenskapligt sätt för att med säkerhet kunna besvara vår frågeställning. Det innebär att ett stort antal tester behövde utföras under så kontrollerade förhållanden som möjligt, och med höga krav på mätnoggrannheten. Vidare så krävdes en avancerad statistisk analys av

uppmätta data. Målgruppen för denna rapport är allmänheten, och huvudresultaten ska kunna förstås av gemene man. Vi har dock valt att även inkludera delar av mer teknisk natur i rapporten, såsom den statistiska modellen och analysen för att tillgodose krav också från mer insatta läsare. En relativt detaljerad redogörelse av studien har också varit nödvändig för att det ska vara möjligt att vetenskapligt granska de resultat som presenteras. De mer tekniska delarna i rapporten är framför allt kapitel 2.5 Testupplägg, 2.6 Statistisk modell och 3.1 Resultat från den statistiska analysen, samt Appendix.

2 Metod

För att svara på frågan huruvida ett antisladdsystem kan kompensera för sämre däck vid en undanmanöver på halt underlag så genomfördes en fältstudie med 6 erfarna förare från VTI. Fyra olika bilar och fyra olika däck valdes ut, och varje kombination av bil och däck testades av alla testförarna, med och utan antisladdsystemet påslaget. En testmanöver anpassad för att testa ett antisladdsystems prestanda valdes ut. Den högsta hastighet som det gick att genomföra manövern vid noterades och användes som ett mått på fordonets prestanda. En statistisk analys av testkörningarna genomfördes sedan för att ge underlag för att besvara vår frågeställning.

2.1 Bilarna

De fyra olika bilarna handplockades för att representera olika storleksklasser. Bilarna skulle vara allmänt ansedda som säkra och vara vanligt förekommande i Sverige. Vi ville också ha med både framhjulsdrevena och bakhjulsdrevena bilar. Anledningen att vi valde bilar med olika egenskaper var att de bättre skulle representera ett genomsnitt av de bilar i den svenska fordonsparken som är utrustade med antisladdsystem, inte för att jämföra prestanda mellan de olika bilarna. Det var också viktigt att det relativt enkelt skulle kunna gå att slå av och på antisladdsystemet. Ytterligare en begränsande faktor i valet av bilar var att de fyra olika däcken skulle finnas tillgängliga till alla bilmodellerna.

En förutsättning för våra tester var som nämnts ovan att bilarnas antisladdsystem gick att stänga av helt och hållet. Alla bilar som är utrustade med antisladdsystem har en knapp med vilken det till synes går att stänga av systemet. På grund av säkerhetsrisken med att köra med antisladdsystemet avstängt så väljer dock många biltillverkare att låta antisladdsystemet ingripa vid en nödsituation även om föraren har valt att stänga av systemet. Av de fyra testbilarna så var Volvon den enda bilen där antisladdsystemet inte gick att stänga av helt, och vi fick därför göra ett ingrepp på det fordonet för att säkerställa att systemet var helt avstängt när testerna krävde det.

Tabell 1 De fyra olika bilarna i testet.

Nr	Bilmodell	Drift	Storleksklass
1	Toyota Auris årsmodell 2008:	Framhjulsdreven	Liten
2	BMW 320i Touring årsmodell 2006:	Bakhjulsdreven	Mellan
3	SAAB 9-5 kombi årsmodell 2008:	Framhjulsdreven	Stor
4	Volvo V70 årsmodell 2009:	Framhjulsdreven	Stor



Figur 3 De fyra testade bilarna.

2.2 Däcken

Fyra olika däck valdes ut för att representera ett så stort prestandaspänn som möjligt, från mycket bra till mycket dåliga däck. Med ledning av pressens däcktester, främst Aftonbladets och Teknikens Världs, så valde vi däck efter hur de förväntades prestera på packad snö vilket var det underlag vi hade valt för testerna (se kapitel 2.3 för en motivering). Vi valde att inte ha med något dubbdäck, då ett sådant förväntades prestera ungefär som ett vinterdäck av nordisk typ. Bland dubblösa vinterdäck har Nokian Hakkapeliitta R fått bland de högsta betygen på snö i pressens tester, och vi valde det som vårt däck med bra snögrepp. Det kinesiska däck Goodride R-VH680 testades av Aftonbladet/auto motor & sport inför vintern 2008/2009 (samma test), vilka konstaterade att däck var okörlbart på is och snö. Bromssträckan på snö var mer än dubbelt så lång för Goodride-däcket som för Nokian-däcket. Detta däck är ett M+S märkt däck som dock inte står upptaget på den lista över godkända vinterdäck som branschorganisationen Scandinavian Tyre and Rim Organisation upprätthåller (STRO). Trots M+S märkningen är däck listat som ett somrardäck på däckförsäljarna Däckonline (www.dackonline.se) hemsida.

Med dessa två däck som extremer så valde vi två däck av typen europeisk friktion med förväntad prestanda någonstans mellan extremdäcken. Av dessa var ytterligare ett däck från Nokian, WR G2, vilket togs med för att få en uppfattning om hur stor skillnad det kan vara i väggrepp mellan de två olika typer av odubbade vinterdäck från samma tillverkare. Detta däck är dessutom en representant för de dyrare så kallade premiumdäcken bland de europeiska vinterdäcken. Det andra däck, Fulda Kristall Supremo, togs med då det utmärkte sig i Teknikens Världs vinterdäcktest 2007, där det fick det sämsta betyget på is och snö av alla odubbade vinterdäck.

Tyvärr så lyckades vi inte få tag på Goodride däck av den typ som Aftonbladet testat för våra tester. Vi valde därför ett annat däck ifrån Goodride, SW602, under antagandet att även detta däck skulle prestera riktigt dåligt på snö. Inte heller detta däck finns med på STRO:s lista över godkända vinterdäck. Däcket listades dock som vinterdäck på däckförsäljarna Däckonline hemsida. Detta däck är en representant för de billigare budgetdäcken bland de europeiska vinterdäcken

De fyra däcken som deltog i testet presenteras nedan i Tabell 2.

Tabell 2 De fyra olika däcken som ingick i testet.

Nr	Modell	Typ	Förväntad prestanda
1	Nokian Hakkapeliitta R	nordisk friktion	Placerar sig högt bland odubbade vinterdäck på is och snö i både Aftonbladets och Teknikens Världs tester 2008
2	Nokian WR G2	europesk friktion	Dåligt placerad bland odubbade vinterdäck på is och snö i Teknikens Världs tester 2007.
3	Fulda Kristall Supremo	europesk friktion	Tydligt sämst bland odubbade vinterdäck på is och snö i Teknikens Världs tester 2007
4	Goodride SW602	europesk friktion	Med ledning av hur ett annat M+S märkt däck från denna tillverkare presterade på is och snö i Aftonbladets test 2008 så förväntades detta däck prestera dåligt.

Som beskrivs i kapitel 2.3 så fick testerna på grund av snöbrist genomföras på is istället för snö. Sådär i efterhand står det klart att vi borde ha inkluderat ett dubbdäck i testerna, då det högst sannolikt hade lett till ett större prestandaspann mellan däcken.

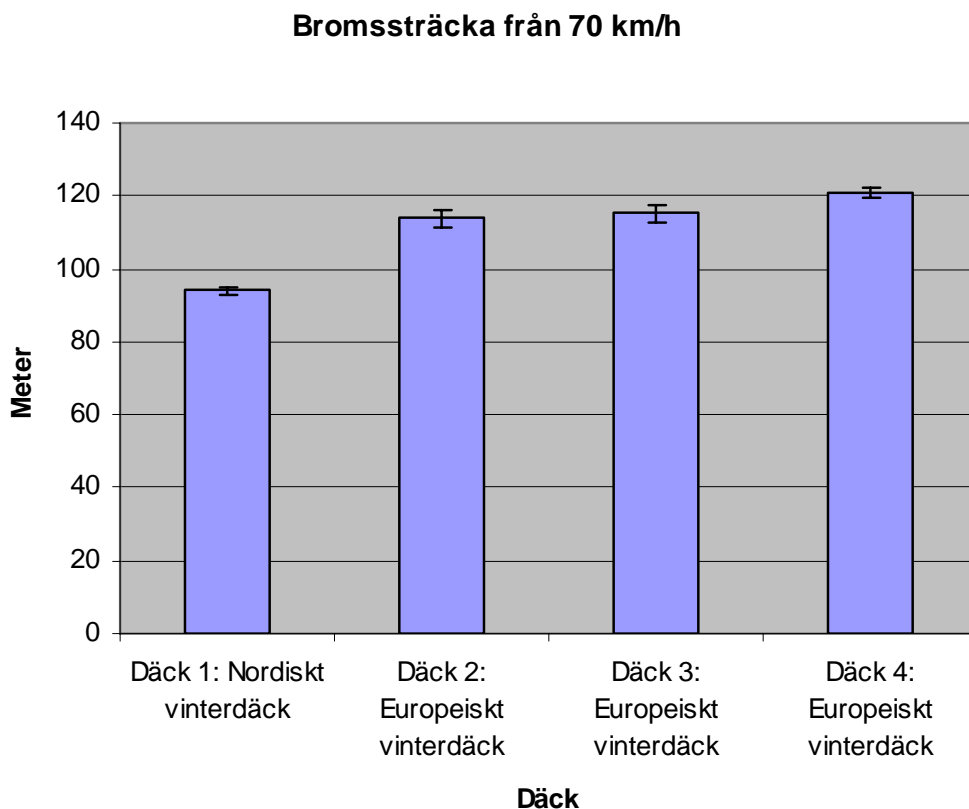
För att kvantifiera skillnaden i väggrepp mellan de olika däcken så utförde vi bromstester på isen med Volvon. Bromstesterna utfördes på den del av testbanan som använts för acceleration av fordonen inför antisladdmanövern. Isen hade här samma grad av polering som resten av manöverbanan. Bromssträckan mättes med hög precision med hjälp av en accelerometer monterad inne fordonet. Fem upprepade bromsningar per däck utfördes från 70 km/h. Det tog två timmar att bromstesta alla fyra däcken, och med hjälp av regelbundna friktionsmätningar med VTI:s portabla friktionstestare (PFT) kunde vi konstatera att isfriktionen var konstant under dessa mätningar. Detta är ett handdrivet, väl beprövat instrument för friktionsbestämning av ytor (Wälivaara, 2007), se Figur 12.

Bromssträckor för de fyra olika däcken visas i Figur 4. Det är tydligt från figuren att skillnaden i prestanda mellan de däcken inte är lika stor som vi hade hoppats på. Bromssträckan för vinterdäcken av europeisk typ har ca 20–30 % längre bromssträcka jämfört med vinterdäcket av nordisk typ. Det är en stor skillnad, men vi hade förväntat oss att däck nummer 4 skulle vara klart sämre än de andra däcken. Det står klart att det Goodride däck som vi tog med i studien hade avsevärt bättre vinteregenskaper jämfört med det däck som testades i Aftonbladet (se kapitel 2.2). Det hade varit önskvärt med en större skillnad bland de europeiska vinterdäcken. Vi kan inte påvisa någon statistisk signifikant skillnad i bromssträcka mellan däck 2 och 3, medan bromssträckan för däck 4 var ca 5 % längre jämfört med dessa.

Bromssträckorna för de olika däcken var i däckens nummerordning 94, 114, 115 och 121 meter. Detta motsvarar en friktionskoefficient på ca 0,20 för däck nummer 1, och mellan 0,16–0,17 för de andra däcken. Sådana friktionsvärden är typiska för en ganska hal is. Isens friktion beror, förutom på däcken, till stor del på isens temperatur och hur

ojämn den är. Typiska siffror för odubbade däck är dock ca 0,05 för våt is, ca 0,10–0,15 för torr blankpolerad is, medan riktigt kall och raspig is kan ha friktionsvärden upp mot 0,40. Bromssträckans längd är ungefärligen omvänt proportionell mot friktionsvärdet, vilket innebär att bromssträckan vid en friktion på 0,05 är 8 gånger längre jämfört med bromssträckan vid en friktion på 0,40. Bromssträckor med mätfelsuppskattning (95 % konfidensgrad) redovisas i Tabell 3.

Det är intressant att notera att friktionsmätningar med PFT:n mellan bromstesterna visade på en friktion på 0,15 med det speciella mätjulet som används i den utrustningen. Det är alltså fullt jämförbart med friktionsvärdena för vinterdäcken av europeisk typ.



Figur 4 Bromssträcka för de olika däcken.

Tabell 3 Bromssträcka för de olika däcken från 70 km/h.

Däck	Bromssträcka	Motsvarande friktionstal	Ökning av bromssträcka i förhållande till däck 1
1	94,1 ± 1,1 m	0,20	–
2	114,0 ± 2,4 m	0,17	21 %
3	115,2 ± 2,4 m	0,17	22 %
4	120,6 ± 1,4 m	0,16	28 %

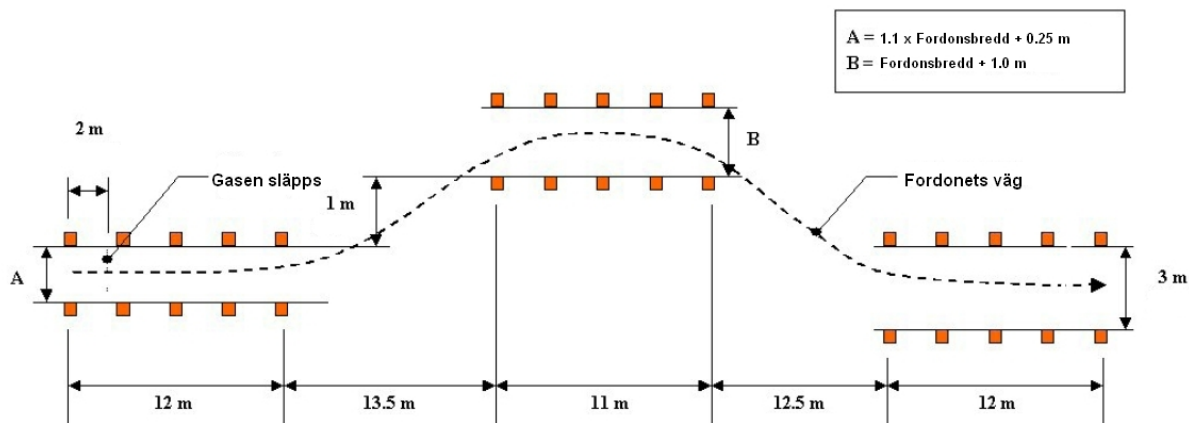
2.3 Testmanöver

Testerna genomfördes under vecka 11 i mars månad 2009 på en av Icemakers testbanor i Arjeplog. Här hade vi tillgång till en 50 meter bred och 400 meter lång plogad isbana. Vi hade ursprungligen planerat att genomföra testerna på en bana med packad snö, då vi bedömde att väggreppet på en preparerad snöbana skulle vara mindre känsligt för temperaturväxlingar och väderomslag än en isbana. På grund av för dåligt med ny snö de närmaste veckorna innan vår testvecka så var det dock stor risk att snölagret skulle bli för tunt och inte hålla hela testveckan. Vi tog därför ett sent beslut att istället genomföra testerna på is.



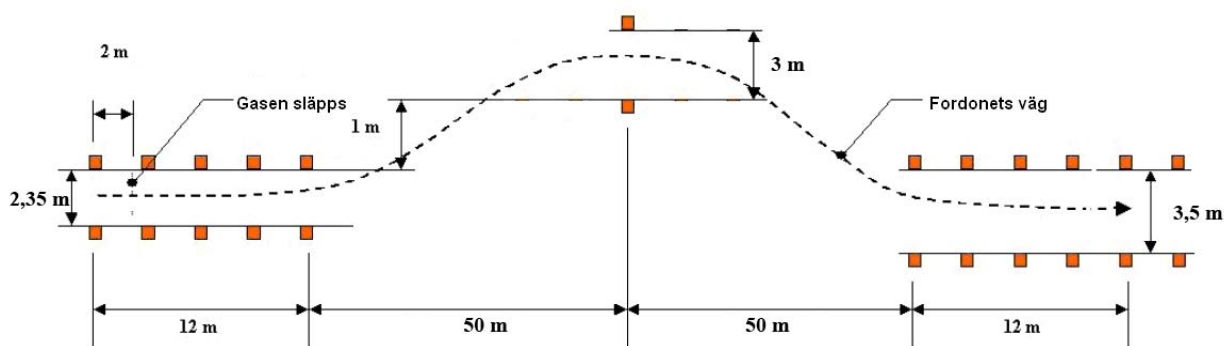
Figur 5 En av Icemakers många testbanor. Från <http://www.icemakers.se>.

Vi valde ISO manövern 3888-2, också kallad "Double lane change" i vilken föraren genomför två efterföljande körfältsbyten, se Figur 6. Detta är en standardmanöver för att testa ett fordonets sladdbenägenhet, och har tydlig verklighetsanknytning då den efterliknar en manöver där man plötsligt måste undvika ett objekt i eget körfält, för att sedan raskt återgå till eget körfält för att undvika mötande fordon. Det är en passande övning för att testa antisladdsystem då den involverar både understyrning (vid första körfältsbytet) och överstyrning (vid andra körfältsbytet), och har föreslagits av Daimler-Chrysler som en standardmanöver för att mäta ett antisladdsystems prestanda (Paine, 2005). Fordonets/antisladdsystemets prestanda bedöms efter den högsta ingångshastighet varmed det går att köra genom en konbana utan att slå omkull någon kon. Manövern genomförs endast med styrutslag då föraren kör in i manövern med konstant hastighet och släpper gasen precis vid ingången till manövern.



Figur 6 ISO 3888-2 manöver. Föraren kör fordonet genom en konbana (varje kon markeras av en orange kvadrat).

Testmanöver ISO 3888-2 är dock specificerad för tester på högfriktionsunderlag. För att anpassa oss till den rådande friktionen på testbanan var det nödvändigt att modifiera måtten i den ursprungliga manövern för att skapa tillräckligt mycket sladd för att aktivera antisladdsystemet. Om man använder de mått som anges i standarden skulle de hastigheter som det är möjligt att genomföra manövern i på isbana bli alldeles för låga, runt 20 km/h. Vi är intresserade av hur fordonet beter sig vid landsvägsfart. Genom successiv provning av olika mått hittade vi en konuppställning där det gick att genomföra testmanövern i hastigheter mellan 50–70 km/h, och där antisladdsystemen för alla bilar aktiverades kraftigt. Banutformningen visas i Figur 7 (jämför med originalutformningen i Figur 6). Genom att använda endast ett par koner i vänster korridor tvingas föraren till en snabbare manöver tillbaks till höger körfält, vilket aktiverar antisladdsystemet i större utsträckning jämfört med en längre vänsterkorridor. Samma slutsats har man även gjort i USA där man undersökt flera olika manövrar för att testa antisladdsystem (NHTSA 2005). Vidare så valde vi av praktiska skäl att låta konuppställningen vara identisk för de olika bilarna då fordonsbredden varierade marginellt mellan dem.



Figur 7 Den modifierade variant av ISO 3888-2 som användes i testerna.

När banutformningen var bestämd borrades hål i isen för varje kon. På så sätt blev konuppställningen identisk för varje testkörning. Notera att konerna trots att de placerats i hål var lätta att slå omkull ifall man körde på dem. Bilens ingångshastighet i manövern mättes med hög precision ($< 0,2$ km/h) med hjälp av ett par optiska givare som placerades vid ingångskonerna, se Figur 9. Den uppmätta hastigheten presenterades inte direkt för föraren, utan avlästes av en medarbetare som via kommunikationsradio meddelade aktuell hastighet till berörd förare efter genomförande av manövern. Varje bil var dock utrustad med en GPS-navigatör som presenterade bilens hastighet digitalt till föraren. Det var god överensstämmelse mellan hastigheten från GPS och den mer exakt uppmätta, vilket underlättade för förarna att genomföra en manöver vid en viss förutbestämd hastighet.



Figur 8 Skumgummifyllda koner placerades ut med hjälp av borrhål i isen.



Figur 9 Utrustning för hastighetsmätning vid ingångskonerna.



Figur 10 Banans mellanpassage med endast ett par koner.

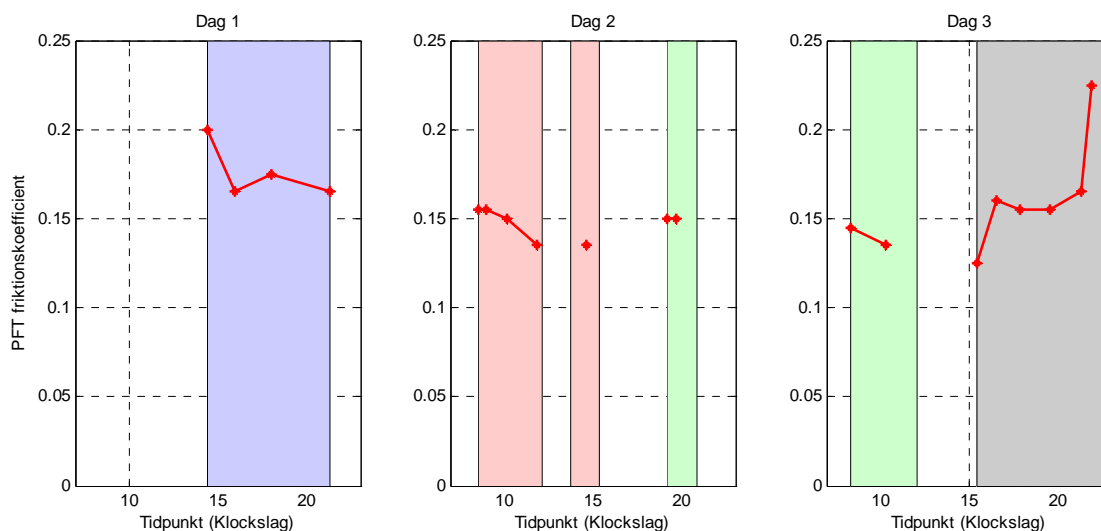
2.4 Utförande av manövertesterna

För att öka noggrannheten i den statistiska analysen vill man minska spridningen i resultat mellan förarna. Därför valdes en förargrupp som var så homogen som möjligt. Förargruppen bestod av 6 vana bilförare, som alla hade viss erfarenhet av manövertest på bana. Samtliga var män över 30 år gamla och är medarbetare på VTI.

För att minimera de inläringseffekter som kan uppstå när man utför samma manöver upprepade gånger genomfördes en grundlig träning med alla förarna innan testerna påbörjades.

Varje dag innan testerna kunde påbörjas så preparerade vi isbanan. Då vi inte hade något dubbdäck med i testet så medförde varje genomkörning av manövern att isbanan polerades och gradvis blev halare. Efter ett antal genomkörningar så uppnådde dock isen en poleringsnivå som var relativt konstant. I början av varje mät dag, innan testerna påbörjades, så genomfördes därför ett antal genomkörningar så att isen fick en konstant friktionsnivå (uppmätt med PFT) i nivå med tidigare dagar. Regelbundna mätningar av friktionen i båda hjulspåren genomfördes därefter under mätproceduren. Om friktionen skulle ändras alltför mycket på grund av väderomställning så hade vi möjligheten att göra uppehåll i testerna.

Block 1 till 4 genomfördes under perioden 10–12 mars, från morgon till kväll. Vädret var för det mesta mulet och vid ett par tillfällen var det solsken eller stjärnklart. Lufttemperaturen varierade normalt mellan -4 till -10°C , med undantag för en kort period då temperaturen sjönk till -17°C . Istemperaturen höll sig mer konstant och varierade som mest från -5 till -12°C . Det är väl känt bland testförare att isens egenskaper kan förändras mycket snabbt på grund av väder. Det bör därför poängteras att vår studie inte är speciellt känslig för sådana fluktuationer då testerna var upplagda så att alla fyra däck och alla fyra bilar testades samtidigt. Förarnas intryck var dock att friktionen varierade relativt måttligt under dessa dagar, med undantag för ett par specifika tillfällen. Detta bekräftas av de PFT-mätningar som utfördes. I *Figur 11* presenteras medelvärdet av friktionen i de två hjulspåren, uppmätt under de tre dagarnas tester. Med undantag för början av dag 1 och 3, samt precis i slutet av dag 3 så ligger den uppmätta friktionen mellan 0,135–0,165. Detta motsvarar en relativ friktionsvariation på drygt 20 %, och hade inte varit acceptabelt med ett testupplägg där däcken testades sekventiellt. För att minimera friktionsvariationerna vid tester med och utan antisladdsystem så utformades ett testschema där varje förare fick testa en bil/däckkombination med och utan antisladdsystemet påslaget med så kort tid som möjligt mellan testerna. Utformningen av testschemat beskrivs mer detaljerat i kapitel 2.5



Figur 11 Isens friktionsvariation under de tre testdagarna, uppmätt med VTI PFT. Färgmarkeringarna indikerar när tester pågick, och olika färger representerar de olika testblocken (se kapitel 2.5).



Figur 12 Friktionsmätning längs banan.

Genom att fästa reflexer på konerna kunde manövern utan problem utföras i mörker, vilket var en förutsättning för att vi skulle hinna med det omfattande testprogrammet.

För att bestämma den maximala hastigheten för en viss kombination av fordon/däck, med antisladdsystemet antingen påslaget eller avstängt, så genomförde varje förare följande procedur:

1. Genomför manövern vid en relativt låg hastighet som man vet att fordonet kommer att klara.
2. Genomför manövern vid stegvis högre hastighet (ca 2–3 km/h ökning åt gången). Om man misslyckas upprepas försöket med samma hastighet. Detta fortgår tills föraren misslyckats tre gånger med att genomföra ett försök vid samma hastighet.
3. Sänk hastigheten till ett värde mitt emellan den hastighet varvid försöket misslyckades och den högsta klarade hastigheten. Gör max tre försök på denna hastighet.

På detta sätt kunde varje förare bestämma den maximala hastigheten med en noggrannhet på uppskattningsvis 1–2 km/h.

2.5 Testupplägg

Alla förare skulle köra varje bil, kombinerat med varje däck med och utan antisladdsystem påslaget. Detta innebär att varje förare skulle få köra $4 \times 4 \times 2 = 32$ olika kombinationer. Med 6 olika förare innebar det 192 olika mätresultat att utvärderas i en statistisk analys. För att kompensera för inlärningseffekter användes ett balanserat testschema, se Tabell 4. Testschemat delades upp i fyra olika block, där däckkonfigurationen var konstant i varje block. Alla fyra bilarna kördes samtidigt, med den förarkonfiguration som ges av en rad i ett block. Testerna utfördes genom att gå igenom varje block uppifrån och ner, vilket innebar att efter att alla fyra förare lyckats bestämma den maximala hastigheten för sitt fordon så stängdes antisladdsystemen av (alternativt slogs på) och förarna återupprepade mätproceduren. Därefter skiftades förarna i bilarna och förfarandet upprepades tills dess att alla sex förare hade kört alla bilarna. Mellan blocken så skiftades däcken på alla bilarna.

Ett balanserat testschema är viktigt för att minska påverkan av yttre faktorer på mätresultaten. Med upplägget i Tabell 4 uppnår man följande:

1. Alla fyra sorters däck körs samtidigt under hela mätperioden, vilket minskar de problem som uppstår om underlagets friktionsegenskaper ändras under tiden som mätningarna pågår.
2. Alla fyra sorters bilar körs samtidigt under hela mätperioden, vilket minskar de problem som uppstår om underlagets friktionsegenskaper ändras under tiden som mätningarna pågår.
3. I den statistiska analysen är viktigt att kunna jämföra en enskild förares resultat för en viss bil/däck-kombination med och utan antisladdsystem. För att en sådan jämförelse ska bli så noggrann som möjligt vill man att underlagets friktion ska vara så lika som möjligt vid dessa båda mätningar. Varje förare kör därför samma bil/däck-kombination med och utan antisladdsystem omedelbart efter varandra. Hälften av gångerna genomförs körningarna med antisladdsystemet påslaget från början och hälften av gångerna genomförs körningarna med antisladdsystemet avstängt från början. Detta för att balansera ut de inlärningseffekter som kan uppstå när man kör samma fordon två gånger i rad.
4. För varje block så kommer varje förare att köra 4 bilar med 4 olika däck. Det är tänkbart att det finns en viss inlärningsperiod i början av varje block, där föraren gradvis blir bättre med tiden. Den ordning som däcken testas i har därför varierats mellan de olika blocken och mellan de olika förarna så att inget enskilt däck ska påverkas av inlärningseffekten. Ordningen mellan bilarna är däremot inte balanserad för varje enskild förare, och är totalt sett inte 100 % balanserad för gruppen av förare som helhet. En analys av prestanda mellan olika bilar kan därför vara påverkad av en eventuell inlärningseffekt.

Det bör påpekas att eftersom blocken testas sekventiellt så innebär det att kombinationen mellan fordon och däck inte är balanserad med avseende på friktionsförändringar som sker över tiden. Vi förväntar oss därför en interaktion mellan fordon och däck i den statistiska analysen om friktionen varierar mellan blocken.

Testerna kunde genomföras enligt testschemat utan bortfall och mätresultaten redovisas i Appendix 2.

Tabell 4 Det balanserade testschemat. Siffrorna 1–6 betecknar de olika förarna.

Block 1				
	Däck 1	Däck 2	Däck 3	Däck 4
Antisladd	Bil 1	Bil 2	Bil 3	Bil 4
På	1	2	3	4
Av	1	2	3	4
Av	6	1	2	3
På	6	1	2	3
På	5	6	1	2
Av	5	6	1	2
Av	4	5	6	1
På	4	5	6	1
På	3	4	5	6
Av	3	4	5	6
Av	2	3	4	5
På	2	3	4	5

Block 2				
	Däck 4	Däck 1	Däck 2	Däck 3
Antisladd	Bil 1	Bil 2	Bil 3	Bil 4
På	1	2	3	4
Av	1	2	3	4
Av	6	1	2	3
På	6	1	2	3
På	5	6	1	2
Av	5	6	1	2
Av	4	5	6	1
På	4	5	6	1
På	3	4	5	6
Av	3	4	5	6
Av	2	3	4	5
På	2	3	4	5

lock 3				
	Däck 3	Däck 4	Däck 1	Däck 2
Antisladd	Bil 1	Bil 2	Bil 3	Bil 4
På	1	2	3	4
Av	1	2	3	4
Av	6	1	2	3
På	6	1	2	3
På	5	6	1	2
Av	5	6	1	2
Av	4	5	6	1
På	4	5	6	1
På	3	4	5	6
Av	3	4	5	6
Av	2	3	4	5
På	2	3	4	5

Block 4				
	Däck 2	Däck 3	Däck 4	Däck 1
Antisladd	Bil 1	Bil 2	Bil 3	Bil 4
På	1	2	3	4
Av	1	2	3	4
Av	6	1	2	3
På	6	1	2	3
På	5	6	1	2
Av	5	6	1	2
Av	4	5	6	1
På	4	5	6	1
På	3	4	5	6
Av	3	4	5	6
Av	2	3	4	5
På	2	3	4	5

2.6 Statistisk modell

Vi vill huvudsakligen testa hypotesen angående däckens väggrepp på is:

H_0 : Däckens väggrepp har ingen effekt om antisladdsystemet är på

mot

H_1 : Däckens väggrepp har effekt om systemet är på.

Detta under förutsättning att man kan påvisa att däcken har effekt om systemet inte är på. Vi har valt ut däck som vi som vi tror kommer att ha stora skillnader i prestanda när man kör utan antisladdsystem. För att testa detta kan man dela upp materialet efter om antisladd är på eller av och sätta upp regressionsmodellen

$$Y_{ijk} = \text{konstant} + \text{Däck}_i + \text{Bil}_j + \text{Person}_k + \text{Däck} \times \text{Bil}_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (\text{Ekvation 1})$$

med variablerna

Y:	Hastighet
Däck:	Fix faktor med 4 nivåer
Bil:	Fix faktor med 4 nivåer
Person:	Slumpmässig faktor med 6 nivåer

En slumpmässig avvikelse som inkluderar mätfel, väderomslag etc. inkluderas genom ε .

Utifrån denna modell kan man med variansanalys skatta avståndet mellan de olika däcken ($\text{Däck}_i - \text{Däck}_j$) i de två fallen och jämföra om det finns någon skillnad. Analysen görs för båda fallen (antisladd av och på) för att se om det finns någon huvudeffekt för däck.

Sedan använder vi en modell som även inkluderar användande av antisladdsystem. Här har vi inkluderat alla möjliga tvåvägsinteraktioner:

$$Y_{ijkl} = \text{konst} + \text{Däck}_i + \text{Bil}_j + \text{Asladd}_k + \text{Person}_l + \text{Däck} \times \text{Asladd}_{ik} + \text{Bil} \times \text{Asladd}_{jk} + \\ + \text{Däck} \times \text{Bil}_{ij} + \text{Asladd} \times \text{Person}_{kl} + \text{Bil} \times \text{Person}_{jl} + \text{Däck} \times \text{Person}_{il} + \varepsilon_{ijkl} \quad (\text{Ekvation 2})$$

där vi introducerat variabeln

Asladd: Fix faktor med 2 nivåer (av/på)

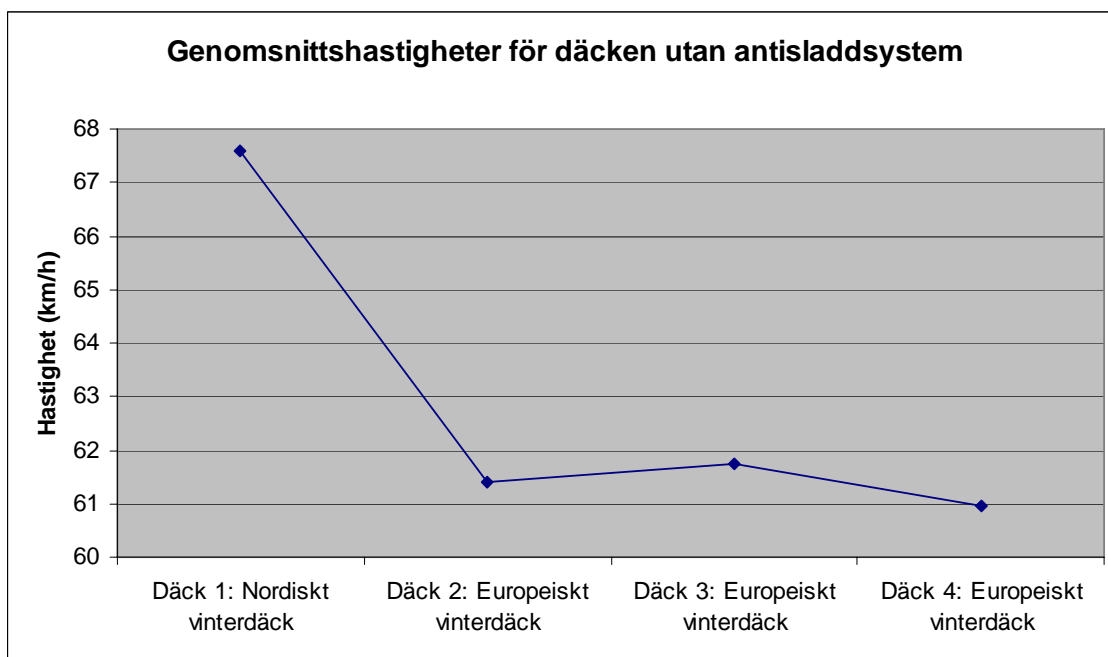
Här är det intressant att titta på interaktionen Asladd*Däck. Om den är signifikant så är däckens inverkan på hastigheten olika beroende på om antisladdsystemet är på eller inte. Man kan också se om det finns någon huvudeffekt av antisladd.

3 Resultat

3.1 Resultat från den statistiska analysen

För att få en uppfattning om hur stor skillnad det är mellan de olika däcken vid utförande av undanmanövertestet så gjordes en första statistisk analys av de körningar som genomförts med antisladdsystemet avstängt på bilarna. Ekvation 1 i kapitel 2.6 användes för den statistiska regressionsmodellen. Analysen genomfördes med signifikansnivå 0,05. Från den analysen framgår det att det är en statistisk signifikant skillnad mellan däck 1 (det nordiska vinterdäcket) och de andra däcken. Däremot så gick det inte att påvisa någon statistisk signifikant skillnad i prestanda mellan de tre europeiska vinterdäcken. Den minsta statistiskt signifikanta skillnaden var $5,8 \pm 1,8$ km/h (mellan däck 1 och däck 3). Parvisa jämförelser mellan alla däcken finns i Appendix 1.

Snitthastigheten för manövern med däck 1 var nästan 68 km/h, medan de andra tre däckens snitthastigheter låg mellan 61–62 km/h, se Figur 13. Analysen visar också att det inte var någon statistiskt signifikant skillnad i prestation mellan de olika förarna. De statistiska måtten från variansanalysen ges i Appendix 1. Där framgår det också att det finns en stark statistisk interaktion mellan fordon och däck, vilket är ett förväntat resultat av friktionsvariationer mellan de olika testblocken (se Figur 11) då testupplägget inte är balanserat med avseende på denna interaktion (se kapitel 2.5).

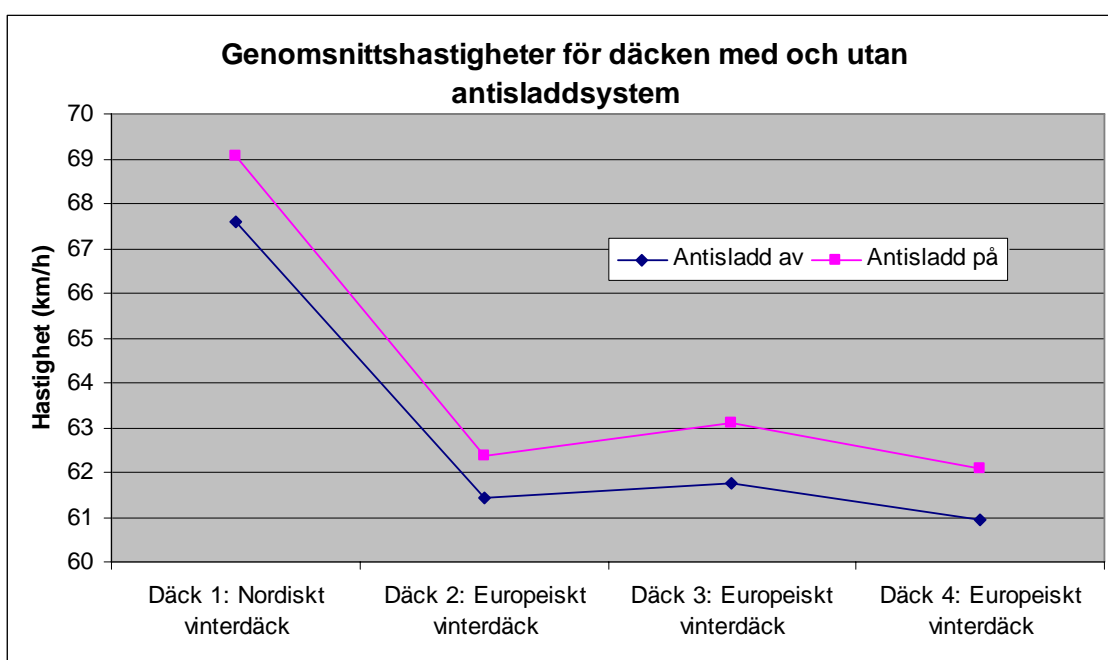


Figur 13 Snitthastigheter för manövern med de olika däcken utan antisladdsystemet påslaget. Notera att hastighetsskalan börjar på 60 km/h och inte på noll för ökad tydlighet.

Därefter utfördes en statistisk analys där även de körningar som genomförts med antisladdsystemet påslaget ingick. Ekvation 2 i kapitel 2.6 användes för den statistiska regressionsmodellen. Analysen visar att det precis för fallet med antisladdsystemet avstängt så kan bara en statistiskt signifikant skillnad i prestanda påvisas mellan däck 1

och de andra tre däcken. Det fanns ingen statistisk signifikant skillnad mellan däck 2, 3 och 4.

Skillnaden i prestanda mellan att antisladdsystemet avstängt eller påslaget är statistiskt signifikant. Dock fanns ingen statistiskt signifikant interaktion mellan antisladdsystem och däck, vilket innebär att prestandaförbättringen är ungefär lika stor för alla däcken. I Figur 14 framgår det att prestandaförbättringen med antisladdsystemet påslaget är liten i förhållande till skillnaden mellan det bästa och det sämsta däck. I genomsnitt är förbättringen 1,2 km/h. Inte heller här var det någon statistiskt signifikant skillnad i prestation mellan de olika förarna. Antisladdsystemet gav alltså alltid en liten förbättring, oavsett bil, däck och person. En viss skillnad mellan de olika bilarnas prestanda kunde påvisas, men de påverkar inte de slutsatser vi dragit. Det fanns också en signifikant koppling mellan förare och bil, vilket antyder att förarna var olika bekväma med de olika bilarna. De statistiska måtten från variansanalysen ges i Appendix 1.



Figur 14 Snitthastighet för de olika däcken med antisladdsystemet avslaget respektive påslaget. Notera att hastighetsskalan börjar på 60 km/h och inte på noll för ökad tydlighet.

3.2 Slutsatser

Det är således klart från den statistiska analysen att vid test mellan de två hypoteserna:

H_0 : *Däckens väggrepp har ingen effekt om antisladdsystemet är på*

mot

H_1 : *Däckens väggrepp har effekt om systemet är på.*

så förkastas H_0 . Däckens väggrepp har alltså en effekt vid en undanmanöver på halt underlag trots att fordonet är utrustat med antisladdsystem.

Från den statistiska analysen konstaterar vi följande:

- Det är stor skillnad i prestanda mellan vinterdäcket av nordisk typ och de av europeisk typ. Med antisladdsystemet avstängt kunde manövern utföras med ca 68 km/h för däcket av nordisk typ och ca 62 km/h för däcken av europeisk typ.
- Genomförande av manöver med antisladdsystemet aktiverat ledde till en liten prestandaökning, ca 1 km/h, hos samtliga däck. Denna ökning kan dock betraktas som liten i förhållande till skillnaden i prestanda mellan de två olika typerna av däck.
- Ingen statistiskt signifikant skillnad mellan vinterdäcken av europeisk typ, vilka inkluderade både premium- och budgetdäck, kunde påvisas.

4 Diskussion

De slutsatser man kan dra från prestandatester av denna typ är inte helt självklara. Vi konstaterar dock att vid en hastig undanmanöver på riktigt halt väglag, där föraren inte grips av panik utan kan styra bilen utan överdrivna ratt rörelser, så har däckens väggreppsprestanda betydligt större betydelse än närvaron av ett antisladdsystem.

Detta innebär inte att antisladdsystem är verkningslösa på hala underlag. Olycksstatistik visar tvärtom att introduktionen av antisladdsystem resulterat i en kraftig minskning av antalet personskadeolyckor vid halt väglag. Det är tänkbart att en förare som oväntat hamnar i en situation där en manöver liknande den vi har testat skulle ha större nytta av antisladdsystem än vad våra resultat visar. Högst sannolikt kommer en oförberedd förare i samma situation att agera på ett annorlunda sätt jämfört med våra testförare. Ett troligt förarbeteende är att föraren försöker styra förbi första hindret, men överdriver rattutslag vilket lätt kan leda till förlorad kontroll. I en sådan situation kan ett antisladdsystem ha en avgörande betydelse för att bibehålla kontrollen och därmed undvika en olycka eller alternativt mildra konsekvenserna av en olycka. Erfarenheten från tidigare studier är att det kan vara svårt att med ett fälttest utvärdera hur förare agerar i en oväntad kritisk situation. Exempelvis har VTI tillsammans med Volvo lastvagnar utvärderat hur väl en förare kan hantera en däckexplosion på ett framdäck på en lastbil. Fälttester där föraren var förberedd på däckexplosionen indikerade att föraren väl kan hantera situationen, medan körsimulatorstudier med helt oförberedda förare påvisade motsatsen, vilket visar hur stor överraskningseffekten kan vara (Pettersson et al., 2006).

Det finns ytterligare en positiv effekt av att ha antisladdsystem som inte framgår av den statistiska analysen, nämligen hur fordonet beter sig i de fall när hastigheten varit för hög och testföraren misslyckas med manövern. Det var tydligt att antisladdsystemets ingrepp gjorde bilarna mer understyrda, vilket i större utsträckning resulterade i rakt-framåt-kollisioner med konerna, jämfört med sidokollisioner (vilket är en farligare typ av kollision) när antisladdsystemet var avstängt. Det är dock svårt att kvantifiera denna effekt.

En annan effekt som inte är kvantifierbar, men som bör påpekas är den upplevda graden av kontroll vid genomförande av manövern med de olika däcken. Testförarna var eniga om att de upplevde att de vid körning på gränsen till sladd hade bättre kontroll med vinterdäcket av nordisk typ jämfört med de europeiska

Att ett antisladdsystem inte kan ersätta bra däck är självklart då antisladdsystemet inte påverkar bilens bromssträcka. Bromssträckan påverkas främst av däcken, och som våra tester visar är det stor skillnad i väggreppsprestanda mellan vinterdäck av nordisk och europeisk typ. Frågeställningen huruvida ett antisladdsystem kan ”kompensera” för dåliga däck vid en undanmanöver har också ett entydigt svar: nej, det kan inte kompensera för dåliga däck. Det bästa sättet att hantera en undanmanöversituation är ofta (dock inte alltid) att föraren bromsar kraftigt, och samtidigt försöker styra förbi hindret (förutsatt att fordonet är utrustat med ABS-bromsar, vilket alla moderna bilar är idag), och hur väl det lyckas beror till stor del på däckens väggreppsprestanda. Ett antisladdsystem kan inte hjälpa föraren under själva bromsdelen av manövern, då alla hjul redan är uppbromsade. Däremot är det fullt tänkbart att det kan hjälpa föraren att bibehålla kontroll på fordonet vid en styrmanöver. I våra tester har vi valt att inte använda bromsen, då syftet har varit att försätta fordonet i en kraftig sladdsituation, för att kunna utvärdera antisladdsystemets inverkan. Det var då tydligt att en kontrollerad manöver kan klaras av med betydligt högre hastighet med bra däck jämfört med dåliga.

5 Sammanfattning

Introduktionen av antisladdsystem för personbilar har otvivelaktigt betytt enormt mycket för trafiksäkerheten. Antisladdsystemets uppgift är att se till att bilen aldrig hamnar i en sladdsituation, och det är lätt att tro att om det bara fungerar som det ska så spelar det inte längre någon roll hur bra däck bilen har. Antisladdsystemet ser ju ändå till att man aldrig tappar kontroll över fordonet. Sanningen är att antisladdsystemet är beroende av ett visst väggrepp för att kunna fungera. Det är dock oklart exakt hur viktiga däckens väggreppsprestanda är för att antisladdsystemet ska kunna fungera tillfredställande.

Syftet med denna studie har därför varit att studera hur däck med olika egenskaper påverkar stabiliteten hos personbilar med antisladdsystem vid vinterväglag. Information om däckens betydelse är speciellt viktig idag, då det finns många frågor att ta ställning till som däckköpare, med debatten om dubbdäck kontra odubbade vinterdäck samt en däckmarknad där hälften av de odubbade vinterdäcken är utvecklade för mellan-europeiska vägar och andra hälften är speciellt framtagna för nordiskt klimat. Däckmarknaden erbjuder också ett stort utbud av lågprisdäck.

Denna studie ska inte betraktas som en heltäckande undersökning av nyttan med antisladdsystem. Det finns ett flertal olika situationer där antisladdsystem kan vara behjälpliga som vi inte testat. Däremot har vi mätt hur väl antisladdsystemet kan hjälpa föraren i en speciell kritisk situation vid halt väglag, nämligen ett hastigt uppkommet dubbelt körfältsbyte. Denna manöver representerar en situation där föraren plötsligt tvingas över i vänster körfält för att undvika kollision med något objekt, för att sedan hastigt vara tvungen att återgå till höger körfält för att inte kollidera med ett mötande fordon. Det är en manöver som lätt försätter en bil i sladd och där ett antisladdsystem ska kunna hjälpa föraren att behålla kontroll över fordonet. Manövern har även föreslagits av Daimler-Chrysler som en standardmanöver för att mäta ett antisladdsystems prestanda.

Det är också viktigt att påpeka att vi inte har gjort en däcktest i traditionell bemärkelse. Dels så har inte syftet varit att jämföra olika däckmärken eller modeller, utan jämförelsen avser olika kategorier av däck. Vi har testat vinterdäck av nordisk och europeisk typ, och inom den senare kategorin också premium och budgetdäck. Vi valde medvetet att inte ta med något dubbdäck¹. Testerna är dessutom inte fullständiga däcktester. För en fullständig bild av däckens väggreppsprestanda behöver fler tester utföras, på ett flertal olika underlag.

Fyra olika vinterdäck utan dubbar användes i studien: ett vinterdäck av nordisk typ och tre av europeisk typ (varav ett premiumdäck och ett budgetdäck). Däcken valdes ut för att ge en stor spridning i väggrepp på is och snö, med ledning av pressens vinterdäcktester. Våra bromstester på is visade att vinterdäcken av europeisk typ hade ca 20–30 % längre bromssträcka än vinterdäcket av nordisk typ. Skillnaden i bromssträcka mellan de tre däcken av europeisk typ var relativt liten.

Undanmanövertestet utfördes av 6 testförare från VTI, med 4 olika bilmodeller: Alla fyra däck testades för varje bilmodell, dels med antisladdsystemet påslaget och dels

¹ Testerna var ursprungligen tänkta att utföras på packad snö, ett underlag där dubbdäck och nordiska vinterdäck har likvärdiga prestanda, därför inkluderades inget dubbdäck. Snöbrist ledde dock till att testerna fick utföras på is istället. I efterhand så hade vi gärna inkluderat ett dubbdäck i studien, då det förmodligen hade inneburit en ännu större spridning mellan däckens prestanda.

avstängt. Den högsta hastighet som det gick att genomföra manövern vid noterades och användes som ett mått på fordonets prestanda. Sammantaget så utfördes manövern ca 2 000 gånger, under tre dagars tid. Från en statistisk analys av mätvärdena kan man konstatera följande:

- Det är stor skillnad i prestanda mellan vinterdäcket av nordisk typ och de av europeisk typ. Med antisladdsystemet avstängt kunde manövern utföras med ca 68 km/h för däcket av nordisk typ och ca 62 km/h för däcken av europeisk typ.
- Genomförande av manövern med antisladdsystemet aktiverat ledde till en liten prestandaökning, ca 1 km/h, hos samtliga däck. Denna ökning kan dock betraktas som liten i förhållande till skillnaden i prestanda mellan de två olika typerna av däck.
- Ingen statistiskt signifikant skillnad mellan vinterdäcken av europeisk typ, vilka inkluderade både premium- och budgetdäck, kunde påvisas.

De slutsatser man kan dra från prestandatester av denna typ är inte helt självklara. Vi konstaterar dock att vid en hastig undanmanöver på riktigt halt väglag, där föraren inte grips av panik utan kan styra bilen utan överdrivna ratt rörelser, så har däckens väggreppsprestanda betydligt större betydelse än närvaron av ett antisladdsystem.

Detta innebär inte att antisladdsystem är verkningslösa på hala underlag. Olycksstatistik visar tvärtom att introduktionen av antisladdsystem resulterat i en kraftig minskning av antalet personskadeolyckor vid halt väglag. Det är tänkbart att en förare som oväntat hamnar i en situation där en manöver liknande den vi har testat skulle ha större nytta av antisladdsystem än vad våra resultat visar. För att svara på den frågan skulle det dock krävas ytterligare en studie, designad för att ta hänsyn till överraskningseffekten.

Referenser

- Ferguson, S. A. (2007). The effectiveness of Electronic Stability Control in Reducing Real-World Crashes: A Literature Review. *Traffic Injury Prevention*, 8:4, 329–338
- Hjort, M. (2005). SUV-däcks väggrepp på is. VTI notat 58-2005, VTI, Linköping.
- Hjort, M., Andersson, H., Jansson, J., Mårdh, S., Sundström, J. (2009). A test method for evaluating safety aspects of ESC equipped passenger cars – A prototype proposal. VTI rapport 634A, VTI, Linköping.
- Lie, A., Tingvall, C., Krafft, M., Kullgren, A. (2004). The Effectiveness of ESP (Electronic Stability Program) in Reducing Real Life Accidents. *Traffic Injury Prevention*, 5, 37–41.
- Lie, A., Tingvall, C., Krafft, M., Kullgren, A. (2006). The effectiveness of electronic stability control (ESC) in reducing real life crashes and injuries. *Traffic Injury Prevention*, 7, 38–43.
- Linder, A., Dukic, T., Hjort, M., Matstoms, Y., Mårdh, S., Sundström, J., Vadeby, A., Wiklund, M., Östlund, J. (2007). Methods for the evaluation of traffic safety effects of Antilock Braking System (ABS) and Electronic Stability Control (ESC) – A literature review. VTI rapport 580A, VTI, Linköping.
- NHTSA (2006). National Highway Traffic Safety Administration. Federal Motor Vehicle Safety Standards; Electronic Stability Control Systems, (Docket No. NHTSA-2006-25801), Department of Transportation, Washington, DC.
- Paine, M. (2005). Electronic Stability Control: Review of research and regulations. Report no G248, Vehicle Design and Research Pty Limited, Beacon Hill NSW Australia.
- Pettersson, H.-E., Aurell, J., Nordmark, S. (2006). Truck driver behaviour in critical situations and the impact of surprise – a pilot study of a sudden blow-out on the front axle of a heavy truck. Proceeding of the DSC 2006 Europe conference, Paris – October 2006.
- STRO: Webadress <http://www.stro.se/winter/vinter091001.pdf> (verifierad 2009-11-09).
- Thomas, P. (2006). Crash Involvement Risks of Cars with Electronic Stability Control Systems in Great Britain, *International Journal of Vehicle Safety*, Vol. 1, 267–281.
- Wälivaara, B., (2007). Validering av VTI-PFT version 4. VTI Notat 16-2007, VTI, Linköping.
- Yamamoto, A., Kimura, Y. (1996) Influence of ABS on Rollover Accidents, Paper no. 96-S5-O-04, Proceedings of the 15th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC.

Detaljerade resultat från den statistiska analysen

Modell där antisladd antingen är av eller på

$$Y_{ijk} = \text{konst} + \text{Däck}_i + \text{Bil}_j + \text{Person}_k + \text{Däck} \times \text{Bil}_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Antisladd avstängt

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hastighet

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	380142,510	1	380142,510	37785,961	0,000
	Error	50,302	5	10,060 ^a		
Bil	Hypothesis	8,448	3	2,816	0,304	0,822
	Error	694,865	75	9,265 ^b		
Däck	Hypothesis	701,365	3	233,788	25,234	0,000
	Error	694,865	75	9,265 ^b		
Person	Hypothesis	50,302	5	10,060	1,086	0,375
	Error	694,865	75	9,265 ^b		
Bil * Däck	Hypothesis	477,510	9	53,057	5,727	,000
	Error	694,865	75	9,265 ^b		

a. MS(Person)

b. MS(Error)

Antisladd på

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Hastighet

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	395010,042	1	395010,042	75001,907	0,000
	Error	26,333	5	5,267 ^a		
Bil	Hypothesis	74,208	3	24,736	1,894	0,174
	Error	195,917	15	13,061 ^b		
Däck	Hypothesis	779,708	3	259,903	27,629	0,000
	Error	564,417	60	9,407 ^c		
Person	Hypothesis	26,333	5	5,267	0,403	0,839
	Error	195,917	15	13,061 ^b		
Bil * Däck	Hypothesis	653,375	9	72,597	7,717	0,000
	Error	564,417	60	9,407 ^c		

a. MS(Person)

b. MS(Bil * Person)

c. MS(Error)

Appendix 1
Sid 3 (5)

Modell där antisladd av och på är med i samma modell.

$$Y_{ijkl} = \text{konst} + \text{Däck}_i + \text{Bil}_j + \text{Asladd}_k + \text{Person}_l + \text{Däck} \times \text{Asladd}_{ik} + \text{Bil} \times \text{Asladd}_{jk} + \\ + \text{Däck} \times \text{Bil}_{ij} + \text{Asladd} \times \text{Person}_{kl} + \text{Bil} \times \text{Person}_{jl} + \text{Däck} \times \text{Person}_{il} + \varepsilon_{ijkl}$$

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hastighet

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	775081,255	1	775081,255	59369,505	0,000
	Error	65,276	5	13,055 ^a		
Bil	Hypothesis	38,307	3	12,769	0,536	0,665
	Error	357,536	15	23,836 ^b		
Däck	Hypothesis	1479,307	3	493,102	43,309	0,000
	Error	170,786	15	11,386 ^c		
Antisladd	Hypothesis	71,297	1	71,297	31,382	0,003
	Error	11,359	5	2,272 ^d		
Person	Hypothesis	65,276	5	13,055	0,573	0,720
	Error	240,110	10,541	22,779 ^e		
Bil * Däck	Hypothesis	1108,714	9	123,190	16,745	0,000
	Error	949,047	129	7,357 ^f		
Bil * Antisladd	Hypothesis	44,349	3	14,783	2,009	0,116
	Error	949,047	129	7,357 ^f		
Däck * Antisladd	Hypothesis	1,766	3	,589	0,080	0,971
	Error	949,047	129	7,357 ^f		
Antisladd * Person	Hypothesis	11,359	5	2,272	0,309	0,907
	Error	949,047	129	7,357 ^f		
Bil * Person	Hypothesis	357,536	15	23,836	3,240	0,000
	Error	949,047	129	7,357 ^f		
Däck * Person	Hypothesis	170,786	15	11,386	1,548	0,098
	Error	949,047	129	7,357 ^f		

a. MS(Person)

b. MS(Bil * Person)

c. MS(Däck * Person)

d. MS(Antisladd * Person)

e. MS(Antisladd * Person) + MS(Bil * Person) + MS(Däck * Person) - 2 MS(Error)

f. MS(Error)

Parvisa jämförelser mellan däckens prestanda vid manövern

Antisladdsystemet avstängt:

Pairwise Comparisons

Dependent Variable:Hastighet

(I) Däck	(J) Däck	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95 % Confidence Interval for Difference ^a	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	6,167*	,879	,000	4,416	7,917
	3	5,833*	,879	,000	4,083	7,584
	4	6,625*	,879	,000	4,875	8,375
2	1	-6,167*	,879	,000	-7,917	-4,416
	3	-,333	,879	,705	-2,084	1,417
	4	,458	,879	,603	-1,292	2,209
3	1	-5,833*	,879	,000	-7,584	-4,083
	2	,333	,879	,705	-1,417	2,084
	4	,792	,879	,370	-,959	2,542
4	1	-6,625*	,879	,000	-8,375	-4,875
	2	-,458	,879	,603	-2,209	1,292
	3	-,792	,879	,370	-2,542	,959

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Appendix 1
Sid 5 (5)

Antisladdsystemet påslaget:

Pairwise Comparisons

Dependent Variable:Hastighet						
(I) Däck	(J) Däck	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	6,667*	,919	,000	4,836	8,498
	3	5,958*	,919	,000	4,127	7,789
	4	6,958*	,919	,000	5,127	8,789
2	1	-6,667*	,919	,000	-8,498	-4,836
	3	-,708	,919	,443	-2,539	1,123
	4	,292	,919	,752	-1,539	2,123
3	1	-5,958*	,919	,000	-7,789	-4,127
	2	,708	,919	,443	-1,123	2,539
	4	1,000	,919	,280	-,831	2,831
4	1	-6,958*	,919	,000	-8,789	-5,127
	2	-,292	,919	,752	-2,123	1,539
	3	-1,000	,919	,280	-2,831	,831

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Appendix 2
Sid 1 (5)

Mätdata

De olika blocken är markerade med grå och vit bakgrund.

Bil	däck	förare	antisladd (1=på; 2=av)	hastighet	dag	tid	Väder	lufttemp	istemp	PFT friktion höger	PFT friktion vänster
1	1	1	1	70,0	10-mar	14:25	Mulet 100%	-3,4	-4,7	0,20	0,20
2	2	2	1	69,0							
3	3	3	1	64,0							
4	4	4	1	66,0		14:50					
1	1	1	2	68,0		15:05					
2	2	2	2	67,0							
3	3	3	2	64,0							
4	4	4	2	62,0		15:41					
1	1	6	2	66,0		15:55	Mulet 100%	-4,4	-4,7	0,16	0,18
2	2	1	2	60,0							
3	3	2	2	67,0							
4	4	3	2	60,0		16:17					
1	1	6	1	71,0		16:20					
2	2	1	1	62,0							
3	3	2	1	69,0							
4	4	3	1	59,0		16:50					
1	1	5	1	68,0		16:56					
2	2	6	1	62,0							
3	3	1	1	59,0							
4	4	2	1	63,0		17:20					
1	1	5	2	66,0		17:25					
2	2	6	2	57,0							
3	3	1	2	63,0							
4	4	2	2	61,0		17:55					
1	1	4	2	67,0		18:00	Mulet 100%	-5,0	-8,1	0,17	0,18
2	2	5	2	61,0							
3	3	6	2	61,0							
4	4	1	2	63,0		18:26					
1	1	4	1	72,0		18:29					
2	2	5	1	62,0							
3	3	6	1	63,0							
4	4	1	1	59,0		18:51					
1	1	3	1	70,0		19:02					
2	2	4	1	61,0							
3	3	5	1	63,0							
4	4	6	1	57,0		19:30					

Appendix 2
Sid 2 (5)

1	1	3	2	67,0		19:33					
2	2	4	2	61,0							
3	3	5	2	63,0							
4	4	6	2	59,0		20:03					
1	1	2	2	71,0		20:09					
2	2	3	2	60,0							
3	3	4	2	60,0							
4	4	5	2	58,0		20:40					
1	1	2	1	69,0		20:45					
2	2	3	1	63,0							
3	3	4	1	63,0							
4	4	5	1	57,0	10-mar	21:15	Mulet 100%	-6,4	-8,7	0,17	0,16
1	4	6	2	59,0	11-mar	08:35	Mulet 100%	-11,9	-8,7	0,14	0,17
2	1	1	2	68,0							
3	2	2	2	60,0							
4	3	3	2	59,0		09:00					
1	4	6	1	62,0		09:01	Mulet 100%	-11,9	-8,7	0,14	0,17
2	1	1	1	71,0							
3	2	2	1	62,0							
4	3	3	1	60,0		09:23					
1	4	5	1	64,0		09:27	Halvklart 100%	-9,8	-7,7		
2	1	6	1	68,0							
3	2	1	1	62,0							
4	3	2	1	60,0		09:45					
1	4	5	2	59,0		09:47					
2	1	6	2	65,0							
3	2	1	2	62,0							
4	3	2	2	62,0		10:04					
1	4	4	2	62,0		10:12	Halvklart	-9,9	-8,7	0,14	0,16
2	1	5	2	68,0							
3	2	6	2	62,0							
4	3	1	2	62,0		10:34					
1	4	4	1	62,0		10:38					
2	1	5	1	70,0							
3	2	6	1	59,0							
4	3	1	1	59,0		10:56					
1	4	3	1	58,0		11:00	Soligt	-8,6			
2	1	4	1	66,0							
3	2	5	1	57,0							
4	3	6	1	60,0		11:44					
1	4	3	2	58,0		11:51	Soligt	-7,8	-7	0,13	0,14

Appendix 2
Sid 3 (5)

2	1	4	2	65,0							
3	2	5	2	57,0							
4	3	6	2	57,0		12:09					
1	4	2	2	61,0		13:46	mulet	-5,0			
2	1	3	2	65,0							
3	2	4	2	60,0							
4	3	5	2	60,0		14:14					
1	4	2	1	57,0		14:15	mulet	-6,0			
2	1	3	1	66,0							
3	2	4	1	61,0							
4	3	5	1	59,0		14:35					
1	4	1	1	60,0		14:40	Mulet 100%	-6,1	-6,6	0,13	0,14
2	1	2	1	62,0							
3	2	3	1	59,0							
4	3	4	1	59,0		15:05					
1	4	1	2	58,0		15:10					
2	1	2	2	58,0							
3	2	3	2	57,0							
4	3	4	2	55,0		15:30					
1	3	5	1	63,0		19:12	Mulet 100%	-14,3	-11,8	0,14	0,16
2	4	6	1	65,0							
3	1	1	1	73,0							
4	2	2	1	62,0		19:35					
1	3	5	2	62,0		19:39	Klart	-14,3	-11,8	0,14	0,16
2	4	6	2	60,0							
3	1	1	2	70,0							
4	2	2	2	60,0		19:59					
1	3	4	2	61,0		20:05	Klart	-17,3	-11,8		
2	4	5	2	60,0							
3	1	6	2	65,0							
4	2	1	2	64,0		20:28	Klart	-17,3	-11,8		
1	3	4	1	62,0		20:30	Klart	-17,3	-11,8		
2	4	5	1	64,0							
3	1	6	1	64,0							
4	2	1	1	65,0	11-mar	20:50	Klart	-12,8	-11,8		
1	3	3	1	61,0	12-mar	08:21	Klart	-5,9	-9,7	0,14	0,15
2	4	4	1	64,0							
3	1	5	1	69,0							
4	2	6	1	60,0		08:50					
1	3	3	2	61,0		08:54	Molnigt	-8,3			
2	4	4	2	62,0							

Appendix 2
Sid 4 (5)

3	1	5	2	69,0							
4	2	6	2	59,0							
1	3	2	2	60,0		09:25	molnigt	-7,4			
2	4	3	2	61,0							
3	1	4	2	67,0							
4	2	5	2	60,0		09:50					
1	3	2	1	60,0		09:52	molnigt	-6,0			
2	4	3	1	60,0							
3	1	4	1	68,0							
4	2	5	1	58,0		10:08					
1	3	1	1	60,0		10:20	Mulet 100%	-7,3	-5,8	0,13	0,14
2	4	2	1	58,0							
3	1	3	1	67,0							
4	2	4	1	57,0		10:45					
1	3	6	1	56,0		11:00					
2	4	1	1	59,0							
3	1	2	1	63,0							
4	2	3	1	57,0		11:30					
1	3	1	2	59,0		10:45					
2	4	2	2	56,0							
3	1	3	2	64,0							
4	2	4	2	57,0		11:07					
1	3	6	2	58,0		11:35					
2	4	1	2	59,0							
3	1	2	2	63,0							
4	2	3	2	58,0		12:05					
1	2	4	2	66,0		15:25	Mulet 100% Luft - 4,5 ° C Yta - 5,5 ° C	-4,5	-5,5	0,12	0,13
2	3	5	2	67,0							
3	4	6	2	64,0							
4	1	1	2	76,0		15:53					
1	2	4	1	72,0		15:55	Mulet 100%	-4,9	-5,2		
2	3	5	1	72,0							
3	4	6	1	66,0							
4	1	1	1	76,0		16:21					
1	2	3	1	68,0		16:30	Molnigt	-5,2		0,16	0,16
2	3	4	1	70,0							
3	4	5	1	69,0							
4	1	6	1	70,0		16:58					
1	2	3	2	65,0		17:02					
2	3	4	2	65,0							

Appendix 2
Sid 5 (5)

3	4	5	2	63,0							
4	1	6	2	70,0		17:27					
1	2	2	2	62,0		17:50	molnigt	-5,5		0,15	0,16
2	3	3	2	64,0							
3	4	4	2	61,0							
4	1	5	2	69,0		18:11					
1	2	2	1	61,0		18:15					
2	3	3	1	71,0							
3	4	4	1	61,0		18:45					
4	1	5	1	68,0		18:50					
1	2	1	1	64,0							
2	3	2	1	67,0							
3	4	3	1	66,0							
4	1	4	1	68,0		19:25					
1	2	1	2	62,0		19:30	molnigt	-5,4	-6,5	0,15	0,16
2	3	2	2	60,0							
3	4	3	2	62,0							
4	1	4	2	69,0		20:00					
1	2	6	2	64,0		20:10					
2	3	1	2	60,0							
3	4	2	2	61,0							
4	1	3	2	69,0		20:40					
1	2	6	1	62,0		20:45					
2	3	1	1	65,0							
3	4	2	1	62,0							
4	1	3	1	71,0		21:06					
1	2	5	1	72,0		21:15	Molnigt	-8,3		0,15	0,18
2	3	6	1	69,0							
3	4	1	1	72,0							
4	1	2	1	77,0		21:50					
1	2	5	2	73,0		21:54	molnigt, Nederbörd som verkade frysa fast på ytan och ge hög friktion mitt i testet.	-5,4	-6	0,21	0,24
2	3	6	2	72,0							
3	4	1	2	74,0							
4	1	2	2	77,0	12-mar	22:25					

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-transportsystem 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.

